

Sonderdruck: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Göttingen 1976.

## STOFFBESTAND UND KALORIENGEHALT BEIM ERLENBLATTKÄFER (AGELASTICA ALNI, CHRYSOMELIDAE). FRAGEN AN DIE AUSSAGEKRAFT DER KALORIENGEHALTE

W.d'OLEIRE-OLTMANN'S

### Abstract

The question what information can be given by caloric values for ecological energetics is discussed by the example of a chrysomelid beetle (*Agelastica alni*). The caloric data throughout a vegetation period are compared with the main body constituents (carbohydrate, lipids and proteins). Caloric data seem to be levelled. This result, together with methodical problems, suggests that the energetic way of looking to ecosystems should be thought over.

### Einleitung

Die Betrachtung von Ökosystemen mit Hilfe der ökologischen Energetik hat in den letzten Jahren eine immer größere Bedeutung erfahren. Ist man der Meinung, das komplexe System Ökosystem aufschlüsseln zu können, so bleibt die Frage, ob dies mittels der Energieflüsse geschehen kann. Mit dieser relativ einfachen Methode kann man alle Organismen in einer Einheit beschreiben. Damit ist die Grundlage einer Vergleichbarkeit gegeben, wie sie früher in Angaben wie Trockengewicht pro Fläche und ähnlichem auch bestand. Dieser Ansatz ist seit einiger Zeit immer wieder in Frage gestellt worden. Boyd & Goodyear (1971) wiesen nach, daß keine Angaben über die Nahrhaftigkeit des untersuchten Organismus ermittelt werden können. Verduin (1972) zeigte, daß nur bedingte Mengen der ermittelten Energie für die nächste trophische Ebene zur Verfügung stehen. Ferner sind Aussagen über Interaktionen zwischen Organismen auf diesem Niveau nur begrenzt möglich.

### Methode

Als Tiermaterial diente *Agelastica alni*, ein Chrysomelide, der fast ausschließlich auf Erlen lebt und Blätter frißt. Die Tiere wurden im Freiland gesammelt. Die Kalorienwerte wurden mit einer modifizierten Mikrobombe ermittelt. Die Modifikation besteht darin, daß anstelle von Thermoelementen ein Peltierelement als Meßelement verwendet wurde und aufgrund technischer Notwendigkeiten die Form der Bombe etwas verändert wurde. Die Entwicklung der Bombe erfolgte im Institut für Biophysik der Freien Universität Berlin. Die Stoffklassen wurden leicht modifiziert nach dem Trennungsgang und den Bestimmungsmethoden von Speck & Urich (1969) und Collatz & Speck (1970) durchgeführt.

## Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 zeigt den Stoffbestand adulter Erlenblattkäfer zu verschiedenen Sammelterminen aus Frühjahr und Herbst 1974. Organismen setzen sich zu einem entscheidenden Teil aus drei Stoffklassen, den Kohlenhydraten, Proteinen und Lipiden zusammen. Diese Stoffklassen haben folgende Energiegehalte: Zucker im Mittel 4.100 cal/g, Proteine je nach Autor 4.100 bis 5.600 cal/g und Lipide 9.500 cal/g. Betrachtet man die Schwankungen über die Zeit, so haben die Kohlenhydrate (K, 2K, J), zu denen auch das Chitin zu zählen ist, kaum Schwankungen, die NPS-Fraktion – es handelt sich hier vorwiegend um Aminosäuren – hat Schwankungen im Verhältnis 1 : 2. Ähnlich verhält es sich bei den Proteinen. Diese beiden Stoffgruppen kann man energetisch zusammenfassen. Auffälliger ist die große Schwankung bei Lipiden; besonders der Unterschied zwischen Männchen und Weibchen wird deutlich. Die Schwankungsbreite liegt bei 1 : 10. Es sei erwähnt, daß keine statistische Absicherung der Werte erfolgte, da zum einen die Standardabweichungen recht groß sind, was bei der biologischen Variabilität des Materials auch von vornherein angenommen werden kann, da bei der Sammlung

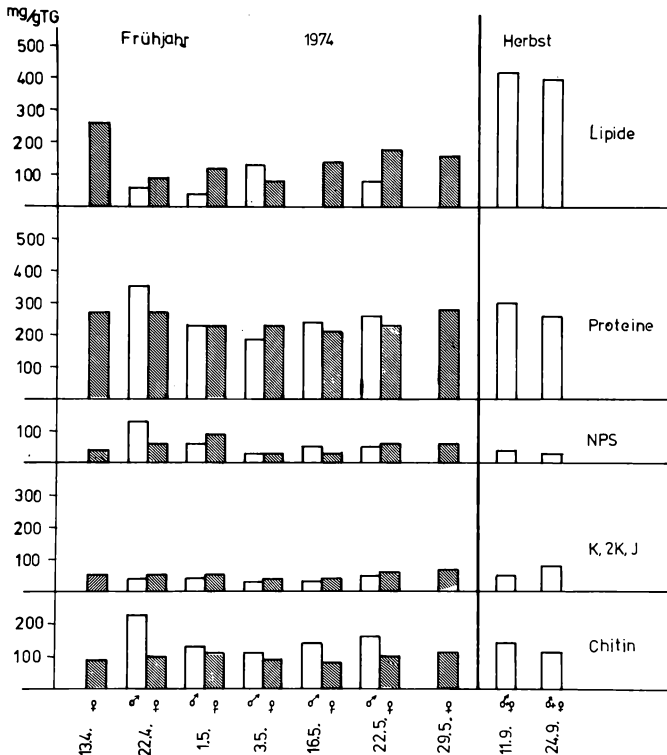


Abb 1. Stoffbestand adulter *Agelastica alni*. Abszisse: Sammeltermine. Ordinate: Milligramm pro Gramm Trockengewicht. NPS = Ninhydrin-positive Substanzen (vorwiegend Aminosäuren). K, 2K, I = Summe verschiedener Kohlenhydratfraktionen.

an einem Ort verschiedene nicht unterscheidbare Subpopulationen erfaßt werden. Zum anderen die willkürliche Festlegung des Sammeltermins, daher schien nur eine Absicherung zwischen Frühjahr und Herbst sinnvoll. Faßt man zusammen, so hat man verschiedene Stoffklassen, die in unterschiedliche Stoffwechselwege eingespeist werden, in unterschiedlicher Menge und Schwankung vorliegen und drei Gruppen von Kaloriengehalten. Spiegeln sich diese Unterschiede in den Verbrennungswerten wieder (Abb. 2)? Eine direkte Antwort auf irgend eine Stoffklasse ist nicht gegeben, die Schwankungen der Brennwerte sind ziemlich gering. Auch hier scheint keine statistische Absicherung möglich. Gründe für eine fehlende Antwort auf die Stoffklassenzusammensetzung sind: 1. Es wird eine Mischsubstanz (Kohlenhydrate, Proteine, Lipide) verbrannt. 2. Die Methodische Ungenauigkeit der Brennwertbestimmung liegt bei ca.  $\pm 5\%$ . Dazu kommen Fehler aus allen Arbeitsgängen von Sammeln bis zum Verbrennen. 3. Es wird meistens Mischmaterial verbrannt, da entweder der Organismus zu klein ist und mehrere Individuen pro Verbrennung herangezogen werden müssen, oder zu groß ist, daher pulverisiert wird und ein Teil eines hoffentlich homogenen Pulvers entnommen wird. 4. Anorganische Substanzen und Salze (Darling 1976, Paine

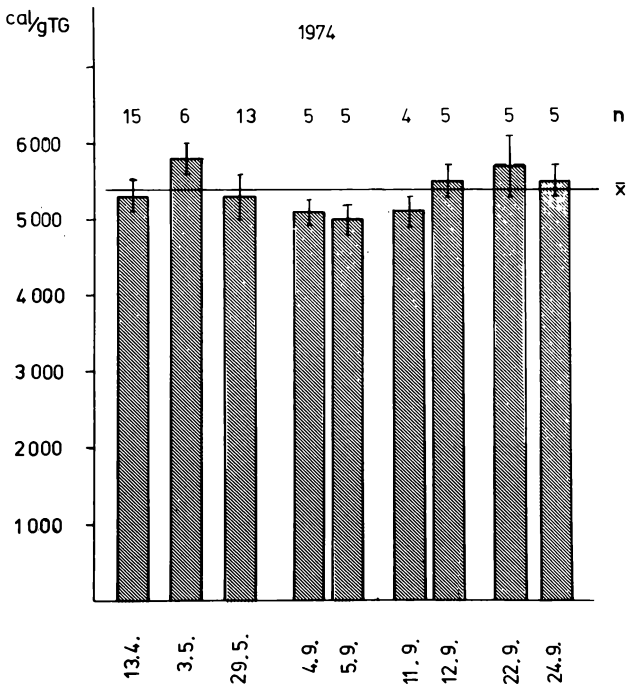


Abb. 2. Kaloriengehalte adulter *Agelastica alni*. Abszisse: Sammeltermine. Ordinate: Kalorien pro Gramm Trockengewicht. Die horizontale Linie kennzeichnet den Gesamtmittelwert, die Zahlen über den Säulen die Zahl der Messungen. Die senkrechten Linien in den Säulen kennzeichnen die Standardabweichung (s).

1971) beeinflussen die Verbrennung und bringen eine weitere Unsicherheit in die Messung. 5. Die biologische Variabilität wird bei der Mischprobe nivelliert, Unterschiede sind daher noch schwerer feststellbar.

Abbildung 1 gibt einen Hinweis über die Aussagekraft der Kalorienwerte. Zucker und Proteine haben ähnliche Kaloriengehalte. Bei den schwankenden Brennwertangaben der Proteine in der Literatur muß man zumindest einen Teil derselben im gleichen Kalorienbereich wie die Zucker ansiedeln. Wir können nun, ohne große Folgen für den Energiegehalt, Proteine und Zucker austauschen. Die Folgen für den Organismus und den potentiellen „Räuber“ sind enorm, nicht aber für die Energetik.

Eine andere Möglichkeit, sich über den Informationsgehalt von Kaloriendaten klar zu werden, ist die Verteilung der Kaloriengehalte systematischer Gruppen. Hierfür wurden die Werte von Cummins & Wuycheck (1971) herangezogen. Alle

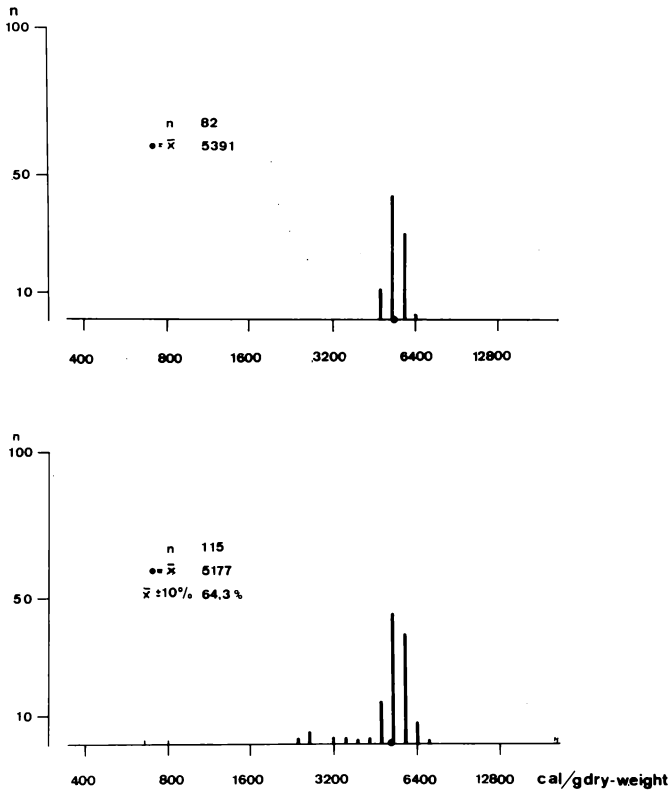


Abb. 3. Kaloriengehalte in Klassen dargestellt. Abszisse: Kalorien pro Gramm Trockengewicht logarithmisch in 10% Klassen dargestellt. Ordinate: Anzahl der Werte pro Klasse. unten: Arthropödenwerte (ohne Crustaceen) aus Cummins und Wuycheck (1971), die mittels Brennwertbestimmung ermittelt wurden. oben: Werte larvaler und adulter *Agelastica alni* aus dem Jahr 1974. n = Anzahl der Werte.  $\bar{x}$  = Gesamtmittelwert.  $\bar{x} \pm 10\%$  gibt den Anteil der Werte an, die in einem Schwankungsbereich von 10% um den Mittelwert zu finden sind.

Arthropodenwerte exclusive Crustaceen, die mit der Brennwertbestimmung ermittelt wurden, wurden zusammengefaßt. Es wurde eine Klasseneinteilung von 10% für die Abszisse gewählt, d.h. die Brennwerte logarithmisch dargestellt. Diese Einteilung hat einen ökologischen Grund. Jeder Organismus wird an irgend einer Stelle des Ökosystems von irgendwem abgebaut oder gefressen. Für einen „Räuber“ im weitesten Sinne ist es ein großer Unterschied ob sein Nahrungsspektrum Organismen mit 500–1.000 cal/g TG enthält, er muß im Extremfall doppelt soviel fressen, um genügend Energie zu erhalten. Es ist jedoch nur ein geringer Unterschied, ob der Schwankungsbereich zwischen 4.500 und 5.000 cal/g TG liegt.

Der untere Teil von Abb. 3 zeigt die Verteilung der Arthropodenwerte (ohne Crustaceen). Aus den angegebenen Mittelwerten in der Literatur wurde ein neuer gemeinsamer Mittelwert errechnet. Dieser darf nur als Hinweis, nicht als statistisches Maß angesehen werden. Ferner wurde gezählt, wieviel Daten in einem Schwankungsbereich von  $\pm 10\%$  um den Mittelwert zu finden sind. Der obere Teil zeigt die Verteilung der Werte von *Agelastica alni*. Hier wurden Werte von Larven und adulten Tieren zusammengefaßt. Im Schwankungsbereich der Arthropodenwerte (ohne Crustaceen) finden wir 72% aller Erlenblattkäfer-Werte wieder. Dies scheint ein Hinweis für die Ähnlichkeit der Brennwerte innerhalb systematischer Gruppen zu sein (vgl. d'Oleire-Oltmanns, Runge 1973). Es scheint daher in Zukunft zu genügen, nur noch eine Testverbrennung zu machen, bevor man für Arthropoden (ohne Crustaceen) einen Wert zwischen 5.200 und etwa 5.500 cal/g TG für die Berechnung annimmt.

Geht man einen Schritt weiter und fragt nach der Bedeutung der Kalorienwerte für die Aufstellung eines Energiebudgets, nach der Formel  $A = P + R$  oder allen Variationen, muß man den Fehler der zusätzlich eingehenden Parameter betrachten.

	Wiegen	Respirations- messung	Brennwert- stimmung	Populationsbestimmung
Fehler	ca. 0–1%	ca. 10%	ca. 10%	bis 50% und mehr

Es ist die Populationsbestimmung, die den entscheidenden Beitrag für den gesamten Fehler liefert. Daher scheinen geringe Abweichungen im Kaloriengehalt vernachlässigbar.

## Schlußfolgerung

Die Annahme, mittels der Energetik nur begrenzt Aussagen über die Interaktionen in Ökosystemen zu erhalten, scheint durch die nivellierte Information, die uns Brennwerte liefern, unterstützt zu werden. Vom energetischen Standpunkt scheint auch die übermittelte Frage: „Welche Bedeutung haben die Tiere für Ökosysteme, stehen sie nicht nur herum?“ verständlich zu werden. Energetisch gesehen können die Tiere nur herumstehen, da sie nur einen geringen Teil der Nahrung nutzen. Ist die Nutzung pro Fläche und Zeit höher, kann dies zum Entzug der Nahrungsgrundlage führen, wofür viele Beispiele vorliegen. Bezieht man

in die Betrachtung jedoch noch Anpassungen und Verhalten ein, so werden weitere wichtige Parameter und somit die Bedeutung der Tiere deutlich. Gewisse Vegetationstypen werden in ihrem Erscheinungsbild wesentlich durch die Anwesenheit von Tieren geprägt.

## Literatur

- Boyd, C.E. & Goodyear, C.P. (1971): Nutritive quality of food in ecological systems. *Arch. Hydrobiol.* 69: 256–270.
- Collatz, K.G. & Speck, U. (1970): Gesamtbestand an organischen Substanzen der Spinne *Teganaria atrica* im Vergleich zu *Protophormia terrae nova* (Dipt.) und *Orconectes limosus* (Crust.). *Z. vergl. Physiol.* 70: 35–44.
- Cummins, K.W. & Wuycheck, J.C. (1971): Caloric equivalents for investigations in ecological energetics. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.* 18: 1–158.
- Darling, M.S. (1976): Interpretation of global differences in plant caloric values. *Oecologia* 23: 127–139.
- d'Oleire-Oltmanns, W. (1977): Combustion heat in ecological energetics. What sort of information can be obtained? In: Lamprecht, I. Schaarschmidt, B. (ed): *Calorimetry in life sciences*, Berlin (im Druck).
- Paine, R.T. (1970): the measurement and application of the calorie to ecological problems. *Ann. Rev. Ecol. System* 2: 145–164.
- Runge, M. (1973): Energieumsätze in den Biozönosen terrestrischer Ökosysteme. *Scripta Geobotanica* 4: 1–77.
- Speck, U. & Urich, K. (1969): Das Schicksal der Nährstoffe beim Flußkrebis *Orconectes limosus*: Einbau von Glucose-U-<sup>14</sup>C, Glutamat-U-<sup>14</sup>C und Palmitat-U-<sup>14</sup>C in die verschiedenen Stoffklassen. *Z. vergl. Physiol.* 63: 395–404.
- Verduin, J. (1972): Caloric content and available energy in plant matter. *Ecology* 53, 982.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Biol. Werner d'Oleire-Oltmanns, Institut für Zoologie, Lehrstuhl II,  
Bismarckstraße 10. 8520 Erlangen.