



Doctoral Thesis

Gesamtstoffwechselfersuche an Ratten, unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses von Vitamin D

Author(s):

Schoch, Werner

Publication Date:

1935

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000092341> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Gesamtstoffwechselfersuche an Ratten, unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses von Vitamin D

Von der
Eidgenössischen Technischen Hochschule
in Zürich
zur Erlangung der
Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften
genehmigte

Promotionsarbeit

vorgelegt von
WERNER SCHOCH, Dipl. Ing. Agr.
aus Basel

Referent: Herr Prof. Dr. G. Wiegner
Korreferent: Herr Prof. Dr. A. Schmid



ZÜRICH 1935
Diss.-Druckerei A.-G. Gebr. Leemann & Co.
Stockerstr. 64.

keit gibt, eine als Eiweißansatz gemessene Nettoenergie in Fettansatz umzurechnen, wodurch die Stärkewertmessung eine wertvolle und begründete Erweiterung und Präzisierung erfährt.

IV. Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die Unsicherheit in der Beurteilung des Einflusses von Vitamin D auf den energetischen Stoffwechsel ließ es uns angebracht erscheinen, zur weiteren Abklärung dieser Frage systematische Versuche durchzuführen. Als Versuchstiere benützten wir weiße Ratten, deren Gesamtstoffwechsel wir in einem neuen Versuchskäfig und einem von KLEIBER konstruierten Respirationsapparat untersuchten. Um die Resultate vergleichbar zu machen, wurden sie nach der MENSCHEN Formel $O = k \cdot g^{2/3}$ auf 1 m^2 Körperoberfläche umgerechnet. Die Bestimmung der mittleren Fehler gab uns jeweils Aufschluß darüber, ob die Differenz von Werten, die miteinander verglichen werden sollten, den unvermeidlichen methodischen und individuellen Schwankungen oder den mit Absicht veränderten Verhältnissen (Vitamin-D-Zugabe bzw. Entzug) zuzuschreiben waren.

Im Gegensatz zu mehreren, im 1. Abschnitt dieser Arbeit erwähnten Versuchsanstellern lassen unsere Untersuchungen den Schluß nicht zu, daß das Vitamin D einen nach unserer Methode meßbaren Einfluß auf den energetischen Stoffwechsel habe; auch die Verdaulichkeit der Eiweißstoffe blieb unverändert, gleichgültig, ob Vitamin D im Futter vorhanden war oder nicht. Die Differenzen der in Hungerversuchen und in Ernährungsversuchen an rachitischen und nichtrachitischen Ratten gewonnenen Resultate liegen durchwegs innerhalb der Versuchsfehler. Wir finden im Mittel

| Versuchsgruppe | Hungerversuche | | Ernährungsversuche | | |
|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|--|-------------------------|
| | Respirator. Quotient | Grundumsatz Cal/m ² | Respirator. Quotient | Physiol. Nutzwert in % der Futter-calorien | Verd.-Koeff. für Eiweiß |
| Rachitische Tiere | 0,759 ± 0,009 | 1239,6 ± 26,45 | 0,935 ± 0,008 | 83,82 ± 0,34 | 89,81 ± 0,47 |
| Nichtrachitische Tiere | 0,763 ± 0,012 | 1229,4 ± 21,08 | 0,934 ± 0,006 | 83,72 ± 0,16 | 89,34 ± 0,29 |
| Sämtliche Tiere | 0,761 ± 0,008 | 1229,9 ± 27,00 | 0,935 ± 0,005 | 83,77 ± 0,19 | 89,59 ± 0,28 |

Nach der Ermittlung der Nettoenergie, gemessen als Eiweiß- und Fettansatz, haben wir die bei deren Bildung abfallende thermische Energie berechnet und gefunden, daß bei Verabreichung der McCollum-Diät Nr. 3143 an Ratten neben 1 Cal Eiweißansatz (n_e') eine thermische Energie (t_e') von 0,63 Cal und neben 1 Cal Fettansatz (n_f) eine solche (t_f) von 1,17 Cal auftritt. Für die Produktion von 1 Cal Eiweißansatz (n_e') ist demnach ein physiologischer Nutzwert (p_e') von 1,63 Cal, für die Bildung von 1 Cal Fettansatz hingegen ein physiologischer Nutzwert (p_f) von 2,17 Cal nötig.

Soll der Produktionswert eines Futters, bei dessen Verabreichung nicht nur Fett, sondern auch Eiweiß angesetzt wird, in Calorien Fettansatz ausgedrückt werden, wie dies KELLNERS Stärkewerttheorie verlangt, so dürfen die Calorien dieser beiden Ansätze nicht einfach addiert werden, da bei ihrer Bildung verschieden große thermische Energien abfallen. Diese beiden Nettoenergien müssen, um addiert werden zu können, maßstabgleich gemacht werden. Dies wird am zweckmäßigsten dadurch erreicht, daß die Nettoenergie Eiweißansatz stickstofffrei berechnet wird; 1 g Eiweißansatz entspricht dann für unsere Versuche $5,7 - 1,11 = 4,59$ Cal. Der beobachtete physiologische Nutzwert für Eiweißbildung p_E' wird ebenfalls reduziert, indem man vom beobachteten Wert die Calorien des stickstoffhaltigen Anteils des angesetzten Körpereiwisses, der bei der physiologischen Verbrennung im Tier entstehen würde, abzieht. So erhalten wir den „reduzierten“ physiologischen Nutzwert des Futters. Mit diesen reduzierten Werten erhalten wir für unser Futter eine thermische Energie (t_e) von 0,78 Cal, die neben 1 Cal N-frei berechneter Nettoenergie Eiweißansatz abfällt. Aus diesen Zahlen kann der Faktor $\gamma_r = 0,8203$ ermittelt werden, mit welchem die Calorien des N-frei berechneten Eiweißansatzes multipliziert werden müssen, um als entsprechende Fettcalorien ausgedrückt zu werden. Der Faktor $\gamma = 0,6603$ ist dann diejenige Zahl, mit welcher man die Calorien des N-haltigen Eiweißansatzes multiplizieren muß, um die Calorien Fettansatz zu erhalten, die an Stelle des Eiweißansatzes hätten entstehen können. F. v. GRÜNIGEN bestimmte an Kaninchen einen Faktor $\gamma_r = 0,693$ und $\gamma = 0,567$.

Die logarithmische Formulierung der Beziehungen zwischen der als Fettproduktionswert des Futters berechneten Nettoenergie und dem reduzierten physiologischen Nutzwert nach WIEGNER und GHONEIM ergibt durchaus brauchbare Werte, trotzdem unsere Versuche nicht im Hinblick auf eine derartige Auswertung angestellt wurden. Es wird gezeigt, daß es selbst mit Punkten, die in einem engen Meßbereich ermittelt wurden, noch möglich ist, eine physiologisch vernünftige Darstellung des Verhältnisses von Futterwirkung zu Futtermenge durch Berechnung nur einer Konstanten vom Hunger bis zur Mast zu geben. Auch hier kann auf eine gesonderte Behandlung der rachitischen und nichtrachitischen Tiere verzichtet werden.

Im Anschluß an diese Berechnungen wird noch eine von G. WIEGNER gegebene, gesonderte Betrachtung über die thermischen Energien angestellt. Es wird darauf hingewiesen, daß diese thermischen Energien (t_e und t_f) unseres Futters aus den thermischen Energien der reinen Nährstoffe (t_{er} und t_{fr}) und aus den infolge größerer Verdauungsarbeit bei Verfütterung eines Futtermisches abfallenden thermischen Energien (t_{ew} und t_{fw}) bestehen. Kennt man den Faktor γ_r , so muß nur noch die thermische Energie des einen reinen Nährstoffes bekannt sein, um diejenige des anderen Nährstoffes zu berechnen. Es wird auf die Zusammenhänge zwischen den thermischen Energien und der Wertigkeit eines Futtermittels hingewiesen. Nach G. WIEGNER läßt sich die Wertigkeit aus der Formel berechnen:

$$W = \frac{100}{n_e(1 + t_{er} + t_{ew})} = \frac{100}{n_f(1 + t_{fr} + t_{fw})},$$

wobei n_e = Überführung von Nettoenergie Eiweiß (N-frei berechnet) aus 100 Cal N-frei berechnetem physiologischem Nutzwert für reines Nährstoffgemisch, und

n_{φ} = Überführung von Nettoenergie Körperfett aus 100 Cal physiologischem Nutzwert für reines Nährstoffgemisch.

Aus der Überführung des physiologischen Nutzwertes in Nettoenergie im Erhaltungsfutter wird ein Wert für $n_e = 78\%$ geschätzt und damit eine Wertigkeit unseres Versuchsfutters von 72% ermittelt, gegenüber der nach KELLNER berechneten Wertigkeit von 98%. Diese Differenz mag darin ihren Grund haben, daß unsere Ratten mehr mechanische Arbeit leisteten, als KELLNERS Ochsen. Abschließend wird der Stärkewert der McCollum-Diät Nr. 3143 für Ratten berechnet. Wir finden einen Nettostärkewert von 71,5, und einen Bruttostärkewert von 99,3. Nach KELLNER hätte dieses Futter einen Nettostärkewert von 74,2 und einen Bruttostärkewert von 75,7.

Zum Schluß sei mir gestattet, meinem hochverehrten Chef und Lehrer, Herrn Prof. Dr. GEORG WIEGNER für seine wertvollen Anregungen und das mir während der Durchführung dieser Arbeit bekundete Vertrauen meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Summary.

In view of the uncertainty with regard to the influence of vitamin D on the energetic metabolism, we carried out a series of systematic investigations in order to clear this problem further. In this work we used white rats and we determined the metabolism of the animals in a new experimental cage and in a respiratory apparatus, which was constructed by M. KLEIBER. Our results were made comparable by converting the figures obtained on the basis of MEHS formula to 1 m² of body surface ($0 = k \cdot \sqrt[3]{g^2}$). The calculation of the mean error enabled us to determine whether the difference of two values to be compared was due to unavoidable methodic or individual variations or to conditions changed wilfully according to the plan of the experiment (adding, resp. with-holding of vitamin D).

Our results show, in contradiction to those of different investigators mentioned in the first chapter, that the vitamin D has no influence either on the energetic metabolism or on the digestibility of the protein. The differences between the results which we obtained with rachitic and non-rachitic rats in fasting as well as in feeding experiments are within the experimental error. We obtained the following averages:

| Group of animals | Fasting experiments | | Feeding experiments | | |
|------------------------------|----------------------|-------------------------------------|----------------------|---|-------------------------------|
| | Respiratory Quotient | Basal Metabolism Cal/m ² | Respiratory Quotient | Metabolisable energy in % of the calories of the food | Digestibility of protein in % |
| Rachitic animals | 0,759 ± 0,009 | 1239,6 ± 26,45 | 0,935 ± 0,008 | 83,82 ± 0,34 | 89,81 ± 0,47 |
| Non-rachitic animals . . . | 0,763 ± 0,012 | 1229,4 ± 21,08 | 0,934 ± 0,006 | 83,72 ± 0,16 | 89,34 ± 0,29 |
| Average of all animals . . . | 0,761 ± 0,008 | 1229,9 ± 27,00 | 0,935 ± 0,005 | 83,77 ± 0,19 | 89,59 ± 0,28 |

In determining the net energy, measured as protein and fat increase, we calculated the thermal energy. By feeding the rats according to the diet of MCCOLLUM No. 3143, we found besides 1 Cal protein increase a thermal energy of 0,63 Cal and besides 1 Cal fat increase a thermal energy of 1,17 Cal. For this reason, 2,17 Cal metabolisable energy are needed for the production of 1 Cal fat increase, whereas 1,63 Cal metabolisable energy produce 1 Cal protein.

A main feature of the „Stärkewerttheorie“ of KELLNER is the possibility to express the whole body increase in fat calories. However, it is inadmissible to add for this purpose the calories of protein to those of fat, because, as we have shown before, different amounts of thermal energy are produced besides these increases. The two net energies must rather be reduced to the same scale. This is best reached by calculating the net energy of the protein increase on a nitrogen-free basis; 1 g of nitrogen-free protein increase corresponds in our investigations to $5,7 - 1,11 = 4,59$ Cal. The observed metabolisable energy value for the production of protein is reduced similarly by deducting from the observed value the calories of the nitrogenous part of the body protein, which would be produced during the physiological processes in the animal. In this way, we obtain the „reduced metabolisable energy value“. Using these reduced values, we find for our food a thermal energy of 0,78 Cal which is produced besides 1 Cal of nitrogen-free protein increase. From these figures, we compute the factor $\gamma_r = 0,8203$ with which the calories of the protein increase, calculated on a nitrogen-free basis, must be multiplied, in order to express them in corresponding fat calories. The factor $\gamma = 0,6603$ is the number with which the calories of the nitrogenous protein increase have to be multiplied in order to obtain the calories of fat increase, which could have resulted instead of the protein increase. F. v. GRÜNINGEN computed the factors $\gamma_r = 0,693$ and $\gamma = 0,567$ for rabbits.

We did not undertake our investigations in order to prove and formulate the logarithmic relations between the net energy value, measured as fat production value of the food, and the metabolisable energy value after G. WIEGNER and A. GHONEIM. Nevertheless, we obtained valuable results also in this direction. We can show that it is possible to give a physiologically sound explanation of the relations between the food effect and the food quantity, even if the distances between the measured figures are small. With the logarithmic formula we compute these relations only with one constant. These results are obtained although in this part of the investigations no difference is made between rachitic and non-rachitic animals.

Following these computations, some non-published considerations of G. WIEGNER concerning the thermal energies are discussed. It is pointed out that the thermal energy of our foods is composed of two parts, i. e. the thermal energy of the pure nutrients (t_{er} and t_{fr}) and the thermal energy which is produced by feeding ordinary foods (t_{ew} and t_{fw}). If we know the factor γ_r , only the thermal energy of one of the pure nutrients has to be determined in order to calculate the other one. The relations between the thermal energy and the „Wertigkeit“ of foods are pointed out. G. WIEGNER computes the „Wertigkeit“ of foods after the formula:

$$W = \frac{100}{n_e(1 + t_{er} + t_{ew})} = \frac{100}{n_f(1 + t_{fr} + t_{fw})}$$

that is n_e = Conversion of net energy value protein of 100 Cal metabolisable energy for pure foodstuffs,

n_f = Conversion of net energy value fat of 100 Cal metabolisable energy for pure foodstuffs.

We estimate a value of $n_e = 78\%$ for the conversion of metabolisable energy into net energy of the food for maintenance. For our experimental diet, we compute with this value a „Wertigkeit“ of 72% compared with a „Wertigkeit“ of 98% calculated according to KELLNER. This difference may be due to a greater liveliness of our rats compared with the animals used by KELLNER. Finally, we calculate the „Stärkewert“ of the diet of McCOLLUM for rats. A „Nettostärkewert“ of 71,5 kg and a „Bruttostärkewert“ of 99,3 kg are found.