



Von der Milch zum festen Futter

Von der Abhängigkeit zur Selbständigkeit

Von Peter Langer

Das Neugeborene ist bei Säugetieren und beim Menschen zunächst völlig von der Mutter abhängig, denn die Ernährung des oder der Nachkommen erfolgt erst einmal ganz auf Kosten der Mutter. Mit den Umstellungen auf dem Wege von der Abhängigkeit zur Selbständigkeit befassen sich die hier dargestellten Untersuchungen.

Bei Fischen, Amphibien und Reptilien wird bald nach der Umwandlung zur endgültigen Körperform, der Metamorphose, oder nach dem Schlupf aus dem Ei ein hohes Maß an Unabhängigkeit erreicht. Bei Vögeln kann – wie bei den Nestflüchtern – eine kurze oder – wie bei den Nesthockern – eine ausgedehntere Phase der Brutpflege auftreten. Bei den Säugetieren dagegen stellen Mutter und Jungtier eine biologische Einheit dar, die darauf ausgerichtet ist, unter möglichst geringem Aufwand für die Mutter das Jungtier auf die Zeit seines unabhängigen Lebens vorzubereiten. Die für Wachstum und Entwicklung notwendige Energie kann bei Jungtieren vieler Säugetierarten noch lange Zeit nach der Geburt nicht durch das arteilene Festfutter, sondern muss durch Milch verfügbar gemacht werden. Festes Futter kann erst aufgenommen werden, wenn ein funktionsfähiges Gebiss ausgebildet ist, welches das Ergreifen und die Zerkleinerung der Nahrung ermöglicht.

Energie muss nicht nur für Wachstum und Entwicklung des Jungtiers geliefert werden, in vielen Fällen ist die Phase der Abhängigkeit von der Mutter für das Jungtier auch durch die Einübung von Feindvermeidung einerseits und Beutegewinnung andererseits beträchtlich verlängert. Bei Säugetierarten, die eine aufwendige und zeitraubende Einübungs-Phase durchlaufen, wie beispielsweise Affen oder Raubtiere, ist die Dauer der Säuglings-Periode erheblich verlängert. Die Länge dieser Zeit wird auch dadurch beeinflusst, dass die Immunabwehr des Jungtieres gegenüber pathogenen Umwelteinflüssen durch Abgabe von

Antikörpern und Immunglobulinen über die Milch angeregt werden muss.

Die Länge der Versorgung des Jungtieres durch die Mutter und die Qualität der von ihr produzierten Milch hängen auch von der Art und Weise ab, in der eine Säugetierpopulation die Umwelt besiedelt: Bei der sogenannten „r-Selektion“ werden von Arten mit geringer Körpermasse und rascher Fortpflanzung, den Kleinsäugetern, gemäß der theoretisch möglichen Zuwachsrates „r“ kurzfristig auftretende Nahrungsquellen schnell erobert. In diesem Fall ist zu erwarten, dass die Säuglingszeit kurz ist.

Säugetierarten, die stabile Lebensräume besiedeln, leben in einer nahezu konstanten Population, deren Individuen viel in die Nachkommen investieren, d.h. sie lange mit Milch versorgen und/oder ihnen eine qualitativ hochwertige, fett- oder/und proteinreiche Milch zur Verfügung stellen. Beispiele für diese „K-Selektion“ sind Wale und andere Großsäuger.

Im Folgenden wird eine Systemanalyse versucht, in der die Größe des erwachsenen Säugetieres (Körpermasse) und die anatomische Differenzierung des Verdauungstraktes sowie die Länge der Zeit, in welcher die Mutter Milch produziert und das Jungtier säugt, berücksichtigt werden. Schließlich wird die Frage erörtert, warum die Säuglingszeit bei den verschiedenen Arten in vielfältiger Weise untergliedert wird.

Ich betrachte die unterschiedliche Intensität der Beziehungen zwischen Jungtier und Mutter, die Länge der Säuglingszeit (identisch mit der Länge der gesamten Laktationszeit) und die Länge jener Phasen, in denen ausschließlich Milch („Nur-Milch-Phase“) oder Milch zusammen mit Festfutter („Mischfutter-Phase“) aufgenommen werden. Weiterhin wird die Differenzierung des Gastrointestinaltraktes (GIT) berücksichtigt. Daten zu den genannten Parametern standen für 153 Eutheria-Arten aus 87 Familien und 17 Ordnungen zur Verfügung.





Peter Langer, Jahrgang 1942. Nach der Schulzeit in Wedel und Uetersen/ Holstein Studium der Biologie in Hamburg, Marburg und Kiel; dort Studienabschluss und Promotion zum Dr. rer. nat. Seit 1972 Mitarbeiter von Prof. Dr. Dr. Hans-Rainer Duncker am Institut für Anatomie der Justus-Liebig-Universität Gießen. Studienaufenthalte in Südafrika, USA, Australien und England. Habilitation für das Fach Humananatomie und Ernennung zum apl. Professor. Sein Hauptarbeitsgebiet ist die vergleichende Anatomie des Verdauungstraktes von Säugetieren.

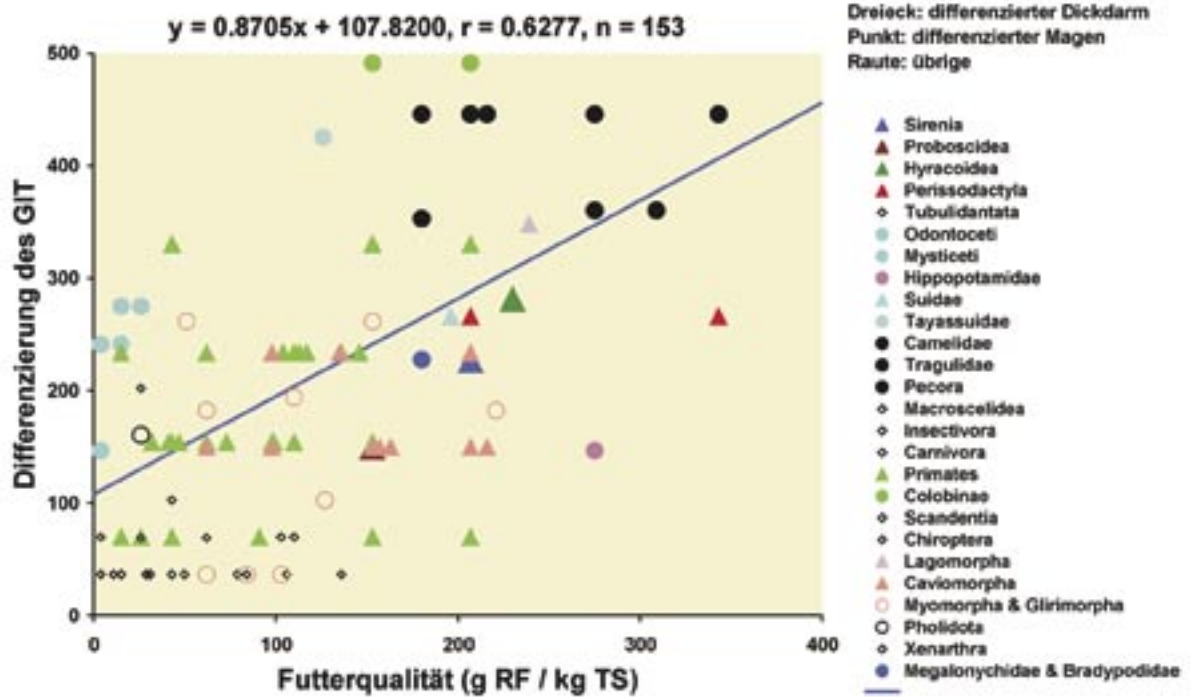


Abb. 1: Beziehungen zwischen Futterqualität (ausgedrückt als Gramm Rohfaser pro Kilogramm Trockensubstanz) und der Differenzierung des Verdauungstraktes (GIT, ausgedrückt als Summe der Spezifitäten für die einzelnen anatomischen Eigenschaften). Die auf der rechten Seite aufgeführten Säugetiergruppen haben folgende deutsche Namen: Sirenia: Seekühe; Proboscidea: Rüsseltiere (Elefanten); Hyracoidea: Klippschliefer; Perissodactyla: Unpaarhufer; Tubulidentata: Röhrenzähler (Erdferkel); Odontoceti: Zahnwale; Mysticeti: Bartenwale (Odontoceti plus Mysticeti bilden die Säugetierordnung der Wale, Cetacea); Hippopotamidae: Flusspferde; Suidae: Schweine; Tayassuidae: Pekaris oder Neuweltschweine; Camelidae: Kamele; Tragulidae: Hirschferkel; Pecora: Wiederkäuer mit Geweih oder Hörnern; Macroscelidea: Rüsselspringer oder Elefantenspitzmäuse; Insectivora: Insektenfresser; Carnivora: Raubtiere; Primates: Herrentiere (ohne Schlankaffen); Colobinae: Schlankaffen; Scandentia: Spitzhörnchen; Chiroptera: Fledermäuse; Lagomorpha: Hasentiere; Caviomorpha: Meerschweinchen-Verwandte; Myomorpha & Gliriorpha: Mäuse- und Bilch-Verwandte; Pholidota: Schuppentiere; Xenarthra: Nebengeltiere (Ameisenbären und Gürteltiere); Megalonychidae & Bradypodidae: Faultiere.

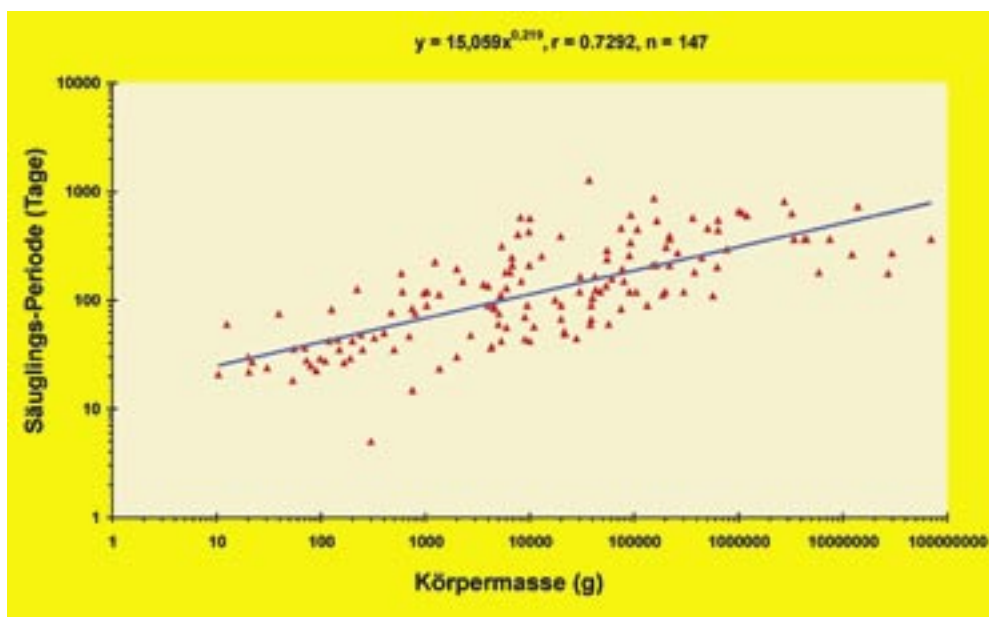


Abb. 2: Beziehungen zwischen der Körpermasse (in Gramm) und der Länge der gesamten Säuglings-Periode (in Tagen).

Neben diversen anderen Quellen bot die Publikation von Hayssen et al. (1993) die Hauptmasse der Informationen zu den Lebensdaten.

Ernährungsphysiologische Belastung der Mutter

Nicht nur die Trächtigkeits- oder Schwangerschaftsentwicklung, auch die Säuglingsperiode stellt für die Mutter eine beträchtliche ernährungsphysiologische Belastung dar: Einen Teil der von ihr mit der Nahrung aufgenommenen Energie, sowie u.U. auch vor der Geburt angesammelte Reserven, werden in die Versorgung der Jungtiere investiert. Zu dem Zeitpunkt, an dem die mütterliche Energielieferung in Form von Milch nicht mehr ausreicht, muss das Jungtier noch vor Ende der Laktationszeit durch das

Festfutter eine zusätzliche Energiequelle erschließen (Ofstedal & Gittelman, 1989).

Futterqualität und anatomische Differenzierung des Verdauungstraktes

Die Futterqualität wurde mit Hilfe von Angaben aus der Literatur und von Futterwert-Tabellen für landwirtschaftliche Nutztiere in Gramm Rohfaser pro Kilogramm Trockenmasse näherungsweise quantifiziert. Rohfaser enthält einen Teil der Gerüstsubstanzen von Pflanzen, wie Zellulose und Lignin. Je höher der Rohfasergehalt der Nahrung ist, umso geringer ist ihre ernährungsphysiologische Qualität, da dann die für das Säugetier leicht aufschließbaren Bestandteile „verdünnt“ vorliegen.

Es wurde versucht anatomische Differenzierungen ebenfalls zu quantifizieren. Differenzierungen, welche nur bei wenigen Arten auf-

treten, haben eine hohe Spezifität, weit verbreitete dagegen eine niedrige. Die Spezifität charakterisiert den Differenzierungsgrad des Gastrointestinaltraktes. In der Mehrzahl der Fälle treten Dickdarm- und Magen-Differenzierungen alternativ auf.

Steigt der Rohfasergehalt der Nahrung (Futterqualität sinkt), ist eine Zunahme der Differenzierung des Gastrointestinaltraktes zu beobachten (Abb. 1). Es muss hier aber darauf hingewiesen werden, dass es Säugetiergruppen gibt, welche praktisch keine pflanzliche Nahrung – und damit auch keine Rohfaser – aufnehmen, die aber dennoch einen hoch komplexen Verdauungstrakt besitzen. Die Wale (Cetacea) sind ein treffendes Beispiel hierfür (Langer, 2001). Bei den Bartenwalen (Mysticeti), welche chitinhaltiges Plankton fressen, ist der mikrobielle Abbau dieses Kohlenhydrates noch unzureichend untersucht.



Körpermasse, Säuglings- und Mischfutter-Periode

Die Länge der Säuglingsperiode (Abb. 2) und die Periode, in der sowohl Milch wie auch Festfutter aufgenommen wird, die so genannte Mischfutter-Periode (Abb. 3), stehen in engem Zusammenhang mit

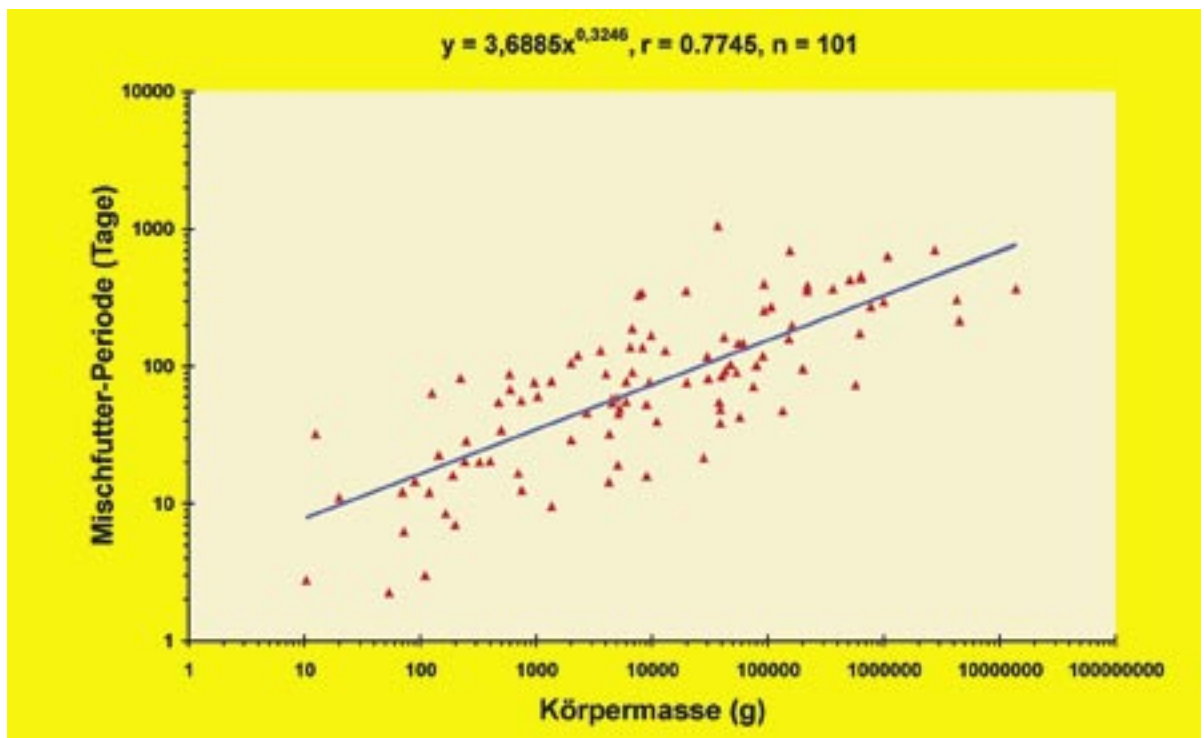


Abb. 3: Beziehungen zwischen der Körpermasse (in Gramm) und der Länge der Periode, in welcher gleichzeitig Milch und Festfutter aufgenommen wird (in Tagen).

der mittleren Körpermasse des Erwachsenen der betreffenden Säugtierart. Eine entsprechende enge Beziehung besteht nicht zwischen Körpermasse und der Nur-Milch-Periode.

Die relative Länge der Nur-Milch-Periode und die Mischfutter-Periode, beide bezogen auf die Länge der Laktationszeit, können außerordentlich variieren. Innerhalb der Paarhufer mit Geweihen oder Hörnern (Pecora) zeigt die Mehrzahl der Rinder-Verwandten eine sehr kurze Nur-Milch-Periode und eine relativ lange Mischfutter-Periode, bei den Hirschen und den amerika-

nischen Gabelböcken ist die relative Länge der Nur-Milch-Periode länger. Innerhalb der Nagetiere (Rodentia), bei denen die Laktation und Säuglings-Periode – verbunden mit der geringen Körpermasse – sehr kurz ist, finden wir ähnlich bemerkenswerte Unterschiede: Die Meerschweinchen-Verwandten (Caviomorpha) nehmen nur relativ kurze Zeit ausschließlich Milch auf und fressen während eines großen Teils der Säuglingsperiode Mischfutter, die Mäuse (Myomorpha) und Bilche, z.B. Siebenschläfer (Glirimorpha), hingegen nutzen nur einen geringen Teil (unter 50%) ihrer Säuglingsperiode zur Aufnahme von Mischfutter.

Futterqualität und relative Länge der Mischfutter-Periode

Steigt der Rohfasergehalt der Nahrung an, verlängert sich die relative Mischfutter-Periode, ausgedrückt in Prozenten der Säuglingszeit (Abb. 4). Dabei ist festzustellen, dass bei einem Rohfasergehalt von mehr als 250 g Rohfaser/kg Trockensubstanz Spezies mit differen-

ziertem Magen vorherrschen, und andererseits die Mehrzahl der Affen (grüne Dreiecke), welche einen wenig differenzierten Magen, doch einen komplexen Dickdarm besitzen, ein Futter mit weniger als 200 g Rohfaser/kg Trockensubstanz fressen. Die Schlankaffen (Colobinae) (grüne Punkte) andererseits nehmen ein Futter mit höherem Rohfasergehalt auf und fressen relativ lange Mischfutter, sie ergänzen also die Milch durch feste Nahrung.

Anatomische Differenzierung und relative Länge der Mischfutter-Periode

Es wurde schon oben gezeigt (Abb. 1), dass gesteigerter Rohfasergehalt der Nahrung mit einer verstärkten Tendenz zur Differenzierung des Verdauungstraktes gekoppelt ist. Diese Differenzierung wiederum ist verbunden mit einer Verlängerung der relativen Länge – bezogen auf die gesamte Säuglingszeit – der Mischfutter-Periode (Abb. 5). Arten mit starker Differenzierung des Verdauungstraktes und relativ langer Mischfutter-Periode werden repräsentiert durch

JUSTUS-LIEBIG-
UNIVERSITÄT
GIESSEN

apl. Prof. Dr. Peter Langer

Institut für Anatomie und Zellbiologie
Aulweg 123
35385 Gießen
Tel.: 0641/99-47103
Fax: 0641/99-47009

E-mail: Peter.Langer@anatomie.med.uni-giessen.de

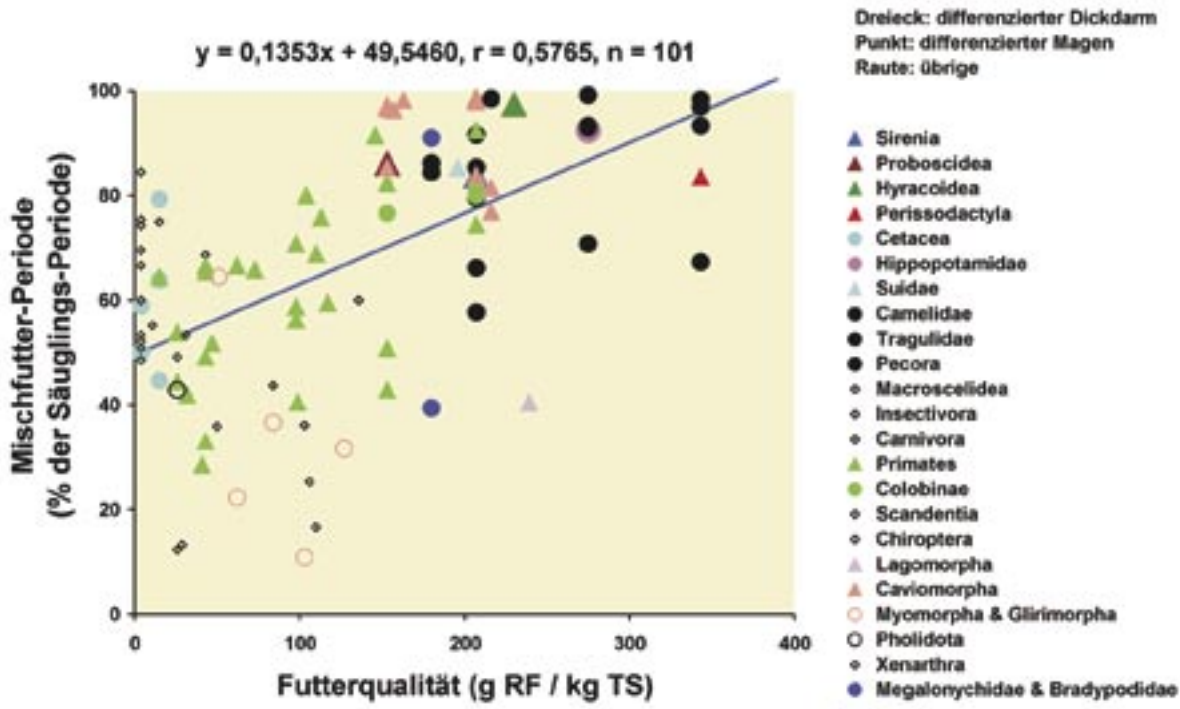


Abb. 4: Beziehungen zwischen Futterqualität (ausgedrückt als Gramm Rohfaser pro Kilogramm Trockensubstanz) und der Periode, in welcher gleichzeitig Milch und Festfutter aufgenommen wird (ausgedrückt in Prozenten der Gesamtlänge der Säuglings-Periode). Die deutschen Namen der auf der rechten Seite aufgeführten Säugetiergruppen finden sich in der Bildunterschrift zu Abb. 1.

Wiederkäuer (Rumiantia), Schlangaffen (Colobinae) und Pekarier (Tayassuidae).

Zusammenschau

Bei der Betrachtung der Beziehungen zwischen Körpermasse, Futterqualität (Rohfasergehalt), Differenzierungen des Gastrointestinaltraktes und der Säuglingsperiode (Laktationszeit) ist zu beachten, dass große Säugetierarten eine längere Säuglingsperiode benötigen und auch eine längere Mischfutter-Periode aufweisen als kleine Arten. Die relative Länge der Mischfutter-Periode, bezogen auf die Gesamtlänge der Säuglingsperiode, steht in Beziehung zur Futterqualität und zur anatomische Differenzierung des Verdauungstraktes, nicht hingegen die absolute Länge der Zeit, in welcher Mischfutter aufgenommen wird. Auf diese zunächst verwirrend erscheinende Tatsache wird im nächsten Abschnitt kurz eingegangen. Futterqualität und morphologische Differenzierung des Verdauungstraktes beeinflussen also

die Unterteilung der Säuglingszeit in eine Periode der reinen Milchaufnahme und in eine zweite Periode, in der zusätzlich Festfutter aufgenommen wird.

Werden die Daten (Abb. 6) für die Differenzierung des Verdauungstraktes, für den Gehalt des

Futters an Rohfaser (geringe Differenzierungen repräsentiert durch kleine Dreiecke, starke Differenzierungen durch große Dreiecke; geringer Gehalt an Rohfaser rot markiert, hoher Gehalt grün markiert) und die relative Länge der Mischfutter-Periode (bezogen auf die Ge-



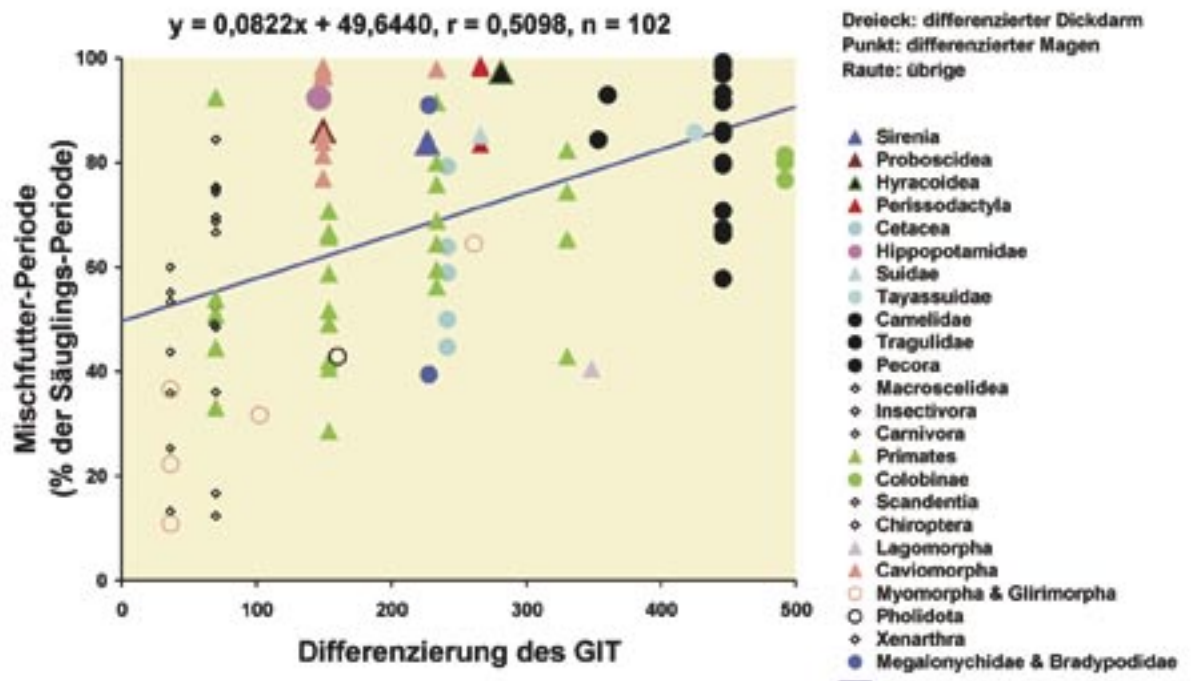


Abb. 5: Beziehungen zwischen der Differenzierung des Verdauungstraktes (GIT, ausgedrückt als Summe der Spezifitäten für die einzelnen anatomischen Eigenschaften) und der Periode, in welcher gleichzeitig Milch und Festfutter aufgenommen wird (ausgedrückt in Prozenten der Gesamtlänge der Säuglings-Periode). Die deutschen Namen der auf der rechten Seite aufgeführten Säugetiergruppen finden sich in der Bildunterschrift zu Abb. 1.

samtlänge der Säuglingszeit) zusammengestellt, dann fallen Säugetierarten auf, welche in einem wenig differenzierten Verdauungstrakt Nahrung mit geringem Rohfasergehalt verwerten, dabei aber eine Mischfutter-Phase aufweisen, die mehr als die Hälfte der Säuglingszeit ausmacht. Bei diesen Arten handelt es sich um Vertreter der Bären (Ursidae), Hunde (Canidae), Hyänen (Hyaenidae) und Katzen (Felidae), alles Fleischfresser, bei welchen die Jungtiere den eigenen Beuteerwerb besonders langfristig „trainieren“ müssen.

Absolute und relative Länge der Mischfutter-Periode

Warum sind der Rohfasergehalt des Futters und die Differenzierung des Gastrointestinaltraktes mit der relativen Länge der Mischfutterzeit eng verbunden, nicht hingegen mit deren absoluter Länge? Die Zeit, welche für die Säugeperiode in Anspruch genommen wird, ist eine Phase der völligen und später teil-

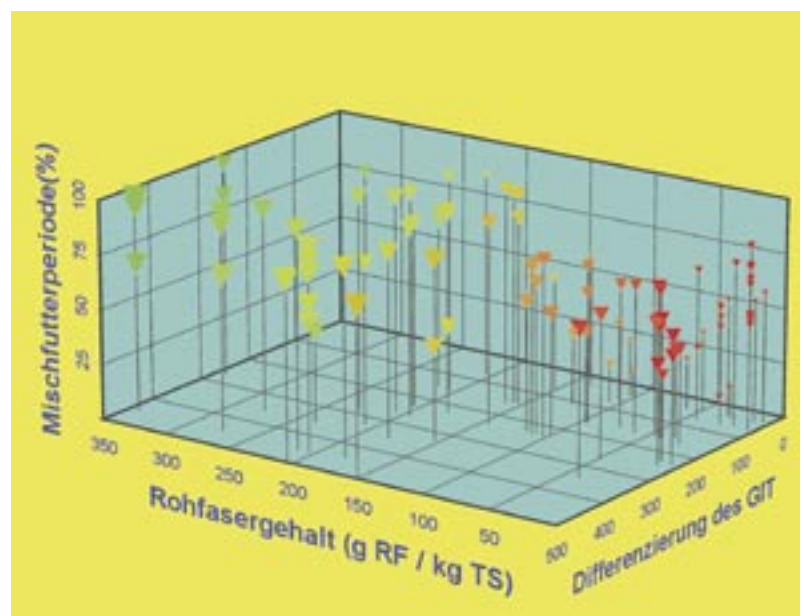


Abb. 6: Zusammenstellung der Daten für die Futterqualität (ausgedrückt als Gramm Rohfaser pro Kilogramm Trockensubstanz), die Differenzierung des Verdauungstraktes (GIT, ausgedrückt als Summe der Spezifitäten für die einzelnen anatomischen Eigenschaften) und für die Periode, in welcher gleichzeitig Milch und Festfutter aufgenommen wird (ausgedrückt in Prozenten der Gesamtlänge der Säuglings-Periode). Geringe anatomische Differenzierung wird durch kleine, starke Differenzierung durch große Dreiecke repräsentiert. Geringer Gehalt an Rohfaser ist rot markiert, hoher Gehalt grün.

weisen Abhängigkeit des Jungtieres von der Mutter, oder – anders ausgedrückt – eine Zeit, in welcher die Mutter auch nach Beendigung der Trächtigkeit weiterhin nicht nur Energie in die Nachkommen zu investieren hat, sondern auch für deren Immunkompetenz zu sorgen hat.

Die Unterteilung der Säuglingszeit in eine Nur-Milch- und in eine Mischfutter-Periode kann beeinflusst werden durch die Qualität des Futters und durch den Grad der Differenzierung des Verdauungstraktes: Steht der Mutter während der Säugezeit nur minderwertiges Futter mit hohem Rohfaseranteil und daher geringem Protein- und Fettanteil zur Verfügung, kann sie in eine ernährungsphysiologisch defizitäre Lage geraten. So hat zum Zeitpunkt, an dem die Aufnahme von Festfutter beginnt, die Milch einen besonders niedrigen Trockenstoff- und Energiegehalt (Ofte-

dal, 1985, Oftedal & Gittleman, 1989). Wenn ihr Nachwuchs möglichst früh mit der Aufnahme von Festfutter beginnt, die Mischfutterperiode also relativ lang ist, werden die Anforderungen an die Mutter vermindert, und sie kann einen größeren Teil der von ihr aufgenommenen Nährstoffe für sich selbst verwenden und den Nachwuchs längere Zeit mit Milch ernährungsphysiologisch unterstützen.

LITERATUR

- Hayssen, V., van Tienhoven, A., van Tienhoven, A. (1993): *Asdell's patterns of mammalian reproduction. A compendium of species-specific data.* – Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca & London.
- Langer, P. (1988): *The mammalian herbivore stomach. Comparative anatomy, function and evolution.* – Gustav Fischer Verlag, Stuttgart & New York.
- Langer, P. (2001): *Evidence from the digestive tract on phylogenetic relationships in ungulates and whales.* – Journal

of Zoological Systematics and Evolutionary Research 39, 77 – 90.

- Oftedal, O. T. (1985): *Pregnancy and lactation.* – In: Hudson, R. J., White, R. G. (eds.): *Bioenergetics of wild herbivores.* CRC Press, Boca Raton, Florida, 215 – 238.
- Oftedal, O. T., Gittleman, J. L. (1989): *Patterns of energy output during reproduction in Carnivores.* – In: Gittleman, J. L. (ed.): *Carnivore behavior, ecology, and evolution.* Chapman and Hall, London, 355 – 378.

Die absolute Länge der Säuglingszeit wird hingegen nach den Bedürfnissen des Jungtieres bestimmt: Ausreichend Zeit zur Einübung von Nahrungserwerb und Feindvermeidung muss verfügbar gemacht werden. Antikörper zur Schaffung passiver Immunität werden durch die Milch übertragen, und mütterliche Immunglobulin-seziernde Zellen steigern die Immunkompetenz des Jungtieres. •