

Kalorische Werte der dominierenden Invertebraten zweier Waldbäche des Naturparkes Kottenforst-Ville

Caloric values of the most abundant invertebrates of two woodland-brooklets of the "Naturpark Kottenforst-Ville"

VON NORBERT CASPERS

Institut für Landwirtschaftliche Zoologie und Bienenkunde, Universität Bonn

Mit 1 Tabelle im Text

Abstract

Caloric values of 18 abundant invertebrates of two woodland-brooklets near Bonn (West Germany) were determined on a dry weight basis and on an ash-free dry weight basis.

Einleitung

Seit wenigen Jahrzehnten werden in der Limnologie bei der Untersuchung produktionsbiologischer Fragestellungen die energetischen Aspekte der Begriffe Biomasse und Produktivität stärker berücksichtigt. Vor allem durch die Einführung der Methode der Kalorimetrie, die sich die Theorien der Thermodynamik zu Nutze macht, bietet sich die Möglichkeit, die energetischen Beziehungen zwischen den einzelnen Mitgliedern aquatischer Biozöosen, bzw. zwischen den trophischen Stufen auf quantitativer Ebene zu erarbeiten. Nachdem die ersten methodischen Schwierigkeiten ausgeräumt waren, bewirkten die Publikationen von SLOBODKIN & RICHMAN (1961), GOLLEY (1961), COMITA & SCHINDLER (1963), CUMMINS, COFFMAN & ROFF (1966), MOSHIRI & CUMMINS (1969) und vieler anderer Autoren, daß die Kalorimetrie in der Limnologie sehr bald zu einer Standardmethode wurde. Bei allen diesen Untersuchungen bestand der primäre Schritt in der Bestimmung der Brennwerte der tierischen und pflanzlichen Untersuchungsobjekte, d. i. die Ermittlung des Energiegehaltes durch die Verbrennung in einer kalorimetrischen Bombe, ausgedrückt in Kalorien pro Gramm eingewogener, bzw. verbrannter Substanz.

Im Rahmen von ökologischen und produktionsbiologischen Untersuchungen der Invertebratenfauna einiger Waldbäche des Naturparkes Kottenforst — Ville in den Jahren 1972 bis 1974 wurden unter anderem

auch die kalorischen Werte der dominierenden Invertebraten des Crenons und Epirhithrons ermittelt. Die Ergebnisse dieser Brennwert-Bestimmungen werden in dieser Arbeit vorgelegt; die meisten der untersuchten Arten fanden bisher noch keine Berücksichtigung in der Zusammenfassung von CUMMINS & WUYCHEK (1971).

Methoden

Alle kalorimetrischen Bestimmungen wurden mit dem Kalorimeter C 400 der Firma Janke & Kunkel durchgeführt. Dieses Gerät arbeitet nach dem adiabatischen Prinzip, wobei die thermische Isolierung von der Umgebung durch einen Wassermantel erzielt wird, der durch eine verzögerungsfrei arbeitende Elektrodenheizung stets auf der gleichen Temperatur wie das Reaktionsgefäß mit der kalorimetrischen Bombe gehalten wird. Die Raumtemperatur wurde während der Versuche konstant gehalten, um der Gefahr einer Temperaturdrift vorzubeugen. Im Anschluß an alle kalorimetrischen Verbrennungen wurden Zünddrahtkorrekturen (Berücksichtigung des unverbrannten Zünddrahtes) und Säurekorrekturen (titrimetrische Bestimmung der Wärmemengen, die bei der Bildung von Schwefelsäure und Salpetersäure während der Verbrennung entstanden sind) vorgenommen. Die mit einem Beckmann-Thermometer ermittelten Anfangs- und Endtemperaturen der Verbrennungen wurden stets kaliberkorrigiert.

Während des ganzen Untersuchungszeitraumes wurde in regelmäßigen Zeitabständen der Eichwert des kalorimetrischen Systems überprüft. Als Eichsubstanz wurde reine Benzoesäure (Brennwert: 6321 cal/g) verwendet, die vor der Verbrennung — wie auch sämtliche Meßsubstanzen — mit Hilfe einer Brikettierpresse in Tablettenform überführt wurde. Vor der Verbrennung im Kalorimeter wurde das biologische Material einem Trocknungsprozeß im Vakuumtrockenschrank (24 Std. bei 80 °C) unterworfen und anschließend bis zur Gewichtskonstanz im Exsikkator gehalten. Orientierende Vorversuche hatten gezeigt, daß nach Trocknung der Untersuchungssubstanzen mittels Gefriertrocknung, Trockenschrank und Vakuumtrockenschrank keine signifikant verschiedenen Brennwerte auftreten. Um einen interspezifischen Vergleich der ermittelten Brennwerte auf der Basis des organischen Anteils der Trockensubstanz zu ermöglichen, war eine von der eigentlichen Verbrennung unabhängige Bestimmung der Glührückstände im Muffelofen (4 Std. bei 550 °C) erforderlich. Die Wahl einer höheren Arbeitstemperatur hat sich als ungünstig erwiesen (PAINE, 1971), weil ab 600 °C einige anorganische Verbindungen (z. B. CaCO_3) thermisch gespalten werden, was zu fehlerhaften Bestimmungen des Glührückstandes führt.

Charakterisierung des Aufsammlungsgebietes und der Bachläufe

Der Naturpark Kottenforst-Ville ist ein dicht bewaldeter Ausläufer der Eifel, der als Teil der linksrheinischen Hauptterrasse des Rheines weit in die klimatisch begünstigte Kölner Bucht vorspringt. Wichtigste Objekte der vorliegenden Untersuchung waren der Annaberger Bach und der Katzenlochbach, zwei Mittelgebirgsbäche, deren kurze Fließstrecke nur aus den Bachabschnitten Crenon und Epirhithron besteht, wobei als

Quelltypen Rheokrene und Linnokrene vorkommen. Diese beiden Bäche schienen besonders geeignet für die vorliegende Untersuchung zu sein, weil sich die tierischen Biozönosen aus einer überschaubaren Anzahl von markanten Invertebraten-Typen zusammensetzen, die für die kalorimetrischen Untersuchungen in hinreichenden Individuenzahlen zur Verfügung standen. An den meisten Probestellen lagen ungestörte, weitgehend naturbelassene Verhältnisse vor. In chemischer Hinsicht zeichnen sich die beiden Bäche durch einen geringen Elektrolytgehalt aus (CASPER, 1972). Der durch starke Beschattung bedingte geringe Deckungsgrad mit niederen und höheren Pflanzen läßt erkennen, daß die tierischen Lebensgemeinschaften in erster Linie auf Fallaub und andere pflanzliche Zersetzungsprodukte aus der terrestrischen Umgebung als Nahrungsgrundlagen angewiesen sind.

Kalorimetrische Befunde

Die Ergebnisse der kalorimetrischen Bestimmungen sind in Tabelle 1 zusammengefaßt. Da das zur Messung verwendete Kalorimeter für die Durchführung einer Verbrennung eine Mindestmenge von ca. 0,6 g Trockensubstanz benötigte, war eine wiederholte Bestimmung der Brennwerte zwecks statistischer Absicherung in den meisten Fällen unmöglich. Am Beispiel eines nicht näher bestimmten Tubificiden, der außerhalb des engeren Untersuchungsgebietes in hinreichender Menge zu erhalten war, wurde eine Reihenuntersuchung von insgesamt 9 Verbrennungen durchgeführt. Bei einem arithmetischen Mittelwert von 5603 cal/g Trockengewicht betrug die Streuung $s = \pm 47$; bezogen auf den organischen Anteil der Trockensubstanz ergab sich bei einem Glührückstand von durchschnittlich 4,03 % ein arithmetischer Mittelwert von 5839 cal/g und eine Streuung von ± 58 . Im folgenden wird von der Voraussetzung ausgegangen, daß die Varianz der übrigen Invertebraten in der gleichen Größenordnung liegt. Damit ist der zu erwartende Fehler gering verglichen mit Brennwertschwankungen des biologischen Materials, die sich durch die Wahl verschiedener Zeitpunkte der Aufsammlung, bzw. verschiedener Standorte mit unterschiedlichem qualitativem und quantitativem Nahrungsangebot ergeben können. Da auch intraspezifische Variationen des Brennwertes in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium auftreten können (WIEGERT, 1965), liegen den Angaben der Tabelle 1 nur kalorimetrische Bestimmungen der beiden letzten Larvenstadien (Insekten), bzw. ausgewachsener, geschlechtsreifer Tiere (übrige Invertebraten) zugrunde. Bei der Angabe der Brennwerte für *Radix*, *Asellus* und *Gammarus* auf der Basis des Trockengewichtes wurde ein Korrekturfaktor (PAINE, 1971) für Organismen mit hohem prozentualem CaCO_3 -Gehalt berücksichtigt. Da das

CaCO₃ nach PAINE auch bei Temperaturen unter 600 °C in geringem Umfang einer thermischen Spaltung unterliegt, sind auch die Angaben in den Spalten 2 und 3 der Tabelle 1 für die erwähnten drei Formen mit einem gewissen Unsicherheitsfaktor behaftet.

Tabelle 1. Brennwerte aquatischer Invertebraten.

Art	Kalorische Werte		Glührückstand (%)
	cal/g Trocken- substanz	cal/g orga- nische Trocken- substanz	
<i>Crenobia alpina</i> (DANA)	6055	6426	5,77
<i>Dugesia gonocephala</i> (DUG.)	6043	6453	6,35
<i>Radix peregra ovata</i> DRP. (Weichkörper)	4608	5957	22,64
<i>Glossiphonia</i> <i>complanata</i> (L.)	5544	5713	2,96
<i>Erpobdella octoculata</i> (L.)	5607	5995	6,47
<i>Asellus aquaticus</i> L.	3493	5521	33,10
<i>Gammarus</i> <i>fossarum</i> KOCH			
a) 2— 5 mm	3735	5452	31,49
b) 6— 9 mm	3896	5354	27,34
c) 10—13 mm	3578	5201	31,20
<i>Baetis rhodani</i> PICT.	6044		
<i>Rhithrogena semi-</i> <i>colorata</i> CURT.	4955	5579	11,18
<i>Leptophlebia</i> <i>marginata</i> L.	5647		
<i>Nemoura</i> spec.	5488		
<i>Isoperla görtzi</i> ILLS.	5038		
<i>Aeschna cyanea</i> MÜLLER	5432	5837	6,93
<i>Rhyacophila fasciata</i> HAG.	5869	6181	5,04
<i>Hydropsyche</i> spec.	5348	5814	8,01
<i>Plectrocnemia</i> <i>conspersa</i> CURT.	5703	5958	4,28
Limnephilidae non det.	5273	5550	5,00
<i>Eusimulium</i> spec.	4510	5562	18,91

Die Brennwerte sämtlicher lebender Organismen bewegen sich zwischen den Grenzwerten 4180 cal/g und 9370 cal/g, den kalorischen Werten für Kohlenhydrate, bzw. Zellulose und für Öle, bzw. Fette. Wie schon SLOBODKIN & RICHMAN (1961) zeigen konnten, spannt sich zwischen diesen Extremwerten die Kurve einer Häufigkeitsverteilung, wobei die Mehrzahl der Brennwerte der Organismen in einem mittleren Bereich in der Nähe des Brennwertes für reine Proteine (ca. 5100 cal/g) liegt. Nur bei relativ wenigen taxonomischen Formen können sich bei fast ausschließlicher Verwertung von Kohlenhydraten bzw. Fetten als Reservestoffen Brennweerte in der Nähe der oben erwähnten Grenzwerte einstellen.

CUMMINS & WUYCHEK (1971) geben als Durchschnitts-Brennwerte für „aquatische Makrokonsumenten“ folgende Zahlenwerte an: 4935 cal/g Trockensubstanz bzw. 5821 cal/g organische Trockensubstanz; d. h. der Glührückstand beträgt durchschnittlich 15,22 %. Die entsprechenden Mittelwerte der vorliegenden Untersuchung liegen mit 5093 cal/g Trockensubstanz bzw. 5785 cal/g organische Trockensubstanz in der Nähe der von CUMMINS & WUYCHECK publizierten Werte, obwohl das zur Verfügung stehende Zahlenmaterial nicht annähernd so umfangreich ist wie dort und nur relativ wenige Intervertebraten-Gruppen berücksichtigt werden konnten.

Zusammenfassung

Die kalorischen Werte und Glührückstände von 18 Invertebraten zweier kleiner Waldbäche des Naturparkes Kottenforst - Ville wurden ermittelt und tabellarisch zusammengestellt. Der Energiegehalt pro Gramm Trockensubstanz erstreckte sich von 3493 Kalorien (*Asellus aquaticus*) bis 6055 Kalorien (*Crenobia alpina*) mit einem Durchschnittswert von 5093 cal/g für 18 Arten. Auf der Basis der „aschefreien“ (= organischen) Trockensubstanz betrug der niedrigste kalorische Wert 5201 cal/g (*Gammarus fossarum*; Größenklasse 10—13 mm), der höchste kalorische Wert 6453 cal/g (*Dugesia gonocephala*), der Durchschnittswert für 14 Arten 5785 cal/g.

Summary

The caloric values and ash values of 18 invertebrates of two woodland-brooklets of the 'Naturpark Kottenforst-Ville' were evaluated and summarized in table 1. On a dry weight basis the energy values ranged from 3493 cal/g (*Asellus aquaticus*) to 6055 cal/g (*Crenobia alpina*) with a mean value of 5093 cal/g for 18 species. On an ash-free dry weight basis the lowest caloric value was 5201 cal/g (*Gammarus fossarum*; size class: 10—13 mm), the highest caloric value was 6453 cal/g (*Dugesia gonocephala*), the mean value amounted 5785 cal/g for 14 species.

Literaturverzeichnis

CASPERS, N. (1972): Ökologische Untersuchung der Invertebratenfauna von Waldbächen des Naturparkes Kottenforst-Ville. — *Decheniana* 125: 189—218.

- COMITA, G. W., & SCHINDLER, D. W. (1963): Calorific values of microcrustacea. — *Science* **140**: 1394—1395.
- CUMMINS, K. W., COFFMAN, W. P., & ROFF, P. A. (1966): Trophic relationships in a small woodland stream. — *Verh. int. Ver. Limnol.* **16**: 627—638.
- CUMMINS, K. W., & WUYCHECK, J. C. (1971): Caloric equivalents for investigations in ecological energetics. — *Mitt. internat. Verein. Limnol.* **18**: 1—158.
- GOLLEY, F. B. (1961): Energy values of ecological materials. — *Ecology* **42**: 581—584.
- MOSHIRI, G. A., & CUMMINS, K. W. (1969): Calorific values for *Leptodora kindtii* FOCKE (Crustacea, Cladocera) and selected food organisms. — *Arch. Hydrobiol.* **66**: 91—99.
- PAINE, R. T. (1971): The measurement and application of the calorie to ecological problems. — *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **2**: 145—164.
- SLOBODKIN, L. B., & RICHMAN, S. (1961): Calories/gm. in species of animals. — *Nature* **191**: 299.
- WIEGERT, R. G. (1965): Intraspecific variation in calories/g of meadow spittlebugs (*Philaenus spumarius* L.). — *Bioscience* **15**: 543—545.

Anschrift des Verfassers:

DR. NORBERT CASPERS, Institut für Landwirtschaftliche Zoologie und Bienenkunde der Universität, D-5300 Bonn, Melbweg 42.