



Bombenkalorimetrie  
und Nährwertkennzeichnung  
**Wie viel Energie liefern  
Lebensmittel?**

## Wie kann der Energiegehalt von Lebensmitteln gemessen werden?

Energie wird üblicherweise in der Einheit Joule [J] gemessen. Doch im Ernährungsbereich ist der Gebrauch der Einheit Kalorie [cal], insbesondere im Alltag, noch weitverbreitet. Der Name „Kalorie“ leitet sich vom lateinischen Wort calor (Wärme) ab. Eine Kalorie ist definiert als die Menge an Energie, die benötigt wird, um ein Gramm Wasser unter standardisierten Bedingungen von 14,5° Celsius auf 15,5° Celsius zu erwärmen. Für die Umrechnung in Joule gilt folgendes: 1 Kalorie = 4,19 Joule beziehungsweise 1 Joule = 0,24 Kalorien. Zu beachten ist, dass zwar umgangssprachlich häufig von Kalorien gesprochen wird, aber eigentlich Kilokalorien (1 Kilokalorie [kcal] = 1000 Kalorien [cal]) gemeint sind.

Für die Bestimmung des Energiegehalts von Lebensmitteln werden sogenannte Bombenkalorimeter verwendet. In einem Bombenkalorimeter (Abbildung 1) wird eine definierte Menge des zu untersuchenden Lebensmittels unter Sauerstoffüberdruck vollständig verbrannt. Die Brennkammer ist dabei umgeben von einer Wasserkammer, die nach außen gut isoliert ist. Der Temperaturanstieg des Wassers durch die Verbrennung des Lebensmittels wird gemessen und für die Berechnung des Energiegehalts, auch Brennwert genannt, verwendet.

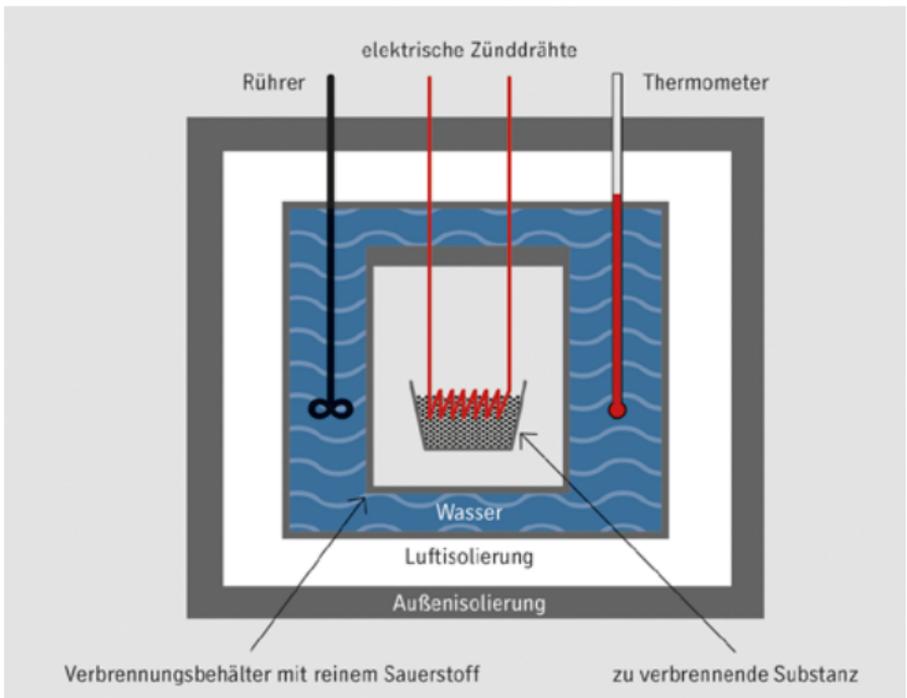


Abbildung 1: Schematische Darstellung eines Bombenkalorimeters

## Welche Lebensmittelinhaltsstoffe liefern Energie?

Fette, Kohlenhydrate und Eiweiße sind neben Wasser die Hauptinhaltsstoffe von Lebensmitteln und werden darum unter dem Begriff Makronährstoffe zusammengefasst. Die Makronährstoffe sind die Energieträger der Lebensmittel. Wie viel Energie die unterschiedlichen Makronährstoffe liefern haben verschiedene Wissenschaftler schon Ende des 19. Jahrhunderts herausgefunden: Durch die Kalorimetrie mittels eines Bombenkalorimeters wird der physikalische Brennwert bestimmt, das heißt wieviel Energie ein Stoff liefert, wenn er vollständig verbrannt wird. Im Gegensatz zur Kalorimetrie kann im Körper jedoch nicht jeder Stoff vollständig verbrannt werden, weshalb für die Berechnung des Energiegehalts von Lebensmittel der sogenannte „physiologische Brennwert“ verwendet wird. Der physiologische Brennwert gibt an, wie viel Energie der Körper aus einem Lebensmittel gewinnen kann.

Wie in Tabelle 1 dargestellt, sind der physikalische und der physiologische Brennwert für Fette und Kohlenhydrate identisch. Der physiologische Brennwert von Eiweißen ist jedoch niedriger als der physikalische, da der in Eiweißen enthaltene Stickstoff in Form von Harnstoff ausgeschieden wird. Die dafür nötigen Vorgänge verbrauchen Energie, was in der Energiebilanz von Eiweißen berücksichtigt werden muss, so dass sich, verglichen mit dem physikalischen Brennwert, der niedrigere physiologische Brennwert ergibt. Es scheint jedoch, dass auch die Lebensmittelmatrix einen Einfluss auf die Brennwerte hat. So zeigte eine 2012 im *American Journal of Clinical Nutrition* veröffentlichte Studie von Novotny und Kollegen, dass bei Mandeln die Energie, die vom Körper tatsächlich genutzt werden kann, niedriger ist als ursprünglich über die physiologischen Brennwerte der Inhaltsstoffe berechnet. Dies liegt eventuell darin begründet, dass andere Nussinhaltsstoffe eine vollständige Verdauung des in den Nüssen enthaltenen Fettes verhindern.

Tabelle 1 verdeutlicht, dass nicht alle Makronährstoffe gleich viel Energie liefern. Fett ist der Spitzenreiter unter den Energielieferanten, es beinhaltet mehr als doppelt so viel Energie pro Gramm als Kohlenhydrate oder Eiweiß. Ebenfalls sehr viel Energie enthält Alkohol, nämlich 29 Kilojoule beziehungsweise 7 Kilokalorien pro Gramm. Um den Energiegehalt von Lebensmitteln miteinander zu vergleichen, wird die sogenannte Energiedichte verwendet. Sie gibt an, wieviel Energie in 100 Gramm eines Lebensmittels enthalten ist.

**Tabelle 1**

**Physikalische und physiologische Brennwerte der unterschiedlichen Makronährstoffe**

| Nährstoff           | Physikalischer Brennwert |             | Physiologischer Brennwert |             |
|---------------------|--------------------------|-------------|---------------------------|-------------|
|                     | Kcal/g                   | kJ/g        | Kcal/g                    | kJ/g        |
| <b>Kohlenhydrat</b> | <b>4,1</b>               | <b>17,2</b> | <b>4,1</b>                | <b>17,2</b> |
| <b>Fett</b>         | <b>9,3</b>               | <b>38,9</b> | <b>9,3</b>                | <b>38,9</b> |
| <b>Eiweiß</b>       | <b>5,4</b>               | <b>22,6</b> | <b>4,1</b>                | <b>17,2</b> |

Quelle: Lexikon der Ernährung, Spektrum Akademischer Verlag

**Was ist die Nährwertkennzeichnung?**

Mit dem zunehmenden Gesundheitsbewusstsein der Bevölkerung und der Verbreitung von verarbeiteten und verpackten Lebensmitteln, hielt auch die Nährwertkennzeichnung Einzug in die Regale der Supermärkte. Seit Dezember 2014 wird die Nährwertkennzeichnung durch die europäische Lebensmittelinformationsverordnung (VO EU Nr. 1169/2011) neu geregelt. Seither müssen alle verpackten Lebensmittel verpflichtend eine Nährwertkennzeichnung auf ihrer Verpackung aufweisen, die angibt wie hoch der Brennwert ist und wieviel Fett, gesättigte Fettsäuren, Kohlenhydrate, Zucker, Eiweiß und Salz in dem Lebensmittel enthalten ist. Die Angaben müssen sich dabei immer auf 100 Gramm oder 100 Milliliter des Lebensmittels beziehen. Diese Informationen sollen dem Verbraucher helfen eine bewusste Kaufentscheidung zu treffen.

Da die physiologischen Brennwerte der einzelnen Makronährstoffe bekannt sind, wird der Energiegehalt von Lebensmitteln berechnet. Die hierfür verwendeten Energieberechnungsfaktoren, auch Atwater-Faktoren genannt, sind ebenfalls in der Lebensmittelinformationsverordnung festgelegt. Für die Berechnung des Energiegehalts eines Lebensmittels werden die Energieberechnungsfaktoren mit den Gehalten der verschiedenen Makronährstoffe multipliziert und anschließend addiert. Für ein Lebensmittel, das pro 100 Gramm 50 Gramm Kohlenhydrate, 20 Gramm Fett und 30 Gramm Eiweiß enthält ergibt sich also folgender Energiegehalt:  $50 \times 4 + 20 \times 9 + 30 \times 4 = 500$  Kilokalorien. Die in diese Berechnungen einfließenden Gehalte an Makronährstoffen sind Durchschnittswerte, die entweder aus den Lebensmittelanalysen der Hersteller oder aus Nährstoffdatenbanken stammen.



### Max Rubner

Max Rubner war ein Pionier auf dem Gebiet der Messung von Energie in lebenden Organismen, aber er befasste sich auch mit der Messung des Energiegehalts von Lebensmitteln. So entdeckte er die Bedeutung von Eiweißen für den Energiestoffwechsel. Bis dato galt die Annahme, dass im Wesentlichen nur die Lebensmittelinhaltstoffe Fette und Kohlenhydrate Energie liefern.

Max Rubner konnte außerdem die Gültigkeit des Energieerhaltungssatzes für lebende Organismen belegen, indem er zeigte, dass die durch Lebensmittel aufgenommene Energie gleich der Energie ist, die im Körper durch die Verstoffwechslung frei wird plus der Energie, die über Kot und Urin ausgeschieden wird.

#### Quelle Bilder

Titelseite © iStockphoto.com / FelixRenaud; Seite 5 © Max Rubner-Institut;  
Seite 6 © PhotoSG – Fotolia.com

| TAGESMANGEN<br>FÜR EINEN<br>WACHSENEN* | NÄHRWERT-<br>INFORMATIONEN             |                     |
|--|--|---------------------|
|  | 100 g                                  | 100 g               |
| 2000 kcal<br>8360 kJ                   | Energie                                | 344 kcal<br>1462 kJ |
| 50 g                                   | Pflanzliches<br>Protein                | 12,1 g              |
| 270 g<br>90 g                          | Kohlenhydrate<br>davon Zucker          | 70,5 g<br>1,6 g     |
| 70 g<br>20 g                           | Fett<br>davon gesättigte<br>Fettsäuren | 14 g<br>0,7 g       |
|  | Ballaststoffe                          | 6,1 g               |
|  | Natrium                                | 0,0 g               |

## Max Rubner-Institut

### Bundforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel

Adresse Haid-und-Neu-Str. 9, 76131 Karlsruhe

Telefon +49 (0)721 6625-201

Fax +49 (0)721 6625-111

E-Mail [kontakt@mri.bund.de](mailto:kontakt@mri.bund.de)

Internet [www.mri.bund.de](http://www.mri.bund.de)

Twitter [@MRI\\_Aktuelles](https://twitter.com/MRI_Aktuelles)