

TESTUDO

Zeitschrift der Schildkröten-Interessengemeinschaft Schweiz



ISSN 1660-0762

17. Jahrgang / Heft 2

Juni 2008

www.sigs.ch

© Schildkröten-Interessengemeinschaft Schweiz (SIGS)

Lassen uns Riesenschildkröten Dinosaurier besser verstehen?

Untersuchungen zur Verdauungsphysiologie von
pflanzenfressenden Reptilien an der Universität Zürich

- MARCUS CLAUSS -

Einleitung

Tiere werden in der Regel in drei grobe Kategorien von Ernährungstypen eingeteilt: in Faunivore (Fleischfresser, Fischfresser, Insektenfresser), Omnivore (Allesfresser) und Herbivore (Pflanzenfresser). Diese zunächst allein aufgrund der natürlichen Nahrung vorgenommene Klassifikation spiegelt auch anatomische und physiologische Unterschiede zwischen diesen Gruppen wider: In der Reihenfolge von fauni- über omni- zu herbivor stellen die Ernährungstypen ein Kontinuum dar von einer vorwiegend selbständigen, enzymatischen Verdauung der aufgenommenen Nahrung hin zu einer vorwiegend unselbständigen Verdauung durch symbiotische Bakterien (STEVENS & HUME, 1995). Wirbeltiere produzieren selber nämlich keine Enzyme, mit denen Pflanzenfasern verdaut werden könnten. Die Notwendigkeit, sich bei der zunehmenden Aufnahme von Pflanzenmaterial immer mehr auf die Hilfe einer Darmflora zu verlassen, schlägt sich anatomisch in

von Alles- zu Pflanzenfressern hin deutlich ausgeprägteren «Gärkammern» nieder, in denen diese Flora angesiedelt ist. Diese Unterschiede lassen sich bei fleisch- und pflanzenfressenden Reptilien ebenso finden wie bei Säugetieren. Wie bei Säugetieren auch ist ein wesentliches Ziel bei der Fütterung von Pflanzenfressern, die Bakterienflora in der «Gärkammer» (bei Reptilien immer im Blind- und Dickdarm) durch die Bereitstellung von ausreichenden Mengen von Pflanzenfasern (wie sie nicht in Obst und buntem Gemüse vorkommen) zu fördern.

Die Verdauung von pflanzenfressenden Reptilien funktioniert dabei prinzipiell wie die von pflanzenfressenden Säugetieren. Die Darmbakterien zersetzen die Pflanzenfasern zu flüchtigen Fettsäuren, die vom Darm absorbiert werden und als Energiequelle dienen. Diese bakterielle Verdauung – auch «Fermentation» genannt – braucht Zeit – um so mehr, je weniger das Pflanzenmaterial vorzerkleinert ist. Säugetiere mit ihrer hohen Stoffwech-

seltrate und entsprechend hohem Energiebedarf (NAGY et al., 1999), zerkleinern die Pflanzennahrung durch Kauen und können so gute Verdaulichkeiten bei Passagezeiten zwischen 48 - 72 Stunden erzielen (CLAUSS et al., 2007). Reptilien besitzen keine Mahlzähne; dennoch erreichen sie Verdaulichkeiten, die denen von Säugern vergleichbar sind (HATT et al., 2005), weil sie dafür den Nahrungsbrei um ein Vielfaches länger in ihrem Darm belassen (KARASOV et al., 1986). Bei Galápagos-Riesenschildkröten wurden mittlere Darmpassagezeiten von über 300 Stunden gemessen (HATT et al., 2002)! Damit der Nahrungsbrei nicht zu schnell durchgeschleust wird, dürfen sie nicht so viel Futter aufnehmen wie Säuger (sonst würde zu schnell «nachgeschoben») - was aber wegen ihrer viel geringeren Stoffwechselrate kein Problem ist. In einem Satz: Pflanzenfressende Säuger verdauen viel, schnell und gründlich, pflanzenfressende Reptilien verdauen wenig, langsam und ebenfalls gründlich.

Trotz dieses allgemeinen Verständnisses ist die Verdauungsphysiologie von pflanzenfressenden Reptilien im Vergleich zu Säugetieren noch wenig erforscht. Ein Bereich, für den bislang noch überhaupt keine Untersuchungen durchgeführt wurden, ist zum Beispiel die Produktion von Methan. Methan ist ein Gas,

das auch bei der Verdauung von Pflanzenmaterial entsteht (selbst beim Menschen: «jedes Böhnchen gibt ein Tönchen»). Der Methanausstoss von Hauswiederkäuern, insbesondere von Milchkühen, wird gelegentlich auch im Zusammenhang mit dem Treibhauseffekt diskutiert. Methan ist energiereich – darum kann man mit Erdgas, das hauptsächlich aus Methan besteht, heizen und Motoren antreiben. Für einen Pflanzenfresser bedeutet dies, dass ihm die über das Methan ausgeschiedene Energie verloren geht. Zwar geht man davon aus, dass auch pflanzenfressende Reptilien Methan produzieren (HACKSTEIN & VAN ALEN, 1996), doch wurde diese Gasproduktion bei Reptilien bislang noch niemals gemessen.

Warum könnte dies überhaupt interessant sein? Schliesslich ist bei der geringen Stoffwechselrate von Reptilien und ihrer geringen Futteraufnahme nicht zu erwarten, dass ihr Methanausstoss auch nur annähernd an den von Säugetieren heranreicht. Trotzdem beschäftigt sich eine Forschergruppe der Deutschen Forschungsgemeinschaft mit der Frage, wieviel Methan Reptilien produzieren. Warum?

Die Forschergruppe 533 «Biologie von Sauropoden: die Evolution des Gigantismus» (www.sauropod-dinosaurs.uni-bonn.de) der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) beschäftigt sich mit

schäftigt sich mit der Frage, wie Wirbeltiere «gigantisch» werden können, und welche verschiedenen Grenzen es für Gigantismus gibt. Wurden Sauropoden (den meisten Lesern vermutlich als «Brontosaurier» bekannt) genau so gross, wie es das Zusammenspiel von Erdanziehungskraft und die Statik eines Knochenskelettes zulässt? Wurden sie genau so gross, wie das aufgrund der Leitungsbahnen für Blut (Blutdruck!) möglich ist? Oder wurden sie in ihrer Körpergrösse eventuell aufgrund der Verdauungsphysiologie beschränkt (CLAUSS et al., 2003; CLAUSS & HUMMEL, 2005)? Um die Voraussetzungen und Grenzen des Gigantismus zu beleuchten, arbeiten verschiedene Fachleute zusammen – Biostatiker, Physiologen, Paläontologen - und auch Verdauungsspezialisten von den Universitäten Zürich und Bonn. Letztere sind bislang mit Untersuchungen zum Energiegehalt potentieller Dinosaurier-Futterpflanzen wie Gingko, Araukarien und Farnen an die Öffentlichkeit getreten (HUMMEL et al., 2008).

Und hier schliesst sich der Kreis zur Frage nach dem Methan bei Schildkröten. Bei einer Gruppe von Säugetieren, den Wiederkäuern, lässt sich nämlich theoretisch berechnen, dass die Energieverluste durch das Methangas letztendlich die maximal mögliche Körpergrösse für einen Wiederkäuer limitieren (PRINS & KREULEN,

1991; VAN SOEST, 1994). Trägt man nämlich zum Beispiel die Energieverluste durch das Methan gegen die Körpermasse verschiedener Wiederkäuer auf, so sieht man, dass diese Verluste bei grösseren Wiederkäuern einen höheren Anteil an der Gesamt-Energieaufnahme ausmachen (Abb. 1).

Wenn man die aufgrund dieser Daten erhaltene Regressionsgerade ins unendliche extrapoliert (Abb. 2), so wird deutlich, dass ab einer Körpermasse von über 4 Tonnen die theoretischen Methan-Verluste mehr als 100% der Energieaufnahme ausmachen würden – eine physikalische Unmöglichkeit. Wenn man Verluste bis zu 33% akzeptiert, dann wäre eine Körpermasse von ca. 1.3 Tonnen das zu erwartende Maximum für Wiederkäuer. Dies stimmt recht gut mit den maximalen Werten für Giraffen oder für Ochsen bestimmter Rinderrassen überein (OWEN-SMITH, 1988).

Nicht-wiederkäuende Pflanzenfresser (wie zum Beispiel Flusspferde, Nashörner, Elefanten, Mammuts, oder eben pflanzenfressende Dinosaurier) können durchaus grösser sein als die grössten Wiederkäuer. Für diese Tiergruppen wurden entsprechende Berechnungen bislang nicht angestellt, weil die dazu notwendigen Daten zur Methanproduktion fehlen. Doch wäre denkbar, dass sich für Reptilien

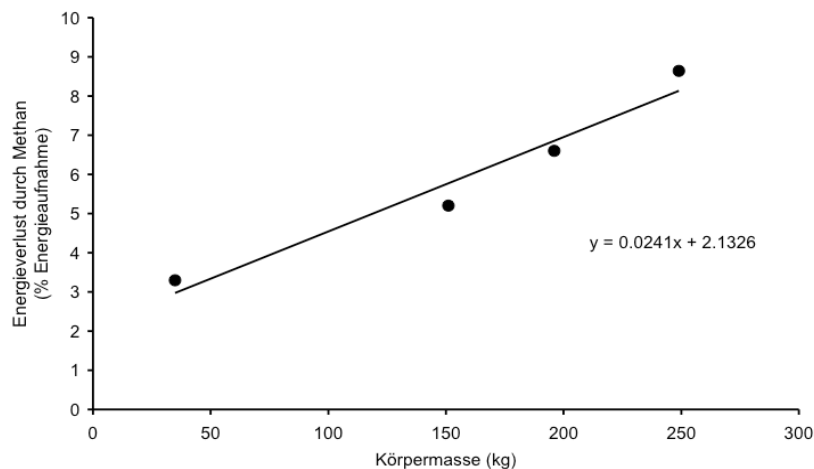


Abb. 1: Darstellung von Energieverlusten durch Methanemission bei verschiedenen Wiederkäuer-Spezies unterschiedlicher Körpergrösse (BELYEA et al. 1985; Galbraith et al. 1998).

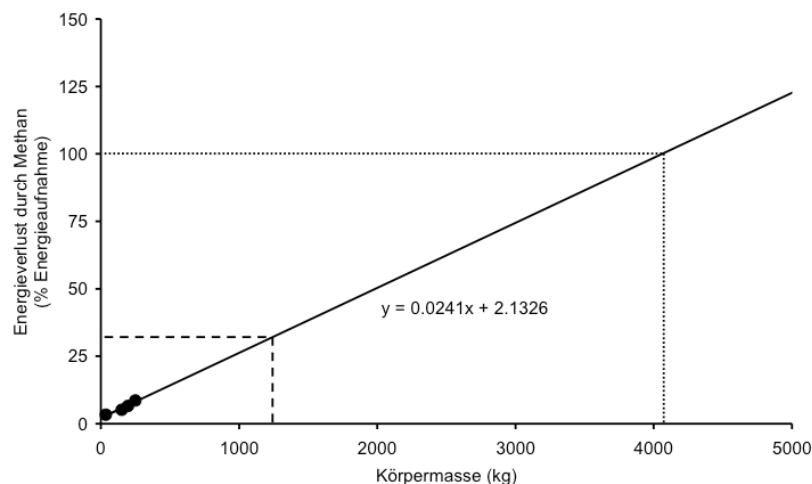


Abb. 2: Extrapolation der Regressionsgerade aus Abb. 1 für grössere Körpermassen. Die gepunktete Linie deutet an, ab welcher Körpermasse theoretisch ein 100%iger Energieverlust durch Methanemission zu erwarten wäre. Ein realistischerweise zu verkraftender Verlust von ca. 33% resultiert in einer Körpermasse von ca. 1.3 Tonnen – das tatsächliche Grössenlimit rezenter Wiederkäuer.

und - im Vergleich dann - letztendlich auch für Dinosaurier solche Limitierungen darstellen liessen, wenn entsprechende Messdaten vorhanden wären. Weil andere Pflanzenfresser höchstwahrscheinlich weniger Methan produzieren als Wiederkäuer, ist auch zu erwarten, dass eine entsprechende Limitierung erst bei deutlich höheren Körpermassen eintritt.

Studie

Die Landschildkröten bieten nun unter den herbivoren Wirbeltieren ein ideales Modell, um diese Frage zu untersuchen. Landschildkröten gibt es in einem sehr weiten Grössenbereich – von unter 500 g bis zu 200 kg. An der Universität Zürich wird bei verschiedenen Landschildkröten der Methanausstoss gemessen. Um das gemessene Methan auf die Energieaufnahme beziehen zu können, müssen dabei die Futteraufnahme bekannt sein sowie die Energieverluste über den Kot – dafür sind Fütterungsversuche von ca. 30 Tagen vor der Methanmessung notwendig. Die Schildkröten werden einzeln gehalten, das gefressene Futter und der abgesetzte Kot werden durch Wiegen ermittelt und später auf den Energiegehalt analysiert. Während des Fütterungsversuches und während der Me-

thanmessung (2 x 22 Stunden in einer Respirationkammer) müssen die Tiere dabei einzeln gehalten werden, um jedem Tier einen Wert zuordnen zu können; bei der Lebenserwartung der Tiere erscheint dabei die Belastung von 32 Tagen Einzelhaltung vertretbar. Es werden nur Tiere eingesetzt, die an eine halbwegs faserreiche Futterration angewöhnt sind – eine reine Salat- oder Obst-/Gemüse-Fütterung ist für die natürliche Nahrung dieser Tiere nicht repräsentativ. Zurzeit wird noch nach Kooperationspartnern gesucht, die Landschildkröten zwischen 20 und 50 kg Körpermasse zur Verfügung stellen können.

Aufruf

Sollte es Halter geben, die mit ihren Tieren gerne an dieser Studie teilnehmen und zum grundlegenden Wissenszuwachs zur Verdauungsphysiologie dieser faszinierenden Tiergruppe beitragen möchten, können beim Verfasser weitere Details erfragt werden. Insbesondere werden Schildkröten der Gewichtsklassen 20 - 80 kg gesucht, die an eine vergleichsweise natürliche Diät, also mit Raufutter (Heu) adaptiert sind. Die Transportkosten sowie die während der Versuchsperiode anfallenden Futterkosten werden übernommen.

Ausblick

Die ersten Messungen in der Respirationkammer bei kleinen Landschildkröten (1 - 10 kg) und bei Kaninchen und Meerschweinchen bestätigten die Vermutung, dass der Methanausstoss bei Landschildkröten zwar messbar, aber deutlich kleiner ist als bei Säugetieren vergleichbarer Körpergrösse.

Im Zuge der nächsten zwei Jahre wird sich herausstellen, ob die Landschildkröten als Modelltier unser Verständnis von Dinosauriern tatsächlich erweitern können.

Auch wenn die Dinosaurier selber vielleicht immer ein Rätsel bleiben werden, so wird unser Verständnis der Verdauungsphysiologie von Schildkröten in jedem Fall profitieren.

Literatur

- BELYEA R.L., P.J. MARIN & H.T. SEDGWICK (1985): Utilization of chopped and long alfalfa by dairy heifers. - *Journal of Dairy Science*, **68**: 1297-1301.
- CLAUSS M., R. FREY, B. KIEFER, M. LECHNER-DOLL, W. LOEHLEIN, C. POLSTER, G.E. RÖSSNER & W.J. STREICH (2003): The maximum attainable body size of herbivorous mammals: morphophysiological constraints on foregut, and adaptations of hindgut fermenters. - *Oecologia*, **136**: 14-27.
- CLAUSS M. & J. HUMMEL (2005): The digestive performance of mammalian herbivores: why big may not be *that* much better. - *Mammal Review*, **35**: 174-187.

- CLAUSS M., A. SCHWARM, S. ORTMANN, W.J. STREICH & J. HUMMEL (2007): A case of non-scaling in mammalian physiology? Body size, digestive capacity, food intake, and ingesta passage in mammalian herbivores. - *Comparative Biochemistry and Physiology A*, **148**: 249-265.
- GALBRAITH J.K., G.W. MATHISON, R.J. HUDSON, T.A. MCALLISTER & K.J. CHENG (1998): Intake, digestibility, methane and heat production in bison, wapiti and white-tailed deer. - *Canadian Journal of Animal Science*, **78**: 681-691.
- HACKSTEIN J. & T. VAN ALEN (1996): Fecal methanogenesis and vertebrate evolution. - *Evolution*, **50**: 559-572.
- HATT J.M., R. GISLER, R. MAYES, M. LECHNER-DOLL, M. CLAUSS, A. LIESEGANG & M. WANNER (2002): The use of dosed and herbage n-alkanes as markers for the determination of intake, digestibility, mean retention time and diet selection in Galápagos tortoises. - *Herpetological Journal*, **12**: 45-54.
- HATT J.M., M. CLAUSS, R. GISLER, A. LIESEGANG & M. WANNER (2005): Fiber digestibility in juvenile captive Galápagos tortoises (*Geochelone nigra*). - *Zoo Biology*, **24**: 185-191.
- HUMMEL J., C.T. GEE, K.H.SÜDEKUM, P.M. SANDER, G. NOGGE & M. CLAUSS (2008): In vitro digestibility of fern and gymnosperm foliage – implications for sauropod feeding ecology and diet selection. - *Proceedings of the Royal Society B*, **275**: 1015-1021.
- KARASOV W.H., E. PETROSSIAN, L. ROSENBERG & J.M. DIAMOND (1986): How do food passage rate and assimilation differ between herbivorous lizards and nonruminant mammals? - *Journal of Comparative Physiology B*, **156**: 599-609.
- NAGY K.A., I.A. GIRARD & T.K. BROWN (1999): Energetics of free-ranging mammals, reptiles, and birds. - *Annual Reviews of Nutrition*, **19**: 247-277.

- OWEN-SMITH N. (1988): Megaherbivores - the influence of very large body size on ecology. - Cambridge University Press, Cambridge.
- PRINS R.A. & D.A. KREULEN (1991): Comparative aspects of plant cell wall digestion in mammals. - In: HOSHINO S., R. ONODERA, H. MINOTO & H. ITABASHI (eds) - *The rumen ecosystem*. - Japan Scientific Society Press, Tokyo, 109-120.
- STEVENS C.S. & I.D. HUME (1995): Comparative physiology of the vertebrate digestive system. - Cambridge University Press, New York.

VAN SOEST P.J. (1994): Nutritional ecology of the ruminant. - Cornell University Press, Ithaca, New York.

Kontakt

PD Dr. MARCUS CLAUSS
Klinik für Zoo-, Heim- & Wildtiere
Universität Zürich
Winterthurerstrasse 260
CH-8057 Zürich
044 635 83 76, mclauss@vetclinics.uzh.ch
www.zooklinik.uzh.ch

Spornschildkröten gesucht!

wf - Für die oben vorgestellte Studie suchen die Forscher der Universität Zürich pflanzenfressende Schildkröten mit einem Gewicht zwischen 20 bis 80 kg. Sie sind deshalb an die SIGS herangetreten und hoffen so, die gewünschten Schildkröten zu finden. Kapitale Panther- und Waldschildkröten sowie jüngere Aldabra- und Galápagos-Riesenschildkröten würden das nötige Gewicht zwar auf die Waage bringen, dürften aber in unseren Haltungen kaum zu finden sein. So bleiben wohl nur adulte Spornschildkröten übrig. Diese erfüllen die Gewichtsvorgaben und sind in der Regel auch gut an eine Heufütterung gewöhnt. Wir möchten alle Halter adulter Spornschildkröten ermuntern, die Studie zu unterstützen und Kontakt mit Dr. Clauss aufzunehmen. Auch wenn der Nutzen einer solchen Studie für den Laien vielleicht nicht unmittelbar erkennbar ist, werden dabei doch wertvolle Grundlagen erarbeitet, die später einmal auch unseren Pflegelingen zugute kommen können.



Spornschildkröte *Geochelone sulcata*, Weibchen.

Foto: Fritz Wüthrich