

# TIERERNÄHRUNG

## ZOOSCHULE HANNOVER



*...echt anders!*



# INHALTSVERZEICHNIS

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	2
<b>EINLEITUNG</b> .....	3
<b>SACHINFORMATION</b> .....	4
Tierfutter im Zoo.....	4
Fütterungen.....	6
Futtermittel und Nährstoffzusammensetzung.....	7
Wie fressen Tiere?.....	12
Nahrungstypen.....	13
Nahrungstypen im Erlebnis-Zoo Hannover – Beispiele.....	21
Jarman-Bell-Prinzip.....	26
Richtlinien und Grundlagen der Tierernährung.....	27
<b>UNTERRICHTSANREGUNGEN UND MATERIALIEN</b> .....	28
Affen fressen (fast) keine Bananen (1).....	29
Affen fressen (fast) keine Bananen (2).....	30
Wovon ernähren sich diese Tiere?.....	31
Zusammenhang zwischen Nahrung und Gebissform.....	32
Was ist drin im Futter?.....	33
Wie funktioniert ein Wiederkäuermagen?.....	34
Vergleich des Verdauungssystems verschiedener Wirbeltiere.....	35
Wie nehmen Tiere Nahrung auf? Eine Beobachtungsaufgabe.....	36
Der Vogelschnabel – ein vielseitiges Werkzeug.....	37
Klimawandel durch Kühe (1).....	38
Klimawandel durch Kühe (2).....	39
Ökologische Einnischung von Lemuren auf Madagaskar.....	40
Evolution von Säugetiermägen.....	41
Jarman-Bell-Prinzip.....	42
<b>LÖSUNGEN</b> .....	43
<b>LINKS</b> .....	49
<b>QUELLEN</b> .....	52
Abbildungsverzeichnis.....	52
Literaturverzeichnis.....	53



Abb. 1: Kleiner Panda (*Ailurus fulgens*)



Abb. 2: Weißschwanz- Stachelschwein (*Hystrix indica*)

## EINLEITUNG

Um zu überleben, müssen Tiere immer wieder Nahrung aufnehmen. Sie beziehen daraus Energie für ihre Lebensaktivitäten sowie Stoffe, die sie für den Erhalt ihres Körpers, das Wachstum und die Fortpflanzung benötigen. Die Beschaffung, Aufnahme und Verwertung von Nahrung ist eine der grundlegenden Überlebensfähigkeiten von Tieren überhaupt und so nutzen sie artspezifisch jede Chance und jede sich bietende Nährstoffquelle. Im Laufe der Evolution haben sich entsprechend viele Tierformen herausgebildet, die nur im Zusammenhang mit ihrer Ernährungsweise erklärbar sind. Typische Beispiele im Zoo sind Tiger, die Beute machen, Giraffen als typische Blattfresser oder Flamingos, die sich von Kleinstlebewesen ernähren.

Unsere Erfahrungen aus vielen Unterrichtsgängen zu diesem Thema haben gezeigt, dass Schüler\*innen oft nur geringe Bezüge zu unverarbeiteter Nahrung besitzen. Sie begegnet ihnen zuhause oder im Supermarkt oft nur in verarbeiteter, konfektionierter Form. Deshalb wird in diesem Themenheft zunächst ein Überblick über verschiedene Futtermittel und ihre Eigenschaften gegeben. Es geht also zunächst um das Kennenlernen von unterschiedlicher Nahrung. In diesem Zusammenhang wird die besondere Verantwortung der Zoologischen Gärten für das Wohl der Tiere betont, ohne dass jedoch Futtermittelkunde betrieben oder auf einzelne Futterpläne genauer eingegangen werden kann.

Ein Zoo ist ein künstliches System. Originales Futter – wie in der Natur – steht aus verständlichen sowie tierschutz- und artenschutzrechtlichen Gründen meist nicht zur Verfügung. Es ist uns ein Anliegen zu zeigen, welche Anstrengungen der Erlebnis-Zoo Hannover unternimmt, um auch mit Einsatz von verschiedenen Ersatzfuttermitteln die Bedürfnisse der Tiere zu befriedigen und sie so gesund zu erhalten.

Die Vielfalt der in der Natur vorkommenden Ernährungsweisen ist so groß, dass eine strukturgebende Typisierung notwendig ist. Die Konzentration auf Pflanzenfresser, Fleischfresser und Allesfresser – wie wir Menschen – ermöglicht einen ersten Einstieg in das Thema. In einem zweiten Schritt werden folglich typische Vertreter einer Ernährungsweise (Nahrungstypen) vorgestellt. Hieran lassen sich Struktur-Funktions-Zusammenhänge gut erarbeiten. Das gilt sowohl für die Körpergestalt und -details, als auch für die Ausprägung ihres Verdauungssystems: Zähne/ Schnäbel, Mägen und Darmsysteme.

Die Art der Nahrungsaufnahme von Zootieren entspricht im Wesentlichen der ihrer Artgenossen in der Natur. Sie ist ein sehr häufig zu beobachtendes Verhalten und bietet gute Ansatzmöglichkeiten für vertiefende Beobachtungen und vergleichende Analysen. In Ergänzung zu Originalbegegnungen sind im Anhang die Links für viele Videoclips beigefügt, die gezielte Beobachtungen auch im Unterrichtsraum ermöglichen.

Ökologische, physiologische und evolutionsbiologische Fragestellungen stehen im Mittelpunkt der Unterrichts Anregungen, die für Schüler\*innen der Sekundarstufe II gedacht sind. Dass auf der Erde und im Ökosystem alles mit allem verknüpft ist, zeigt die Methanproblematik am Beispiel der Rinderhaltung. Es ist als Unterrichtsbaustein für Globales Lernen bzw. Bildung für nachhaltige Entwicklung konzipiert.

Stehen im Zoo die unmittelbar beobachtbaren und erlebbaren Phänomene im Vordergrund, sind die Arbeitsmaterialien in erster Linie zur Nachbereitung und Sicherung eines Unterrichtsganges gedacht. Wir hoffen, dass sie eine Bereicherung Ihres Unterrichts darstellen.

Für Rückfragen, Verbesserungsvorschläge und Kritik steht Ihnen das Team der Zooschule – wie immer – gerne zur Verfügung. Über jede Art eines Feedbacks freuen wir uns.

# SACHINFORMATION

## TIERFUTTER IM ZOO

Nahrung setzt sich aus Wasser und Trockensubstanz zusammen. Die Trockensubstanz besteht aus Mineralien und organischer Materie, die in Zellen enthalten sind. Wird die organische Substanz sehr stark erhitzt, bleibt die Rohasche übrig. Diese enthält neben Mineralstoffen meist auch anorganische Verunreinigungen.

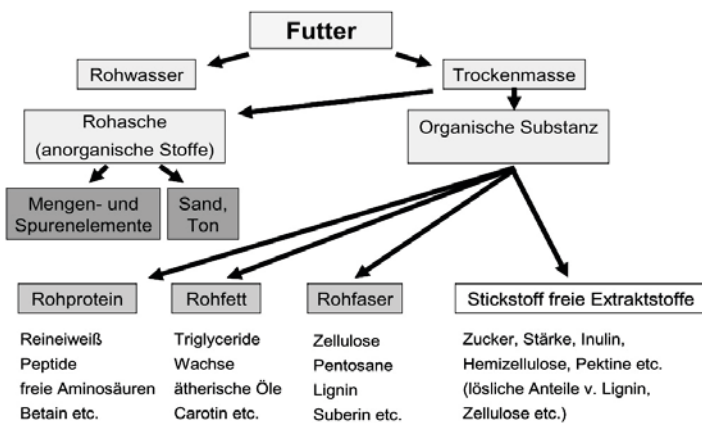


Abb. 3: Bestandteile von Futtermitteln

Tier- und Pflanzenzellen unterscheiden sich. Pflanzenzellen besitzen Zellwände, die den tierischen Zellen fehlen. Sie bestehen aus Cellulose, Polyphenolen, Lignin, Suberin und Polysacchariden, die in tierischen Geweben nicht vorkommen. Inhaltsstoffe des Zellinhaltes selbst sind Eiweiße, Fette, Kohlenhydrate, stickstoffhaltige Komponenten und Vitamine. Einen Überblick über verschiedene Zelltypen zeigt die Abb. 4.

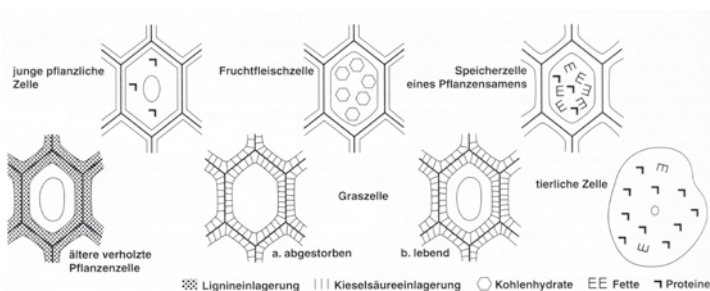


Abb. 4: Typischen Zellen in Futtermitteln

Die Beschaffung, Lagerung und Verteilung des Futters im Zoo ist eine komplizierte, arbeitsintensive Aufgabe. Die daran beteiligten Mitarbeiter des Zoos sind ein eingespieltes Team von erfahrenen Spezialisten. Sie tragen eine hohe Verantwortung für die Gesundheit der Tiere.

Der Zoologische Leiter, die Kuratoren und Tierärzte stellen sicher, dass alle Tiere optimal ernährt werden. Für jede Tierart haben sie einen Futterplan entwickelt, der regelmäßig überprüft und nach Möglichkeit verbessert wird. Futterpläne werden aufgrund des Allgemeinzustandes des Tieres oder des Alters angepasst. Hinzu kommen neue wissenschaftlichen Erkenntnisse und Entwicklungen der Industrie. Ein Beispiel aus dem Erlebnis-Zoo ist in Abb. 5 angegeben.

## GÜRTELTIER

Grundfutterplan (Tagesbedarf pro Tier)

Produkt	Menge	Bemerkung
Gemüse, gekochtes Ei, gekochte Kartoffeln gekochter Reis Trockene Mischung (Katzen- und Hundefutter, Körner, Insektenfutter, Arapellets) Insekten Küken, Mäuse Obst Fleisch mit Knochen, Meerschweinchen	ca. 160 g gesamt	Hauptsächlich zur Beschäftigung  Gelegentlich Gelegentlich Stark reduziert Sehr selten, FmKn. 1 – 3 x jährlich
Mettbällchen	Wenig, täglich für Training	Reduzierte Menge zu früher, kleinere Bällchen, nur zu Training und Show, nicht Beschäftigung
Quark	2 – 3 x wöchentlich	tierisches Eiweiß wg. weniger Mett
Keimfutter	1 TL pro Tier	täglich
Straußenei gebraten (Rührei), Rohes Ei (Huhn, Strauß)		gelegentlich
Hirse		gelegentlich
Mariendistel (Rascave heparen®)	1/3 TL/beide	täglich
Biotin	¼ Teelöffel	wichtig für Panzer
Heilerde	¼ Teelöffel	wichtig für die Verdauung
Davinova T	¼ Teelöffel	täglich
Kanavit VIT K	1 Tropfen	3 x wöchentlich, wichtig für Blutgerinnung
Trinkwasser Tee / Saft		Tag und Nacht zur freien Verfügung gelegentlich

Beschäftigung: Wiegen, Training, Show, Auslauf, Besucherkontakt, Pflegerkontakt, Artgenossen, Beschäftigungsfutter, Röhren, Höhlen, verschiedene Futterbehälter, Duftstoffe

Abb. 5: Futterplan für Gürteltiere

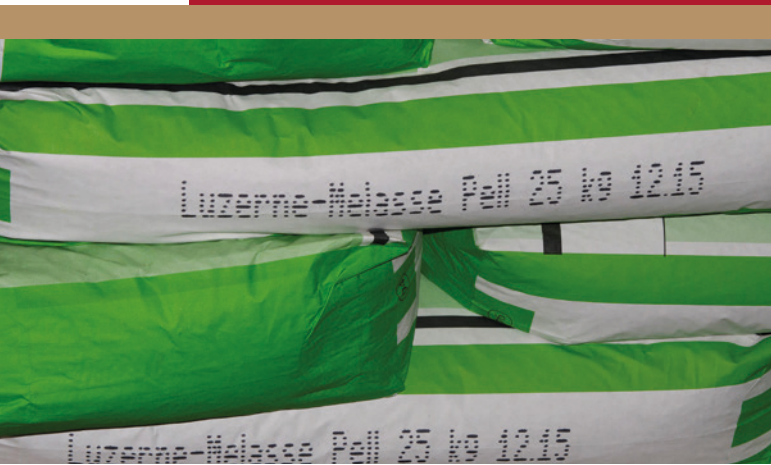


Abb. 6: Luzerne-Pellets sind ein industriell gefertigtes Ersatzfutter



Tierfutter im Zoo ist mit der Ernährung der Tiere in der Natur nicht immer identisch. Akazienblätter für Giraffen beispielsweise können aus wirtschaftlichen Gründen nicht bereitgestellt werden, auch wäre es aus ökologischer Sicht nicht vertretbar. Das Verfüttern von lebenden Wirbeltieren an Fleischfresser verbietet das Tierschutzgesetz. Zoos setzen deshalb vielfach Ersatzfuttermittel ein. Diese werden entweder selbst zubereitet oder es werden von der Futtermittelindustrie speziell konfektionierte Mischungen eingesetzt (Abb. 6).

Die Futtermittel werden zentral im sogenannten Magazin sowie in kleineren Mengen in den einzelnen Revieren gelagert. Die Mitarbeiter\*innen des Magazins organisieren den Einkauf, sorgen für den einwandfreien Zustand des Futters und nach einem bewährten Plan für die Verteilung an die einzelnen Reviere.

Am Ende der Kette stehen die Tierpfleger\*innen, die jeden Tag das Futter neu kontrollieren, aufbereiten und es, oft individuell abgestimmt, an die jeweilige Tierart verfüttern. Sie überwachen täglich, wie gut die Tiere das Futter aufnehmen und informieren ggf. die Zoologen\*innen und die Tierärzte\*innen.

## FÜTTERUNGEN

Im Erlebnis-Zoo sind häufig kommentierte Tierfütterungen zu sehen. Es wird entweder ein wenig Beschäftigungsfutter in die Anlage gegeben (z.B. bei Antilopen, Elefanten, Giraffen oder Löwen) oder Futter wird den Tieren zugeworfen (z.B. bei Spitzmaulnashörnern, Flusspferden, Gorillas, Rosapelikanen, Eisbären und Wölfen). Diese Art der Nahrungsaufnahme hat zwar wenig mit der Situation in der Natur zu tun, doch die Tiere akzeptieren sie, da sie eine willkommene Bereicherung ihres Alltags sind. Die Tiere fordern die Tierfütterungen sogar zur gewohnten Zeit ein. Für ältere Schüler\*innen sind diese Fütterungen eine gute Gelegenheit erste Informationen über die Tiere zu sammeln und sich in

ihr Verhalten bei der Nahrungsaufnahme einzusehen. Die genauen Fütterungszeiten finden Sie im jeweils aktuellen Zooplan.


Unkommentierte Fütterungen laufen im Hintergrund ab. Es gibt mehrere Methoden:








- Tierpfleger\*innen geben das vorbereitete Futter zu festgesetzten Zeiten u.a. in Schalen in die Anlage (z.B. Reptilien).
- In der Anlage wird Beschäftigungsfutter verteilt (z.B. Primaten, Antilopen oder Gürtelvaris).
- Es werden Futterautomaten bestückt, aus denen die Tiere das Futter heraus angeln (z.B. Gorillas und Schimpansen).
- Futter ist ständig auf der Anlage und die Tiere können bei Bedarf fressen (z.B. Flamingos, Meer-schweinchen, Präriehunde).

Das Hauptfutter bekommen die großen Säugetiere nach den Besuchszeiten hinter den Kulissen im Stall. Dort hat jedes Tier, eine Mutter-Kind-Gruppe oder eine (Klein-)Gruppe eine große Box im Stall. So kann der Tierpfleger das Futter individuell portionieren und kontrollieren, ob der Appetit des Tieres gesund ist. So wird Stress zwischen den Tieren vermieden und die notwendigen hygienischen Bedingungen können leichter eingehalten werden. Die Boxen werden jeden Tag sorgfältig gereinigt, was in den Außenanlagen so nicht möglich wäre. Der Zeitpunkt der Futtergabe entspricht oft auch des natürlichen Verhaltens der Tiere. So fressen Flusspferde erst in der Nacht, wenn sie in der Natur das Wasser verlassen, um an Land zu grasen. Auch Löwen jagen bevorzugt in der Dämmerung oder in der Nacht. Wasser ist für alle Tiere immer vorhanden.



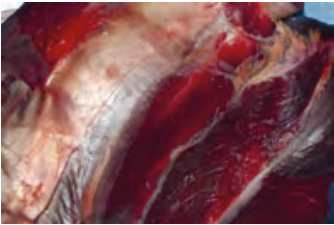


## FUTTERMITTEL UND NÄHRSTOFFZUSAMMENSETZUNG






Die genaue Zusammensetzung der verschiedenen von der Industrie produzierten Futtermittel und des vor Ort hergestellten Mischfutters (Kraft-, Saft-, Beschäftigungsfutter) kann an dieser Stelle nicht angeführt werden, doch zeigt schon der im Folgenden gegebene Überblick der grundlegenden Futtermittel (Ausgangsstoffe) den Umfang der im Zoo vorgehaltenen Futtermittel.

<p><b>Stroh</b></p> 	<p>Halme und Blätter von ausgedroschenem Getreide, meist Weizen. Stroh ist sehr cellulosehaltig und wird meist für die Einstreu in den Anlagen eingesetzt, dient aber auch als nährstoffarmes, rohfaserreiches Futtermittel für einige Unpaarhufer (Somali-Wildesel) und Paarhufer (Addax). Es wird in großen Mengen im Zoo vorgehalten.</p>
<p><b>Luzerne</b></p> 	<p>Blattfresser – wie Spitzmaulnashorn und Giraffe – erhalten Luzerne in „Bioqualität“. Der blattreiche Schmetterlingsblütler, künstlich getrocknet – dient als eiweiß- und vitaminreicher Ersatz für Strauch- und Baumblätter dient. Luzerne wird auch in pelletierter Form verfüttert.</p>
<p><b>Heu</b></p> 	<p>Wiesengras, das durch Trocknung konserviert wurde. Heu kommt vor allem in der kalten Jahreszeit anstelle von Gras zum Einsatz, da es sehr gut lagerfähig und portionierbar ist. Es hat einen angenehmen Geruch und wird von Pflanzen- oder Allesfressern gerne genommen (s.o.).</p>
<p><b>Gras</b></p> 	<p>Süßgräser und Kräuter, die auf Wiesen geschnitten und in frischem Zustand angeliefert werden. In der warmen Jahreszeit wird Gras als Massenfutter für Huftiere, Elefanten, Flusspferde, Haustiere usw. eingesetzt, da es eine ausgewogene Mischung aus Kohlenhydraten, Eiweiß, Vitaminen und Rohfasern enthält und von den Tieren gerne gefressen wird. Hierzu wird in der Saison mehrmals die Woche ein großer Anhänger von einem Kontraktlandwirt angeliefert, hinter den Kulissen aufbereitet und dann verfüttert.</p>
<p><b>Blätter, Äste und Zweige</b></p> 	<p>Gerne genommenes Futter für viele Wiederkäuer. Das frische, möglichst blattreiche Geäst stammt entweder aus dem Rückschnitt im Zoo oder wird zugekauft. Im Sommer werden Blätter gesammelt und tiefgefroren, sodass sie Nahrungsspezialisten auch im Winter zur Verfügung stehen. Bambus ist in großen Mengen im Zoo als Nahrungsgrundlage für den Kleinen Panda angepflanzt. Baumrinde ist wichtig für die Abnutzung der Zähne bei Arten, deren Schneidezähne ständig nachwachsen.</p>

<p><b>Quetschhafer</b></p> 	<p>Ungeschälter Hafer, der durch zwei gegeneinander drehende Rollen so gequetscht wird, dass das Korn aufgebrochen wird. Er hat einen hohen Rohfaseranteil und alle Vitamine und Mineralstoffe bleiben erhalten. Quetschhafer ist aufgrund seines hohen Stärkeanteils wichtiger Bestandteil des Kraftfutters z.B. für Huftiere.</p>
<p><b>Getreide</b></p> 	<p>Meist Mais und Weizen. Es sind in erster Linie Kohlenhydratträger und dienen als Kraftfutterbeigabe für nahezu alle Pflanzenfresser. Zusammen mit Haferflocken wird es auch als Beschäftigungsfutter z.B. bei Primaten eingesetzt.</p>
<p><b>Nüsse</b></p> 	<p>Erd-, Hasel-, Walnüsse o.ä. sind vor allem aufgrund ihres hohen Eiweiß- und Fettgehaltes wertvolle Bestandteile im Mischfutter (z.B. Präriehunde, Rothörnchen). Sie werden z.B. bei Primaten auch als Beschäftigungsfutter genutzt.</p>
<p><b>Sonnenblumenkerne</b></p> 	<p>Sehr fett-, protein- und vitaminhaltige Samen der Sonnenblumen. Sonnenblumenkerne sind ein wichtiger Bestandteil in Misch- oder Beschäftigungsfutter.</p>
<p><b>Beschäftigungsfutter</b></p> 	<p>Eine Mischung aus Mais, Weizen, Sonnenblumenkernen und weiteren Sämereien. Wichtig ist hierbei in erster Linie nicht der Nährwert, sondern dass die Tiere das Futter gerne aufnehmen. Es wird einfach auf dem Boden der Anlage verteilt, sodass die Tiere, z.B. Primaten, jedes einzelne Korn einzeln aufnehmen müssen. Sie sind so lange Zeit mit der Futtersuche beschäftigt; im Idealfall solange wie sie im Freiland nach Futter suchen würden.</p>
<p><b>Backwaren</b></p> 	<p>Meist altbackende Brote, die als kohlenhydrathaltiges Zusatzfutter bei großen Pflanzenfressern verfüttert werden. Wichtig ist – wie in allen anderen Fällen – dass ihr hygienischer Zustand einwandfrei ist.</p>
<p><b>Flamingopellets</b></p> 	<p>Schwimmfähiges Spezialfutter für Flamingos, bestehend aus Fischmehl, Weizen, Mais, Luzernegrünmehl und einer Mineralienmischung. Angereichert mit den Vitaminen A, C, D<sub>3</sub> und E. Enthält keine Konservierungsstoffe. Das industriell hergestellte Ersatzfutter für Plankton ist problemlos bei der Dosierung und Fütterung.</p>



<p><b>Obst und Gemüse</b></p> 	<p>Mengenmäßig spielen hier Karotten und besonders Äpfel eine bedeutende Rolle. Sie werden zur Erntesaison in großen Mengen gekauft und dann bis zum Einsatz in Kühlräumen gelagert. Mehrmals pro Woche kauft der Zoo auf dem Großmarkt saisonales Obst und Gemüse ein. So kommen leicht über 30 verschiedene Sorten zusammen, mit denen den Tiere (z.B. Primaten) ein sehr vielfältiges Nahrungsangebot gemacht werden kann, das an die Nahrungsquellen in der Natur heranreicht. Je nach Sorte sind die Inhaltsstoffe des Saftfutters sehr unterschiedlich konzentriert (s. Tabelle 2). Die Tierpfleger*in haben darüber sehr detaillierte Kenntnisse (z.B. Solanin- oder Zuckergehalt) und verfüttern entsprechend.</p>
<p><b>Honig</b></p> 	<p>Viele Tiere fressen gerne – so wie wir – Süßes. Sie haben damit aber auch die gleichen Probleme, z.B. Zahnprobleme, da Honig sehr reich an Zuckern ist. Honig wird deshalb – ähnlich wie Rosinen – nur sehr restriktiv im Zusammenhang mit Enrichment-Maßnahmen gegeben.</p>
<p><b>Fleisch</b></p> 	<p>Verfüttert wird in erster Linie Rindfleisch. Hierzu werden Rinderhälften aus dem Schlachthof bezogen. Schweinefleisch wird überhaupt nicht gegeben, da es mit dem Aujeszky-Virus infiziert sein könnte, der für viele Raubtiere tödlich ist. Fleisch wird an Raubtiere und Aasfresser (z.B. Marabu) verfüttert. Allesfressende Affen erhalten tierische Proteine in Form von Eiern, Milchprodukten oder Insekten. In seltenen Fällen (z.B. für Eisbären) wird das Fleisch gekocht, bevor es verfüttert wird. Es ist so leichter verdaulich.</p>
<p><b>Ganzkörperfutter</b></p> 	<p>Ratten, Mäuse, weniger Meerschweinchen oder Kaninchen, werden als Ganzkörperfutter für kleinere Fleischfresser sowie für Schlangen eingesetzt. Sie werden in der Regel tiefgefroren angeliefert und vor der Verfütterung aufgetaut. Zudem werden auch die im Zoo lebenden domestizierten Tiere wie Meerschweinchen, Schafe und Ziegen im Zoo sachkundig- und tierschutzgerecht geschlachtet und verfüttert.</p>
<p><b>Geflügel</b></p> 	<p>Verfüttert werden in erster Linie Eintagsküken. Das sind männliche Küken, die bei der Geflügelproduktion aus Rentabilitätsgründen aussortiert und getötet wurden. Abnehmer sind Vögel (z.B. Eulen und Störche) und viele andere kleinere Fleisch- bzw. Allesfresser. Geflügel ist – wie Fleisch – besonders eiweißhaltig.</p>

<p><b>Fische</b></p> 	<p>In großen Mengen werden tiefgefrorene Fische in Blöcken bezogen, die im Zoo in speziellen Tiefkühl-Containern gelagert und für den täglichen Bedarf jeweils aufgetaut werden. Verfüttert werden sowohl Meeresfische wie Lodden, Heringe und Makrelen an Robben und Pinguine, aber auch z.B. an Eisbären und Wölfe, sowie Süßwasserfische, wie Rotfedern, die an die Pelikane verfüttert werden. Fische sind besonders fetthaltig.</p>
<p><b>Insekten</b></p> 	<p>Diese werden von der Futtermittelindustrie lebend bezogen. In großen Mengen gekauft werden Mehlwürmer (Larven des Mehlkäfers), die z.B. an viele Vögel, Erdmännchen und kleine Affen verfüttert werden. Heimchen bzw. Heuschrecken dienen als Nahrungsbestandteil für einige Reptilien. Insekten sind ein wertvolles Futtermittel, da es sehr eiweiß- bzw. fetthaltig ist.</p>
<p><b>Vitamine</b></p> 	<p>Vitamine können von den Tieren meist nicht selbst synthetisiert werden. Da sie essentiell notwendig sind, müssen sie mit der Nahrung aufgenommen werden. Um Hypovitaminosen zu vermeiden, werden deshalb regelmäßig Vitaminmischungen zum Futter gegeben.</p>
<p><b>Mineralstoffe und Spurenelemente</b></p> 	<p>Die wichtigsten Mineralstoffe sind Magnesium-, Phosphor-, Calcium-, Kalium- und Natriumverbindungen. Sie sind z.B. notwendig für Knochenaufbau, Energiefreisetzung oder den Elektrolythaushalt. Mineralstoffe werden dem Futter deshalb regelmäßig beigegeben. Spurenelemente werden nur in winzigen Mengen benötigt. Es sind Eisen-, Zink-, Selen-, Fluorid-Verbindungen usw., die sehr viele Stoffwechselfvorgänge im Tierkörper steuern.</p>
<p><b>Salze</b></p> 	<p>Jedes Tier benötigt Salze. Im Freiland werden sie aus verschiedenen Quellen aufgenommen, z.B. aus Salzlecken oder Böden. Im Zoo werden Salze unterschiedlicher Zusammensetzung in Form von Lecksteinen angeboten. Salze sind essentiell für viele spezielle Funktionen wie die Weiterleitung von Nervenimpulsen und sie sind Bestandteil vieler Enzyme. Durch sie wird das osmotische Milieu in den Zellen und damit der Wasserhaushalt reguliert.</p>

Einen Überblick über die Nährstoffzusammensetzung häufiger Futterpflanzen und -tiere geben die Tabellen 2 und 3. NDF\*- und ADF\*-Wert sind Angaben, die sich auf den Rohfaseranteil im pflanzlichen Tierfutter beziehen.

\* Neutral Detergent Fiber (NDF): Unlösliche Fraktion nach dem Kochen eine Futterprobe in neutraler Reinigungslösung. Der NDF-Wert zeigt in etwa den Gesamtrohfasergehalt des Futtermittels an. Er ist negativ korreliert mit der Trockenmasseaufnahme eines Tieres.

\*\* Acid Detergent Fiber (ADF): Der ADF-Wert repräsentiert die Zellwandanteile des Futters, die aus Cellulose, Kieselsäure, Lignin und unlöslichen Stickstoffverbindungen bestehen. Je höher der ADF-Wert, desto mehr nimmt die Verdaulichkeit des Futters ab.

Tab. 2: Nährstoffzusammensetzung (%-Trockensubstanz) von verschiedenen Futterpflanzen

Art	Trockensubstanz [%]	Rohprotein [% TS]	NDF* [% TS]	ADF** [% TS]	Kalzium [% TS]	Phosphor [% TS]
Apfel	12,8	2,3	17,4	12,6	0,04	0,06
Karotten	12,2	32,5	19,3	24,7	1,43	0,58
Blätter	36,5	16,6	57,2	40,5	1,36	0,14
Früchte	23,7	7,0	53,8	35,2	0,64	0,16
Blumen	25,1	14,4	50,6	35,8	0,49	0,3
Grünkohl	12,3	32,5	19,3	24,7	1,43	0,58
Grüne Bohnen	10,7	17,9	28,0	25,1	0,57	0,44

Tab. 3: Nährstoffzusammensetzung (%-Trockensubstanz) von verschiedenen Futtertieren

Art	Trockensubstanz [%]	Rohasche [% TS]	Rohprotein [% TS]	Rohfett [% TS]	Kalzium [% TS]	Phosphor [% TS]
Kaninchen	28,1	9,4	63,5	15,3	2,35	1,68
Ratte (adult)	34,0	15,7	59,7	23,6	4,0	1,8
Huhn	33,0	8,2	67,9	16,8	1,7	0,9
Atl. Hering	27,7	8,1	45,4	34,0	1,7	1,3
Span. Makrele	33,8	5,2	33,5	41,5	1,2	1,1
Mehlwurm	36,1	k.A.	48,4	41,7	0,07	0,6
Grille	29,9	k.A.	66,1	17,3	0,18	0,86

Beide Tabellen verändert nach Kleffner (2008).

## WIE FRESSEN TIERE?

Das Fressverhalten von Tieren kann man im Zoo häufig beobachten. Ausnahmen sind z.B. Schlangen oder einige Katzen, die ausschließlich hinter den Kulissen gefüttert werden. Die Art ihrer Futterraufnahme entspricht im Wesentlichen der in der Natur. Sie genau zu beobachten ist sehr interessant. Manche Tiere schlürfen ihre Nahrung auf, andere sammeln sie mit ihren Lippen oder reißen sie mit den Schneidezähnen ab. Manche Tiere (Primaten, Nagetiere, Kleiner Pandas) nehmen ihre Hände zu Hilfe und halten die Nahrung fest oder ergreifen sie. Viele Tierarten weisen spezielle, gut sichtbare Körpermerkmale auf, die die Nahrungsaufnahme erst ermöglichen bzw. sehr erleichtern, z.B.:

- Rüssel des Elefanten
- Greifzunge der Giraffe
- „Finger“ am Maul des Spitzmaulnashorns
- Rüssel von Schweinen
- Bewegliche Lippen bei Pferden und Zebras
- Spezielle Schnabelformen bei Vögeln
- Spezielle Mäuler bei Schlangen

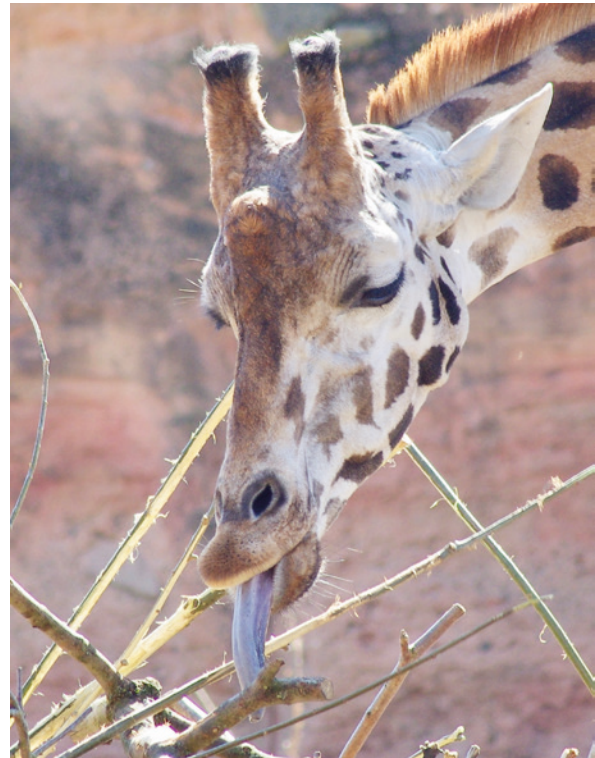


Abb. 8: Greifzunge der Rothschild-Giraffe  
(Giraffa camelopardalis rothschildi)



Abb. 7: „Finger“ am Maul eines Spitzmaulnashorns  
(Diceros bicornis michaeli)



Abb. 9: Bewegliche Lippen beim Grant-Steppenzebra  
(Equus quagga boehmi)



Abb. 10: Spezielle Schnabelform des Von-der-Decken-Tokos (*Tockus deckeni*)

Im Verborgenen bleiben oft die wichtigsten Werkzeuge bei der Nahrungsaufnahme, die Zähne. In Abhängigkeit von der Nahrung haben sich typische Gebissformen entwickelt. Diese werden im folgenden Kapitel näher erläutert.

## NAHRUNGSTYPEN

In der Natur verwerten Tiere artspezifisch nahezu alle erreichbaren Nahrungsquellen. Manche nutzen eine große Vielzahl verschiedener sich bietender Nahrungsquellen, man spricht von Generalisten. Andere gehen bei der Futterwahl sehr selektiv vor, es sind Nahrungsspezialisten. Dabei kann bei einer Art das Nahrungsspektrum in Abhängigkeit vom Habitat und Ernährungszustand des Tieres sehr unterschiedlich sein. Reine Pflanzenfresser nehmen mit ihrer Nahrung immer einen gewissen Anteil an kleinen Tieren (v.a. Wirbellose) auf, wie umgekehrt reine Fleischfresser in kleinen Mengen auch Pflanzen fressen und sei es nur, indem sie den Darminhalt ihrer Beute verzehren und so an wertvolle Vitamine und Mineralstoffe gelangen. Um einen ersten Überblick zu erhalten, hat sich eine Einteilung der Tiere in Nahrungstypen bewährt. Im Folgenden werden relevante Gruppen, die im Erlebnis-Zoo Hannover vertreten sind, vorgestellt und jeweils anhand eines Beispiels vertieft.

### Fleischfresser (Karnivoren)

Fleischfresser nehmen den Großteil oder sogar alle Nährstoffe aus Futter tierischen Ursprungs auf. Sie

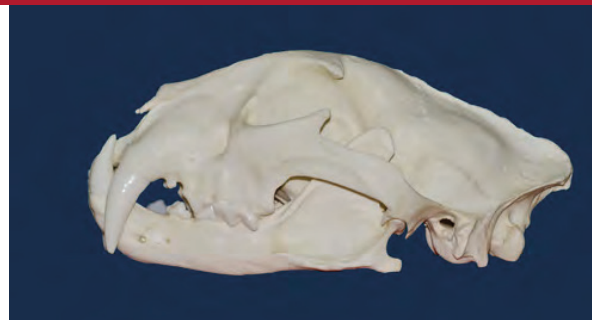


Abb. 11: Schädel eines Löwen



Abb. 12: weiblicher Berberlöwe (*Panthera leo leo*)

haben vor allem das Problem an die Nahrung heran zu kommen. In einem evolutiven Wettlauf verbesserten Fleischfresser zwar einerseits ihre Jagdtechniken immer weiter, doch entwickelten Beutetiere auch immer wieder verbesserte Vermeidungstechniken. Beispiele für reine Fleischfresser finden sich in allen Wirbeltierklassen. Aus der Klasse der Amphibien sind es Aga-Kröten, bei den Reptilien vor allem Schlangen und Krokodile, Weißstörche und Eulen sind typische Vogelvertreter und bei den Säugetieren ernähren sich z.B. Löwen, Tiger und andere Katzen ausschließlich von Fleisch.

Raubtiere verfügen über ein spezialisiertes Raubtiergebiss und eine große Mundspalte. Sie haben nach vorne stehende Augen, sodass Entfernungen gut abgeschätzt werden können. Die Beute wird entweder mit den scharfen Krallen gehalten (Katzen) oder mit der langen Schnauze (Hundeartige) ergriffen. Getötet wird entweder durch Prankenschläge (Großbären) oder mit den Fangzähnen. Die Reißzähne wirken wie eine Brechschere. Damit schneidet ein Raubtier Fleischstücke ab oder zerbeißt Knochen. Die Schneidezähne dienen zum Abzupfen des Fleisches vom Knochen.

Die Verdaulichkeit von Fleisch ist sehr gut, der Magen von Fleischfressern ist entsprechend einfach gebaut, jedoch oft sehr dehnbar, sodass auch große Mengen bei einer Mahlzeit aufgenommen und gespeichert werden können. Bei einem Tiger sind es bis zu 35 kg. Es sind oft sogenannte Seltenfresser, denn nicht jeden Tag kann Beute gemacht werden. Gärkammern - wie bei Pflanzenfressern - fehlen. Die Darmlänge ist kurz, Blinddärme fehlen oder sind klein.

## Aasfresser (Nekrophagen)

Die Ernährung von Tierkadavern zeigt viele Übergänge zu der Ernährung von Fleisch. Die meisten Fleischfresser nehmen auch frisch verstorbene Tiere als Nahrung. Reine Aasfresser sind vor allem Insekten, doch ernähren sich auch viele Vögel ausschließlich oder wenn sich die Gelegenheit bietet, auf diese Weise. Heimische Beispiele sind Rabenkrähen oder Elstern, im Zoo sind es Marabus und Weißkopfseeadler. Ihr Seh- oder Geruchssinn bzw. ihre Fähigkeit, ohne großen Energieaufwand große Flächen absuchen zu können, erleichtern das Auffinden der Kadaver. Sie haben zudem Körpermerkmale, die das Aufreißen der Tierkörper erleichtern und eine Resistenz gegen eine hohe bakterielle Belastung entwickelt. Bei den Reptilien benutzen verschiedene Schildkrötenarten ebenfalls Aas als Nahrungsquelle, wenn es sich anbietet. Es gibt keine Säugetiere, die sich ausschließlich von Aas ernähren.



Abb. 13: Schädel eines Marabus



Abb. 14: Afrikanischer Marabu (*Leptoptilos crumenifer*)

## Insektenfresser (Insektivoren)

Eine besondere Form der Karnivoren sind die Insektivoren, die sich überwiegend von Insekten sowie Spinnentieren, Skorpionen, Ringelwürmern etc. ernähren. Da die Nahrung klein, in der Regel sehr verteilt und nur mit einem hohen Aufwand erbeutet werden kann, sind die Vertreter dieses Nahrungstyps (nicht der gleich lautenden Säugetierordnung!) nie groß. Eine Ausnahme stellen z.B. Erdferkel und Ameisenbären dar, die auf staatenbildende Insekten spezialisiert sind. Insekten sind auf der anderen Seite sehr gut verwertbare Kost. Nur dadurch gelingt es vielen sehr kleinen Tieren ihren hohen Stoffumsatz zu decken. Beispiele aus dem Zoo

sind Korallenfingerlaubfrosch (Amphib), Madagaskar-Taggecko (Reptil), Blauracke (Vogel) und Erdmännchen (Säugetier).



Abb. 15: Schädel eines Erdmännchens

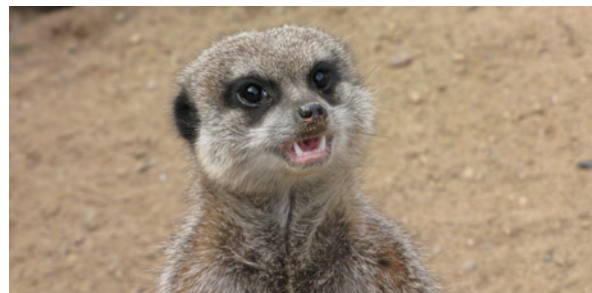


Abb. 16: Erdmännchen (*Suricata suricatta*)

## Fischfresser (Piscivoren)

Fischfresser haben in ihrem Lebensraum das gleiche Problem an Nahrung zu kommen wie Fleischfresser an Land. Dies führte auch bei ihnen zu einem hohen Grad der Anpasstheit. Bei pelagisch lebenden Tieren sind dies vor allem ein stromlinienförmiger Körper, Antriebsmechanismen, die eine hohe Geschwindigkeit und Wendigkeit im Wasser ermöglichen sowie leistungsfähige Sinnesorgane. So sind Pinguine pfeilschnelle und sehr wendige Taucher, die ihre Beute vor allem optisch mit ihren großen Augen erfassen und selber durch die schwarz-weiße Gegenkontrastierung gut getarnt sind. Rosapelikane, als weiterer typischer Vertreter der Piscivoren, unternehmen Gemeinschaftsjagden, indem sie die Fische zusammentreiben und dann mit ihrem langen Schnabel und dem großen Kehlsack nach Fischen keschern. Bei Robben erfolgt das Aufspüren der Beute vor allem mit Hilfe ihrer langen Vibrissen, die feinste Strömungen wahrnehmen können. Sie besitzen die Fähigkeit erstaunlich tief und lange zu tauchen. Das Gebiss der Wasserraubtiere ist anders aufgebaut als das der Landraubtiere. Da ihre Extremitäten dem Antrieb oder der Steuerung dienen und eine flossenartige Form besitzen, ergreifen sie ihre Beute direkt mit den Zähnen und schlucken sie unzerkaut ab. Ein ausgeprägter Eckzahn fehlt meist, die Backenzähne sind spitz und weisen Lücken zwischen einander auf. Sie dienen nur zum Festhalten der Beute. Im Zoo teilen sich Kegelrob-

ben, Nördliche Seebären und Kalifornische Seelöwen eine große Anlage.



Abb. 17: Schädel einer Kegelrobbe



Abb. 18: Kegelrobbe (*Halichoerus grypus*)

### Allesfresser (Omnivoren)

Allesfresser sind Nahrungsgeneralisten und meist auch Nahrungsopportunisten, d.h. sie fressen ganz unterschiedliche Nahrung – pflanzliche und tierische – und zwar diejenige, welche sie mit dem geringsten Energieaufwand erreichen können. Im Jahresverlauf schwankt ihre Diät folglich sehr. Typische Beispiele im Erlebnis-Zoo Hannover sind aus der Gruppe der Säugetiere Waschbären, Schimpansen, Schweine und Drills. Bei den Reptilien sind es z.B. Bartagamen und Blaulungenskins und bei den Vögeln alle Laufvögel, Kronenkraniche und Perlhühner. Vorteile dieser Ernährungsform sind eine geringere Anfälligkeit für Hungersterblichkeit, die Möglichkeit einer weiten Verbreitung und eine höhere Populationsdichte als bei spezialisierten Tiergruppen. Drills knabbern mit ihren Schneidezähnen Nahrungsteile ab. Die Eckzähne dienen besonders bei den Männchen als Waffe. Damit können jedoch auch Nahrungsteile zerbissen werden. Die Backenzähne haben eine ähnliche Funktion wie bei Pflanzenfressern. Sie zerreiben Nahrung. Entsprechend ihrer Nahrung liegt die Komplexität des Magen-Darm-Traktes zwischen denen der Fleisch- und Pflanzenfresser. Die meisten Allesfresser besitzen einen einfachen, ungekamerten Magen, der kleiner ist als der von Fleischfressern, einen kurzen Dünndarm und einen gut entwickelten Dickdarm mit Blinddarm. In diesen Bereich kann eine Fermentation pflanzlicher Nahrung erfolgen.



Abb. 19: Schädel eines Drills



Abb. 20: Männlicher Drill (*Mandrillus leucophaeus*)

### Pflanzenfresser (Herbivoren)

Pflanzen sind als Nahrung häufig verfügbar und so stellen Pflanzenfresser bei weitem die größte Tiergruppe. Aufgrund von eingelagerten Stoffen bzw. Giften oder morphologischen Abwehrstrukturen oder geringem Gehalt energetisch nutzbarer Stoffe ist die Verdauung von Pflanzen oft ein langwieriger Prozess und erfordert besondere Strukturen im Verdauungstrakt. Da herbivore Tiere oft weit vorne in der Nahrungskette stehen und einem hohen Feinddruck ausgesetzt sind, ist der Körperbau der Tiere immer ein Kompromiss zwischen einer optimalen Ernährung und einer leistungsfähigen Überlebensstrategie gegenüber Beutegreifern.

Im Folgenden stehen Säugetiermerkmale im Vordergrund, doch finden sich auch pflanzenfressende Reptilien (z.B. Spinnen- und Spaltenschildkröten) und Vögel (z.B. Schwimmenten und Gänse) im Erlebnis-Zoo Hannover.

Pflanzenfressende Säugetiere besitzen oft einen verlängerten Schädel, sodass Raum für ein ausgeprägtes Gebiss bleibt. Ihre Augen stehen seitlich und hoch am Kopf, sodass auch beim Fressen potentielle Gefahren früh erkannt werden können. Es sind entweder Fluchttiere, die mithilfe langer, schlanker Beine hohe Geschwindigkeiten erreichen können, kleine Tiere, die sich im Unterholz verstecken oder sehr große und wehrhafte Tiere, wie Nashorn, Flusspferd, Giraffe oder Elefant. Ihre Zähne sind in der Regel hochkronig (hypsodont) mit verhältnismäßig kurzen bzw. offenen Wurzeln.

Breite Schneidezähne werden zum Abschneiden der Pflanzen benutzt. Bei vielen Pflanzenfressern wachsen sie kontinuierlich nach. Die Eckzähne sind oft reduziert oder fehlen bei Weibchen ganz. Zahnfreie Abschnitte sind in diesem Kieferbereich häufig (Abb. 21). Vorbakenzähne (Prämolaren) und Backenzähne (Molaren) bilden geschlossene Kauleisten, mit denen die Nahrung durch transversale Kaubewegungen zermahlen wird. Der Kauvorgang ist hinsichtlich Intensität, Dauer und ausgeführter Bewegung arttypisch.

### Gras- und Blattfresser



Abb. 21: Schädel einer Giraffe



Abb. 22: Rothschild-Giraffe  
(*Giraffa camelopardalis rothschildi*)

Entsprechend der Häufigkeit des Nahrungsangebotes bilden Blattfresser, die sogenannten Browser (z.B. Spitzmaulnashorn, Giraffe, Kleiner Panda, Gorilla, Hulmanlangur) und Grasfresser, die sogenannten Grazer (z.B. Flusspferd, Springbock, Zebra), die Hauptgruppen der Herbivoren. Mischtypen sind ebenfalls häufig (z.B. Impala, Elenantilope). Andere Tiergruppen (z.B. Asiatische Elefanten) fressen alle erreichbaren Pflanzenteile. Kralenaffen (z.B. Springtamarin oder Zwergseidenäffchen) sind auf spezielle Pflanzenbestandteile (wie z.B. Baumsäfte) spezialisiert.

Blätter und Gräser haben unterschiedliche Eigenschaften, an die Pflanzenfresser angepasst sind (s. Tab. 5).

Gräser haben einen höheren Gehalt an Silikaten, welche gemeinsam mit Staubkontaminationen auf der Nahrung die Abnutzung der Zähne erhöhen. Grasfresser besitzen in der Regel höherkronige Molaren als Laubfresser. Die Qualitätsunterschiede zwischen Blättern und Stängel sind bei Graspflanzen gering, sodass Grazer oft ein breites Maul haben und die Nahrung nicht selektiv aufnehmen.

Die Verdauung des Pflanzenmaterials stellt die Tiere vor besondere Herausforderungen. Hervorzuheben ist hier die Cellulose, ein faserbildendes Polysaccharid, das in hohen Anteilen als Struktursubstanz in den Zellwänden von Pflanzenzellen vorkommt (Abb. 23). Sie besteht aus Glucose-Molekülen, die durch  $\beta$ -glycosidische Bindungen verknüpft sind, während es bei Stärke  $\alpha$ -glycosidische Bindungen sind. Während Stärke der wichtigste Kohlenhydratspeicher von Pflanzen ist, kann Cellulose nicht durch körpereigene Enzyme aufgeschlossen werden.

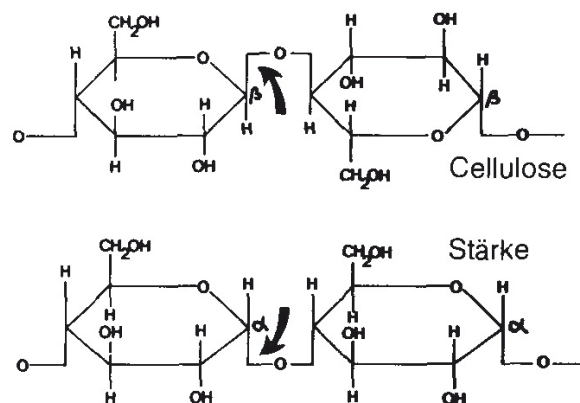


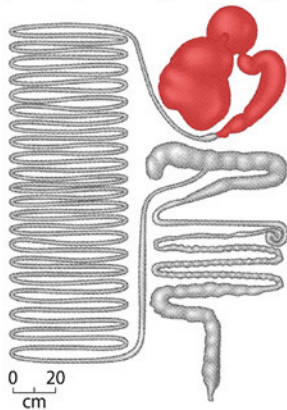
Abb. 23: Ausschnitt aus Cellulose- und Stärkemolekülen

Die pflanzenfressenden Säugetiere sind entweder Nichtfermentierer und nutzen somit nur einen geringen Teil der in Pflanzen enthaltenen energetisch nutzbaren Stoffe oder sie sind Fermentierer, d.h. sie erschließen die Cellulose durch endosymbiotische Mikroorganismen (Bakterien und Einzeller), die sich in großen Gärkammern im Körperinneren befinden und die Pflanzenteile anaerob verstoffwechseln.

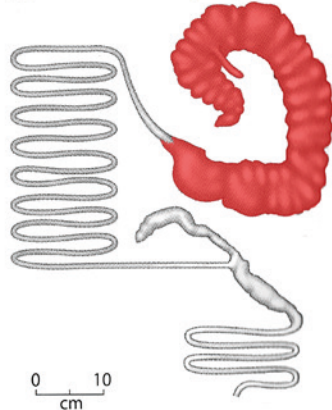
Zur Verdauung der Nahrungspartikel haben sich in einer parallelen Entwicklung unterschiedliche Typen von Gärkammern und Verdauungsstrategien entwickelt (Abb. 24).



1. Schaf: Vormagenfermentier (Pansen, Netzmagen und Magen)



2. Känguru: Vormagenfermentierer (große Teile des Magens)



3. Kaninchen: Blinddarmfermentierer (Blinddarm stark vergrößert)



4. Zebra: Blind- und Enddarmfermentierer (Blind- und Enddarm stark vergrößert)

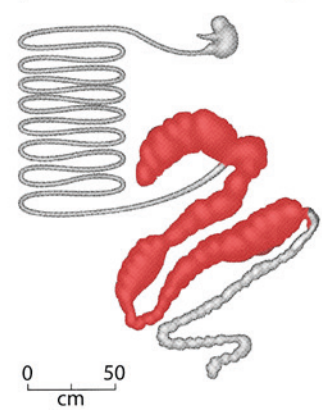


Abb. 24: Verdauungstrakte von Pflanzenfressern

### Vormagenfermentierer

Der Magen dieser Tiere ist mehrfach gekammert (Abb. 24). Die Gärkammer befindet sich vor dem eigentlichen Magen. Bei der Entwicklung eines gekammerten Magens kam es in verschiedenen Säugetierordnungen zu ähnlichen Entwicklungen (parallele Evolution) und so zählen Kamele, Flusspferde, Schlankaffen, Kängurus und Wiederkäuer zu den Vormagenfermentierern.

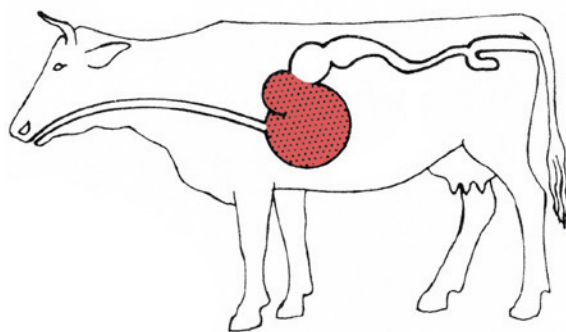


Abb. 25: Das Rind als Vormagenfermentierer



Abb. 26: Altdeutsche Schwarzbunte Niederungsrind (Bos taurus dom.)

Eine lange Verweildauer im Verdauungstrakt führt zu einer guten Nahrungsverwertung. Die Mikroorganismen werden effizient als Nahrungsquelle im nachfolgenden Dünndarm genutzt.

Die bekannteste Teilgruppe bilden die Wiederkäuer. Diese besitzen im Normalfall vier Vormägen: Schleudermagen, Pansen, Netzmagen, Blättermagen und einen Labmagen, der unserem Magen entspricht. Das Wiederkäuen erfordert eine lange Zeit und wird oft wiederholt. Bei manchen Tieren können über 100 Kaubewegungen pro Nahrungsballen gezählt werden. Auch das Auf- und Wiederabschlucken der Nahrung lässt sich bei verschiedenen Arten im Zoo gut beobachten (z.B. Alpakas, Schafe, Antilopen). Über die Vorgänge im Magen kann der Beobachter dagegen nur spekulieren. Anhand des Arbeitsblattes auf Seite 34 können die Schüler\*innen die komplexen Vorgänge jedoch modellhaft erarbeiten, in dem sie die Teilprozesse in den Mägen beschreiben.

Selbst in dieser Gruppe zeigen sich in Abhängigkeit von der Qualität der hauptsächlich aufgenommenen Nahrung morphologische und physiologische Differenzierungen (s. Tabelle 4). Diese führen dazu, dass das pflanzliche Nahrungsangebot eines Raumes, z.B. in den Savannen Afrikas, optimal und nachhaltig genutzt werden kann, indem die Tiere auf unterschiedliche Nahrungsquellen spezialisiert sind und konkurrenzarme Weidgemeinschaften bilden.

## Dickdarmfermentierer



Abb. 27: Schädel eines Zebras



Abb. 28: Zwei Grant-Steppenzebras  
(Equus quagga boehmi)

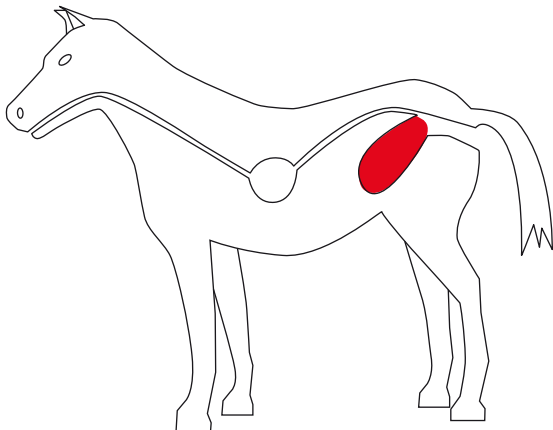


Abb. 29: Das Zebra als Dickdarmfermentierer

Zu den Dickdarmfermentierern zählen z.B. Pferdeartige, Nashörner und Elefanten. Die Gärkammer befindet sich hinter Magen und Dünndarm in einem stark erweiterten Dickdarm (Grimmdarm) und Blinddarm (Abb. 24). Die Bakterienmasse kann somit nicht genutzt werden und geht durch den Kot verloren. Die geringere Effektivität bei der Verstoffwechslung wird durch einen rascheren

Nahrungsdurchsatz kompensiert und die Fähigkeit mit qualitativ geringwertiger Nahrung wie trockenem Gras oder Holz zurechtzukommen.

## Blinddarmfermentierer mit Koprophagie

Hierzu zählen z.B. Hasenartige, Nagetiere und Koalas. Als Gärkammer dient ein stark vergrößerter Blinddarm (Abb. 24). Periodisch wird dessen Inhalt ausgeschieden und bei einigen Arten erneut gefressen (Koprophagie). Der Blinddarmkot ist reich an den Vitaminen B und K.



Abb. 30: Schädel eines Kaninchens



Abb. 31: Hauskaninchen (Oryctolagus cuniculus dom.)

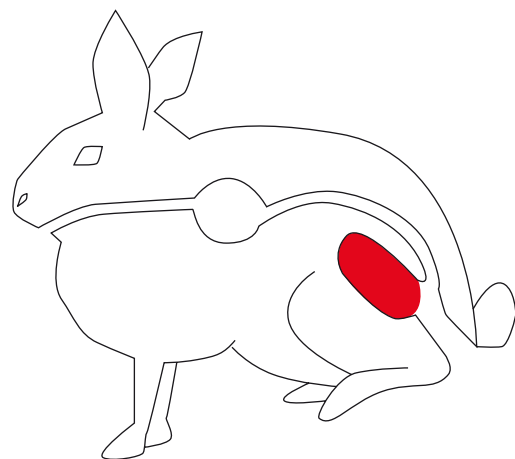


Abb. 32: Das Kaninchen als Blinddarmfermentierer  
mit Koprophagie

## Nichtfermentierer

Zu den Nichtfermentierern gehören z.B. der Kleine und der Große Panda. Cellulose und andere schwer verdauliche Pflanzenbestandteile werden nicht fermentiert, da entsprechende Gärkammern nicht ausgebildet sind. Nur leicht verdauliche Pflanzenteile können verwertet werden. Die Futtermittelnutzung ist also gering. Folglich müssen große Nahrungsmengen aufgenommen und schnell durch den Verdauungstrakt geschleust werden. Das ist nur dort möglich, wo – wie in den Bambuswäldern des Himalayas – große Mengen zur Verfügung stehen. Der Große Panda frisst bis zu 16 Stunden am Tag.



Abb. 33: Schädel eines Kleinen Pandas



Abb.34: Kleiner Panda (Ailurus fulgens)

Tab. 3: Typen von wiederkäuenden Hornträgern

	Konzentratselktierer/ Browser		Mischäser		Gras- und Raufutterfresser/ Grazer		
	vorwiegend Blüten- und Fruchtfresser	Blattfresser (Browser)	Vorwiegend Browser	Vorwiegend Gräser	Frischgras- fresser	Raufutter- fresser	Grazer in Trocken- räumen
Beispiel-Tierart	Rotducker	Bongo / Gerenuk	Elenantilope	Impala	Riedbock	Kaama	Addax
Trinken	Sehr selten	selten	selten bis regelmäßig		regelmäßig	regelmäßig	sehr selten
Ernährung	Stärke- und proteinreiche Zweikeimblättrige, Blätter, Früchte		Mischnahrung, je nach Verfügbarkeit der besten Nahrung. Opportunisten		+/- faser- und zellulosereiche Gräser Korbblütler		
Futteraufnahme	selektiv				selektiv bis nichtselektiv		
Cellulosegehalt	9 – 23 %				über 50 %		
Pansen	klein, einfach gebaut		je nach Nahrung um 30 – 40 % schwankende Größen		groß, gekammert, muskulös		
Blättermagen	gering entwickelt				groß: Absorption von Wasser und Nährstoffen		
Verweildauer im Pansen	kurz, Nahrung ist ungeschichtet				lang, Schichtung im Magen selektive Retention, gute Cellulosefermentation		
Nahrungsauf- nahme	häufig, Menge gering, kurze Wiederkauphasen		intermediär		selten, Pansen wird ganz gefüllt, lange Wiederkauphasen		
Darm- Verdauung	sehr wichtig (zweite Fermentation)		intermediär		von geringer Bedeutung		
Speicheldrüsen	sehr groß		schwankend		gering entwickelt		

Tabelle 4: Eigenschaften der Pflanzen Blätter und Gräser haben unterschiedliche Eigenschaften für verschiedene Wiederkäuergruppen.

Eigenschaften der Pflanzen	Pflanzentyp		Angepasstheit	
	Gras	Blätter	Grazer	Browser
Qualitätsunterschiede von Blättern und Stengel	klein	klein groß Maul schmal	Maul breit	
Silikatanteil (sehr hartes Mineral) in den Blättern	hoch	gering	Zähne hochkronig	Zähne niederkronig
enthaltenen Pflanzenabwehrstoffe (z.B. Tannine)	wenig	viel	wenige bindende Speichelproteine	viele bindende Speichelproteine
Unfermentierbarer Anteil	wenig	hoch	Lange Verweildauer im Verdauungstrakt	Kurze Verweildauer im Verdauungstrakt
Langsam fermentierender Anteil	sehr hoch	hoch		

### Fruchtfresser (Fruktivoren)



Abb. 35: Schädel Orang-Utan



Abb. 36: Sumatra Orang-Utan (Pongo abelii)

Früchte sind ein sehr wertvolles Nahrungsmittel, da sie zum einen meist nur einen geringen Celluloseanteil aufweisen, andererseits jedoch reich an Vitaminen, Fetten oder Kohlenhydraten sind. Sie sind in den seltensten Fällen die ausschließliche Nahrung von Tieren, da ihre räumliche Verbreitung meist dispers und ihr Vorkommen zudem zeitlich sehr eingeschränkt ist. Sie werden im Jahresverlauf entweder durch tierische Kost oder Blätter, Knospen, Nüsse und Baumsäfte ergänzt.

Idealer Lebensraum für Fruchtfresser sind tropische Regenwälder, da in ihnen ganzjährig Früchte zu finden sind. Reine Fruchtfresser sind vor allem Vögel. Bei den Säugetieren sind es z.B. viele Feuchtnasennaffen, Orang-Utans und Goldakutis. In den Regenwäldern Borneos und Sumatras sind Nährstoffe, speziell Proteine rar. Orang-Utans benötigen entsprechend große Reviere und genaue Kenntnisse darüber, welche Früchte wann an welchem Standort wachsen und reif zum Fressen sind. Dies erklärt die lange infantile und juvenile Phase ihres Lebens, in der sie sich diese Kenntnisse verschaffen (K-Strategie).

### Planktonfresser

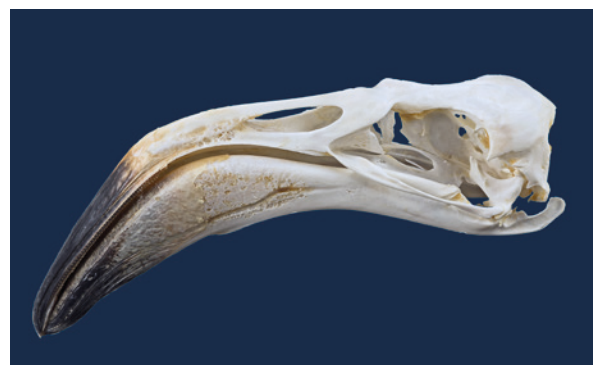


Abb. 37: Schädel eines Flamingos

Das größte Tier der Welt, der Blauwal, ist Planktonfresser und ernährt sich von Kleinkrebsen. Im Zoo gehören die Flamingos diesem Nahrungstyp an. Doch wird ihnen kein Plankton (Kleinkrebse, Algen) angeboten, sondern ein abgestimmtes Ersatzfutter, das sie gerne akzeptieren. Sie besitzen einen Reusenapparat. An den äußeren Rändern des Schnabels sitzen feine Lamellen. Sie funktionieren ähnlich wie ein Sieb: Beim Fressen schwingen



Abb. 38: Flamingo (*Phoenicopterus* sp.)

die Vögel ihren Schnabel kopfüber durchs Wasser und saugen dieses mithilfe der Zunge ein. Anschließend lassen sie das Wasser wieder aus dem halb geöffneten Schnabel laufen und fressen das, was in den Lamellen hängen geblieben ist. Dieses Verhalten kann auf der Anlage eindrucksvoll beobachtet werden.

### **Pilzfresser (Mykovoren)**

Blattschneiderameisen werden im Zoo hauptsächlich mit den Blättern von Brombeeren „ernährt“. In der Natur werden auch Blätter mit hohen Giftstoffanteilen genutzt. Die Ameisen schneiden die Blätter und tragen sie ins Nest, ernähren sich jedoch nicht von ihnen, sondern von einem Pilz den sie im dunklen und feuchten Milieu des Nestes mithilfe der Blätter vermehren (Abb. 39).



Abb. 39: Blattschneiderameisen (*Acromyrmex octospinosus*) auf Pilz

## **NAHRUNGSTYPEN IM ERLEBNIS-ZOO HANNOVER – BEISPIELE**

Im Folgenden werden drei Grundtypen aus den Bereichen der Pflanzen-, Alles- und Fleischfresser bezüglich ihrer Ernährung vorgestellt. Ziel dieser Informationen ist es in erster Linie Lehrer\*innen die Lage zu versetzen, auch ohne detaillierte Vorkenntnisse einen qualifizierten Unterricht vor den Tieren zum Basiskonzept Struktur und Funktion durchzuführen. In analoger Weise ist dies auch bei vielen anderen Tierarten möglich. Diese Informationen können auch als Ergebnissicherung und für die Nachbereitung eines Zoobesuches genutzt werden, indem z.B. die Futtermittel und Schädel der Tierarten miteinander verglichen werden.

### **Die Rothschild-Giraffe – ein Blattfresser**

Die Giraffe ist ein spezialisierter Blattfresser. Mit der Oberlippe und ihrer bis zu 50 cm langen Greifzunge, welche beide ausgesprochen beweglich sind, ergreift sie in der Natur selektiv Blätter und kleine Zweige. Unempfindliche Schleimhäute und ein dichter Haarfilz um den Mundbereich schützen das Tier vor den Stacheln der Akazien, ihrer Hauptnahrung. Der Kopf ist schmal und lang, sodass auch weiter hinten sitzende Blätter ergriffen werden können. Die Mundspalte ist – typisch für Pflanzenfresser – klein. Die Augen sitzen seitlich am Kopf, was die Rundumsicht der Fluchttiere deutlich verbessert.



Abb. 40: Rothschild-Giraffe (*Giraffa camelopardalis rothschildi*)



Abb. 41: Greifzunge

Eine Giraffe hat einen sehr langen Hals, der mit seinen sieben Wirbeln dennoch dem Grundbauplan der Säugetiere entspricht. Zusammen mit den sehr langen Beinen und einem zum Hals hin aufragenden Vorderkörper kann Nahrung bis in einer Höhe von sechs Metern erreicht werden. Kein anderes auf dem Boden lebendes Säugetier erreicht Nahrung in dieser Höhe. Die Giraffe ist diesbezüglich ohne Konkurrenz. Im Erlebnis-Zoo Hannover fressen die Giraffen von den auf der Anlage stehenden Bäumen, deren Zweige aus diesem Grund perfekt auf eine Länge gestutzt sind – so hoch die Giraffen eben die Blätter erreichen können. Die Höhe hat jedoch auch Nachteile. Wenn die Giraffe trinken will, muss sie entweder ihre Vorderbeine weit abspreizen oder einknicken. Nur so kann sie den Hals so weit absenken, dass sie an Wasser gelangt.



Abb. 42: Schädel einer Giraffe

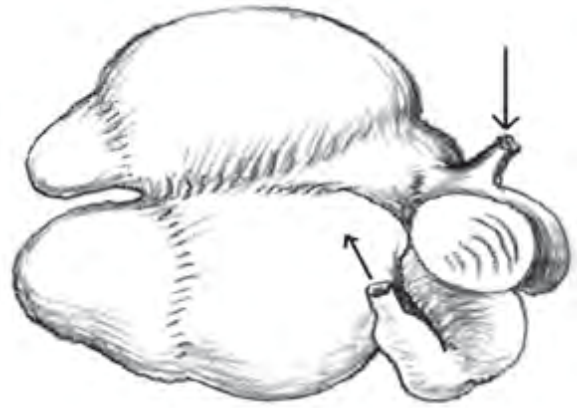


Abb. 43: Magen einer Giraffe

Das Gebiss einer Giraffe weist zwischen Schneide- und Backenzähnen eine breite Lücke auf. Schneide- und Eckzähne fehlen im Oberkiefer ganz. Dort ist der Kiefer zu einer Kauplatte umgeformt (wie bei einem Rind). Die jeweils drei Vorbacken- und Backenzähne in jedem Kiefer sind hochkronig und stehen lückenlos aneinander. Mit ihnen zerkaut die Giraffe das Pflanzenmaterial, das sie aus ihrem Magen durch die lange Speiseröhre hoch würgt, zu einem flüssigen Nahrungsbrei, der dann wieder abgeschluckt wird. Giraffen sind also Wiederkäuer. Ihr Magen besteht aus fünf Teilen, wovon die ersten drei Vormägen sind. Die zunächst mehr oder weniger unzerkaut aufgenommenen Pflanzenteile gelangen in den Pansen, wo symbiontisch lebende Bakterien, Einzeller und Hefen die Blätter vergären. Dies ist notwendig, da die Giraffe den Hauptbestandteil der Pflanzenzellwände – die Cellulose – nicht selbst verdauen kann.

## GIRAFFE

Grundfutterplan (Tagesbedarf pro Tier)

Produkt	Menge	Bemerkung
Quetschhafer	0,6 kg	auf morgens und abends aufgeteilt
Zootierpellets m. Kupfer	0,7 kg	auf morgens und abends aufgeteilt
Äpfel und Möhren	1,3 kg	geschnitten, auf morgens und abends aufgeteilt
Haferschleim als Getränk	ad lib	5-l-Eimer Haferflocken + 5-l-Eimer Weizenflocken in 20-l-Eimer mit heißem Wasser auffüllen, ½ Stunde aufquellen lassen; 1 Liter dieses Breis werden mit 9 Litern Wasser aufgefüllt; im Winter 2 x tägl., im Sommer 4 x täglich abgetränkt*
Luzerne, Futteräste		zur freien Verfügung
Selenit E	2 + ½ ML (= 40 g)	
Rindermineral-Pulver	1 ML / Futterschale (1 ML = 40 g)	3 x wöchentlich (Mo / Mi / Fr)
Salzleckstein		zur freien Verfügung
Mineralleckstein		zur freien Verfügung
Trinkwasser		Tag und Nacht zur freien Verfügung

\*Zeitweilig wird morgens weniger getrunken, dann wird weniger angesetzt, nur je ½ 5-l-Eimer Flocken

### Der Sibirische Tiger – ein Fleischfresser

Die größte Katzenart ist ein reiner Fleischfresser mit einem breiten Beutespektrum. Hauptsinnesorgane sind seine extrem guten Augen, die nach vorne gerichtet sind, sodass er Entfernungen sehr gut abschätzen kann. Sein Gehör ist ebenfalls sehr fein und registriert jedes Geräusch. Der Tiger ist ein einzelgängerischer Schleichjäger. Er besitzt ein Revier, das abhängig vom Wildbesatz über 100 Quadratkilometer groß sein kann. Sein in der Grundfarbe orangenes Fell weist senkrechte schwarze Doppelstreifen auf und zeigt so eine Grastarnung. Seine sichelförmigen Krallen sind normalerweise in Hautfalten eingezogen, sodass er beim Anpirschen auf den weichen Sohlenpolstern keine Geräusche verursacht. Ist er in geduckter Haltung nahe genug an der Beute, „explodiert“ er. Seine kräftigen, aber recht kurzen Beine, sind ideal für eine sehr schnelle Beschleunigung. So erreicht er – wenn es gut läuft – in einem großen Sprung die Beute. Er fährt dann die Krallen aus und ergreift sie damit. Mit seinen Fangzähnen (verlängerte Eckzähne) verbeißt er sich in die Beute. Er hat zwar eine kurze Schnauze, jedoch eine große Mundspalte und kann sein Maul weit öffnen. Entweder erfolgt ein Tötungsbiss in

Kehle oder Genick, oder er umschließt Nase und Mund mit seinem Maul und erstickt die Beute. Gelingt es dem Beutetier in den ersten Sekunden zu entkommen, bricht der Tiger die Jagd zunächst ab. Nur ungefähr jeder 20. Jagdversuch ist erfolgreich.



Abb. 44: Sibirischer Tiger (Panthera tigris altaica)



Abb. 45: Kopf des Sibirischer Tigers

Wenn er ein großes Tier erbeutet hat, kann er bei einer Mahlzeit enorm viel fressen. Es wird von bis zu 40 kg berichtet. Mit seinen Reißzähnen schneidet er große Fleischstücke von der Beute ab und zerbeißt auch Knochen. Mit den Schneidezähnen zupft er kleinere Stücke von den Knochen. Mit seiner sehr rauen Zunge schmirgelt er auch feinste Fetzen ab. Indem er auch den Darm des Beutetieres aufnimmt, erhält er wichtige Vitamine. Nach der Nahrungsaufnahme erfolgt eine intensive Fellpflege. Der Tiger bleibt in der Nähe seines Risses, bis er alles verwertet hat. Teilweise versteckt er auch seine Beute vor Konkurrenten. Gelegentlich wird Gras aufgenommen, das als Verdauungshilfe zum Auswürgen von unverdaulichen Resten dient.

Sein Magen ist einfach gebaut, aber extrem dehnbar. Nur so kann er die riesigen Fleischmassen aufnehmen. Er ist ein Seltenfresser, d.h. er frisst nicht jeden Tag und kann auch lange Zeit hungern, weil er von seinen Fettreserven zehrt.



Abb. 46: Schädel eines Sibirischen Tigers

Durch den hohen Bevölkerungsdruck und durch Lebensraumvernichtung ist diese Tiger-Unterart von Ausrottung bedroht. Hinzu kommt, dass in China horrenden Preise für Tigerkadaver gezahlt werden, da nahezu alle Körperteile in der traditionellen Medizin Verwendung finden. Wilderei ist folglich ein sehr lukratives Geschäft.

## SIBIRISCHER TIGER

Grundfutterplan (Tagesbedarf pro Tier); gefüttert wird an 6 Tagen pro Woche



Produkt	Menge	Bemerkung
Fleisch mit Knochen	ca. 10 – 13 kg	Kater = ca. 8 – 10 kg effektiv
Fleisch mit Knochen	ca. 7 – 8 kg	Katze = max. ca. 5 kg effektiv
Mazuri-Karnivoren Zusatzfutter	1 ML (= 15 g)	pro Tier täglich bei Schwangerschaft 20g/Tag (1 + 1/3 ML)
Trinkwasser		Tag und Nacht zur freien Verfügung



## Das Pinselohrschwein – ein Allesfresser

Namensgebend für die auffällig rot-braun gefärbten Tiere sind die Haarbüschel an den langen Ohren. Die Tiere erreichen ein Gewicht von 100 kg und eine Körperhöhe von rund 80 cm. Sie leben im westlichen und zentralen Afrika in Regenwäldern, Savannen und Sümpfen. Sie leben in größeren Familiengruppen, die von einem Keiler angeführt werden.



Abb. 47: Pinselohrschwein (*Potamochoerus porcus*)

Pinselohrschweine sind Allesfresser. Sie ernähren sich sowohl von pflanzlicher Kost wie Früchten, Knollen, Samen und Wurzeln, als auch von kleineren Tieren wie Insekten und kleinen Wirbeltieren sowie Aas. Blätter und Gras werden auch nicht verschmäht. Sie sind Nahrungsopportunisten, d.h. sie nehmen das Futter auf, welches gerade und bei geringstem Aufwand gut verfügbar ist.



Abb. 48: Schädel eines Pinselohrschweins

Die Tiere besitzen ein ausgeprägtes Gebiss mit vielen Zähnen. Damit sind sie in der Lage ihre sehr unterschiedliche Nahrung effektiv zu verarbeiten. Es vereint viele Merkmale eines Pflanzen- mit denen eines Fleischfressergebisses. Die Schneidezähne sind recht stumpf und dienen zum Abreißen und Abschneiden der Nahrung. Die besonders bei den Männchen langen Eckzähne dienen einerseits zur Verteidigung und zum Imponieren, aber auch zum Erfassen und Abschneiden der Nahrung. Die Backenzähne bilden – wie bei den Pflanzenfressern – geschlossene Zahnleisten, die jedoch funktional geteilt sind. Die vorderen Backenzähne sind scharfkantig und in der Lage Fleisch zu zerschneiden. Mit den hinteren, viel breiteren Backenzähnen wird vorwiegend pflanzliche Kost zerkaut bzw. zermahlen.



Abb. 49: Magen eines Pinselohrschweins

Der Magen der Schweine ist einkammerig. Er ist im Normalfall nie vollständig entleert, sodass eine Dauersekretion von Magensäften erfolgt. Die Länge des Darmes beträgt über 20 m.

## PINSELOHRSCHEIN

Grundfutterplan (Tagesbedarf für 1 Tier)

Produkt	Menge	Bemerkung
Gemüse	5-l-Eimer morgens, 10-l-Eimer abends	Inhalt je nach Angebot, anteilig gekocht
Obst, Karotten, Birnen, Bananen, Insekten, Hundepellets, Blattgrün	Wenig, maximal 5-l-Eimer / Gruppe	tagsüber für alle 3 Tiere zusammen, zur Beschäftigung
gekochte Eier	1	pro Tier
Schweinepellets	300 g	abends
Seltenes Beschäftigungsfutter, (Nüsse, Weintrauben, selten Mehlwürmer, Hunde-Pellets)	2 – 3 x täglich	verteilt auf der Außenanlage
Küken	2	
wenig Gras	1 Handvoll	im Sommer
Trinkwasser		Tag und Nacht zur freien Verfügung

## JARMAN-BELL-PRINZIP

Während tierische Substanz – unabhängig von der Größe des erbeuteten Tieres – in fast allen Fällen leicht zu verdauen ist, unterscheiden sich pflanzliche Nahrungsbestandteile diesbezüglich z.T. erheblich voneinander. Je höher der Anteil an schwer verdaulicher Cellulose ist, desto länger dauert ihr chemischer Aufschluss. Die pro Zeit freigesetzte Nährstoff- und Energiemenge ist entsprechend gering. Dies bedeutet, dass schwer verdauliche Pflanzenteile nur für große Tiere mit einem relativ geringen Energieumsatz pro Gramm Körpergewicht und großen Speichermöglichkeiten für Nahrung nutzbar sind. Denn je größer und schwerer ein Tierkörper ist, desto günstiger ist das Verhältnis zwischen Wärme-

abgabe über die Körperoberfläche zum Volumen des Tieres. Seine Stoffwechselaktivität (als Maß dient der relative Sauerstoffverbrauch) ist entsprechend kleiner.

Das Volumen des Darmes wächst entsprechend der Körpergröße (Exponent = 1). Der Energiebedarf nimmt mit einem Exponenten von 0,75 zu. So steht mehr Darmvolumen pro Futtermenge bereit und die Darmpassage kann länger dauern, was in der Regel zu einer besseren Verdauung führt. Große Tiere können sich also mit Nahrung geringerer Qualität ernähren, während kleinere Tiere hochwertigeres Futter benötigen. Je kleiner ein Pflanzenfresser ist, desto leichter muss das Futter verdaulich sein. Dies wurde zum ersten Mal von den Amerikanern Jarman und Bell für Huftiere in Ostafrika belegt.

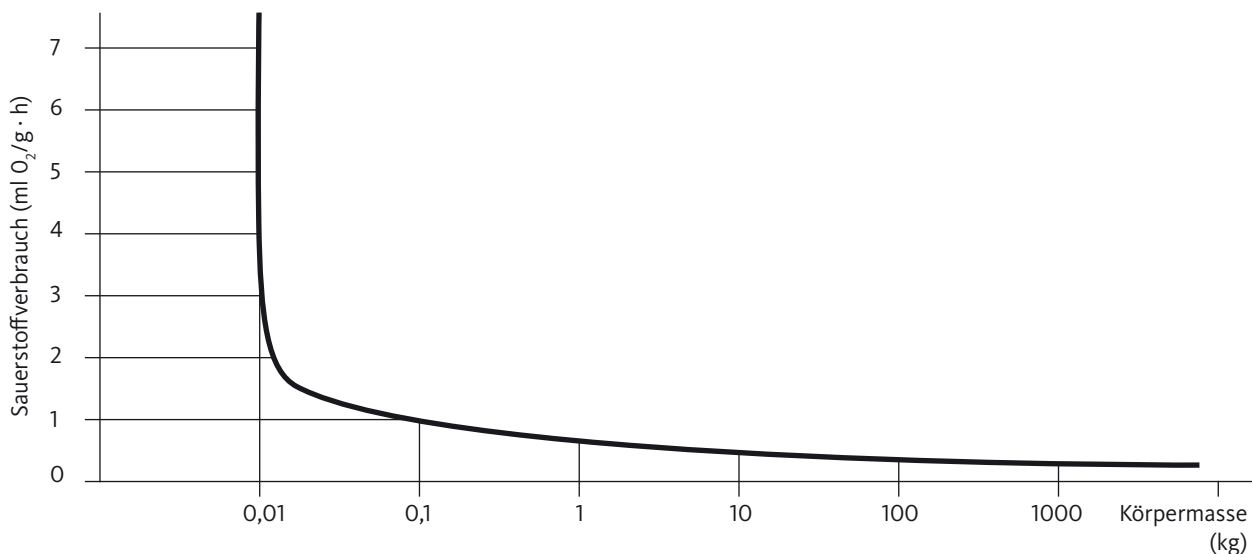


Abb. 50: Stoffwechselintensität

## Ernährungstypen bei ostafrikanischen Huftieren

- 1 Blüten, Zweigspitzen, Früchte, Samen, gelegentlich Fleisch
- 2 einige Blätter und Grasarten, die sehr selektiv gefressen werden
- 3 viele Blatt- und Grasarten in bestimmten Entwicklungsstadien
- 4 viele Blatt- und Grasarten, auch von schlechtem Ernährungswert

nach JARMAN, P. J. 1974. vereinfacht

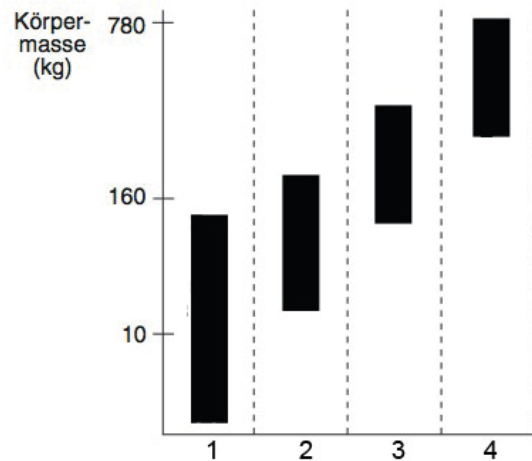


Abb. 51: Ernährungstypen Jarman

Das Prinzip lässt sich aber auch bei unterschiedlich großen Primaten aufzeigen. So ernähren sich Gorillas von stark rohfasiger Kost. Die Pflanzen sind groß und die Darmpassage dauert lange, doch stehen ihnen entsprechend große Speichermöglichkeiten in ihrem Darm zur Verfügung. Sie haben deshalb einen entsprechend dicken Bauch.

Kleine Affen ernähren sich fruktivor bzw. insektiv. Die Nahrung ist leicht verdaulich, jedoch klein und dispers verteilt. Diese Nahrungsquelle bleibt großen Affen als Futterquelle verwehrt, da der Suchaufwand für sie in keinem Verhältnis zur täglich benötigten Nährstoffmenge steht.

## RICHTLINIEN UND GRUNDLAGEN DER TIERERNÄHRUNG

Die Fütterung verschiedenster Tierarten ist in Gutachten und Richtlinien festgehalten (*siehe THEMENHEFT ZOOTIERHALTUNG*). Zur Tierhaltung gehört eine gesunde, auf die jeweilige Tierart abgestimmte Ernährung. Um Fehlernährung vorzubeugen, wird auf der Grundlage aktueller ernährungsphysiologischer Erkenntnisse für die einzelnen Tierarten ausgewogene Futterpläne erstellt.

Bei der Fütterung bzw. Nahrungsaufnahme wird neben den ernährungsphysiologischen Ansprüchen auch die artspezifischen Verhaltensbedürfnisse ggf. einschließlich saisonaler Variation (Futterbeschaffung, Futterzubereitung und Dauer der Futteraufnahme) berücksichtigt. Eine artspezifische Fütterungsanforderung (z.B. Gabe von Salz, Mineralien oder Vitaminen) ist zu be-

achten. Den Tieren wird die mit der Nahrungsaufnahme verbundene arttypische Beschäftigung ermöglicht. Auf die besonderen ernährungsspezifischen Anforderungen an die Zusammensetzung und den Abwechslungsreichtum des Futters während der Jugendentwicklung wird sorgfältig geachtet.

Der Ernährungszustand der Tiere wird regelmäßig überprüft. Im Bedarfsfall wird die Futtermenge bzw. Futteraufnahme dokumentiert.

Die Deckung des Flüssigkeitsbedarfes (Menge und Qualität) wird grundsätzlich – unabhängig von der Haltungform – ständig gewährleistet.

Für die Futterlagerung wird eine ausreichend geeignete Lagerstätte und Einrichtung, z. B. Kühleinrichtungen, genutzt und vor Schädigern (Krankheitsüberträger) geschützt. Das Futter wird in sauberen Futterküchen oder ggf. unter gleichwertigen hygienischen Bedingungen zubereitet.

Tränke- und Futterstellen sowie die entsprechenden Vorrichtungen und Behältnisse werden aus hygienischen Gründen sauber gehalten.

Werden Tiere in Gruppen gehalten, so wird sichergestellt, dass jedes Tier genügend Futter und Tränke erhält. Für alle Tiere sind ausreichend Futter- und Tränkestellen anzubieten, damit rangniedere Tiere angemessen fressen und trinken können.

In Zoos und Tiergehegen ist für die Besucher\*innen das unkontrollierte Füttern verboten!

## UNTERRICHTSANREGUNGEN

Auf den folgenden Seiten finden Sie Materialien zum Thema TIERERNÄHRUNG. Es sind Materialien, die beim Unterricht vor den Tieren oder in der Schule (als Vor- oder Nachbereitung) hilfreich sein können, indem sie Ideen und Anregungen für Unterrichtsmöglichkeiten bieten. Sie vermitteln den Schülern\*innen Grundlagen für ein selbstständiges Arbeiten vermitteln, indem sie Interesse auf ein Tier bzw. dessen Ernährung fokussieren.

Das Material ist für unterschiedliche Klassenstufen konzipiert worden, so dass die Komplexität der Fragestellungen sehr unterschiedlich ist. Es zeigt ein Spektrum dessen, was im Zoo unterrichtlich zu diesem Thema möglich ist.

Es liegt in Ihrer Hand, welchen Unterrichtsschwerpunkt Sie legen und welche Materialien innerhalb des vorgegebenen Kontextes in Ihrer Lerngruppe zum Tragen kommen.

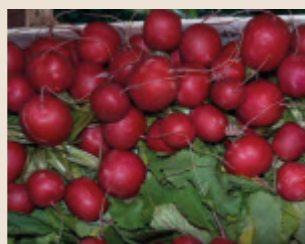
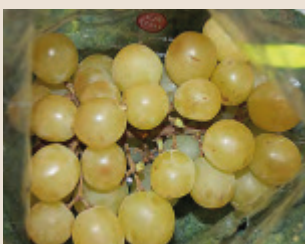


Abb. 52: Rothörnchen (*Tamiasciurus hudsonicus*) beim Fressen

Für jedes Material ist eine Lösung beigefügt. Diese ist bei den komplexeren Problemstellungen teilweise rechtdetailliert und umfangreich. Schüler\*innen werden sicher nicht oft das gesamte Spektrum der Möglichkeiten verifizieren. Sie sind deshalb nicht wie ein Erwartungshorizont zu verwenden. Vielleicht sind sie als Hilfestellung nützlich, um als Lehrer\*in den Mut zu haben ganz ohne Arbeitsblatt Unterricht vor den Tieren durchzuführen.

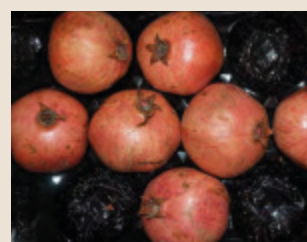
## AFFEN FRESSEN (FAST) KEINE BANANEN 1

Viele Kinder denken, dass Affen sich hauptsächlich von Bananen ernähren, doch das stimmt nicht. Der Zoo bietet ihnen eine große Vielfalt an Früchten und Gemüse an. Kennst du sie?



## AFFEN FRESSEN (FAST) KEINE BANANEN 2

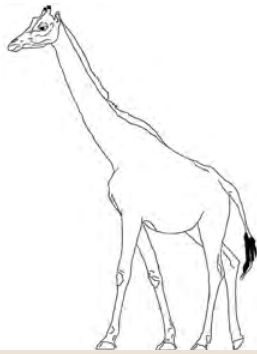
Viele Kinder denken, dass Affen sich hauptsächlich von Bananen ernähren, doch das stimmt nicht. Der Zoo bietet Ihnen eine große Vielfalt an Früchten und Gemüse an. Kennst du sie?



# WOVON ERNÄHREN SICH DIESE TIERE?

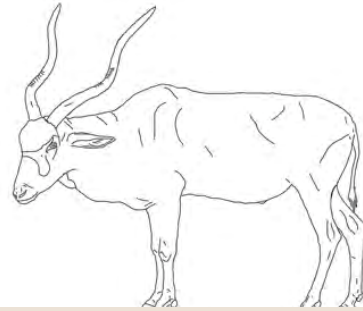
## AUFGABEN

- 1 Ordne den Zeichnungen die entsprechenden Namen der Tierarten zu.
- 2 Ordne den Tierarten die für sie typische Ernährungsform zu: Aasfresser, Allesfresser, Blattfresser, Fischfresser, Fleischfresser, Grasfresser und Insektenfresser.



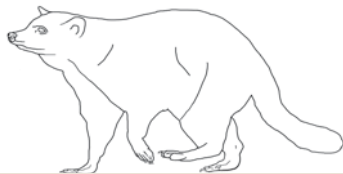
Name:

Ernährungstyp:



Name:

Ernährungstyp:



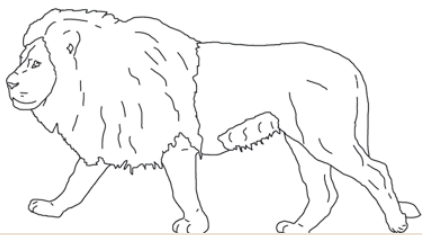
Name:

Ernährungstyp:



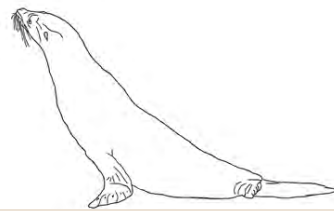
Name:

Ernährungstyp:



Name:

Ernährungstyp:



Name:

Ernährungstyp:



Name:

Ernährungstyp:

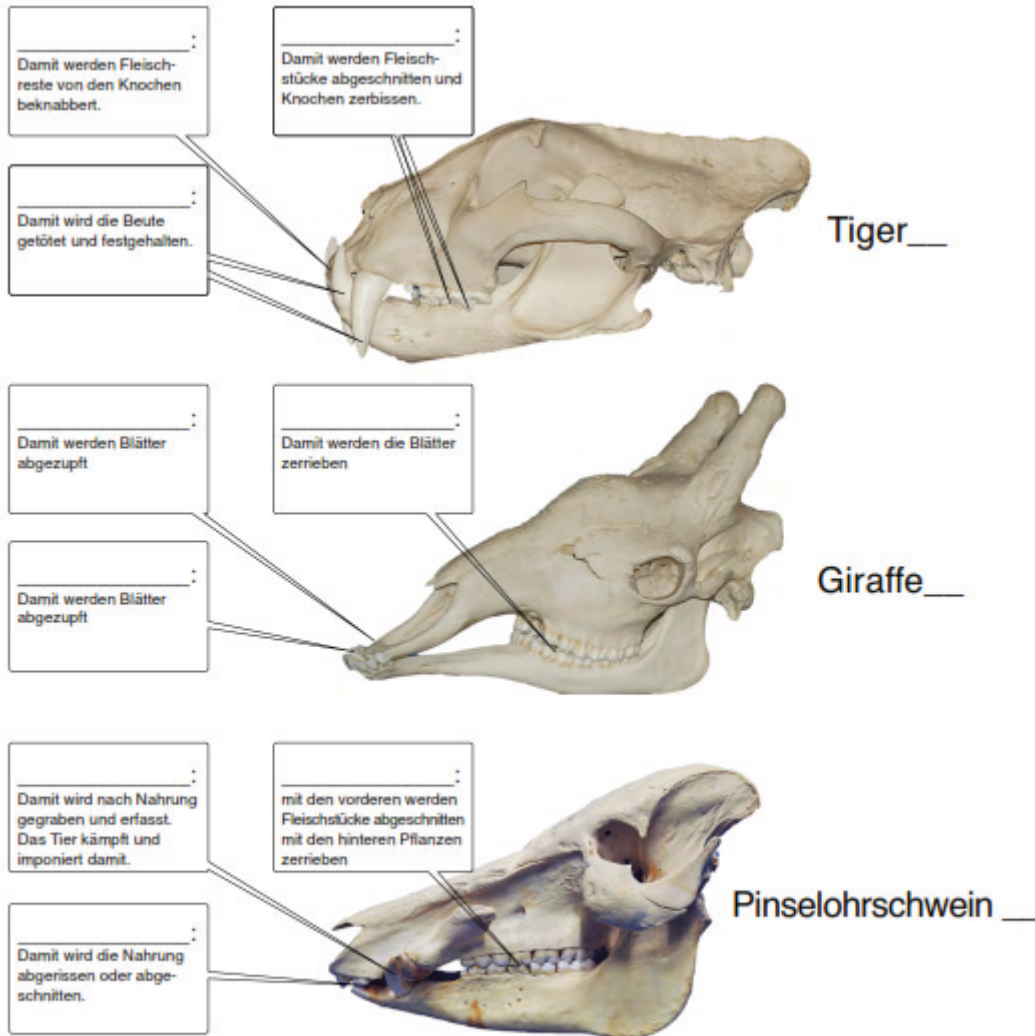


Name:

Ernährungstyp:

## ZUSAMMENHANG ZWISCHEN NAHRUNG UND GEBISSFORM

Du siehst hier die Schädel von Tiger, Giraffe und Pinselohrschwein. Die Zähne eines Tieres verraten viel über seine Nahrung. Es sind typische Alles-, Fleisch- und Pflanzenfresser.



**Tiger** \_\_\_\_\_

**Giraffe** \_\_\_\_\_

**Pinselohrschwein** \_\_\_\_\_

Zahnformeln:

1	$\frac{2.1.4.3 \times 2}{3.1.4.3 \times 2} = 42$	2	$\frac{0.0.3.3 \times 2}{3.1.3.3 \times 2} = 32$	3	$\frac{3.1.3.1 \times 2}{3.1.2.1 \times 2} = 30$
---	--	---	--	---	--

### AUFGABEN

- 1 Ordne die 3 Zahnformeln den Tieren zu.
- 2 Färbe die Schneidezähne rot, die Eckzähne grün und die Backenzähne blau ein. Tipp: Nicht alle sind sichtbar).
- 3 Benenne die markierten Zähne mit den folgenden Fachbegriffen: Backenzähne (x2), Fangzähne, Hauer, Kauplatte, Reißzähne, Schneidezähne (x3).
- 4 Erläutere den Zusammenhang zwischen dem Bau (Struktur) eines Gebisses und seiner Aufgabe (Funktion).



## WAS IST DRIN IM FUTTER?

Wichtige Nährstoffe wie Eiweiß, Fett oder Kohlenhydrate, aber auch Vitamine und Mineralien sind im Tierfutter in unterschiedlichen Mengen enthalten.

### AUFGABE

Weißt du welcher Inhaltsstoff die Futtermittel besonders wertvoll macht? Kreuze je Futtermittel einen an.



- EiweiÙe
- Fette
- Kohlenhydrate
- Vitamine
- Mineralien



- EiweiÙe
- Fette
- Kohlenhydrate
- Vitamine
- Mineralien



- EiweiÙe
- Fette
- Kohlenhydrate
- Vitamine
- Mineralien



- EiweiÙe
- Fette
- Kohlenhydrate
- Vitamine
- Mineralien



- EiweiÙe
- Fette
- Kohlenhydrate
- Vitamine
- Mineralien



- EiweiÙe
- Fette
- Kohlenhydrate
- Vitamine
- Mineralien



- EiweiÙe
- Fette
- Kohlenhydrate
- Vitamine
- Mineralien



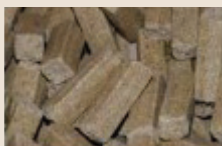
- EiweiÙe
- Fette
- Kohlenhydrate
- Vitamine
- Mineralien



- EiweiÙe
- Fette
- Kohlenhydrate
- Vitamine
- Mineralien



- EiweiÙe
- Fette
- Kohlenhydrate
- Vitamine
- Mineralien



- EiweiÙe
- Fette
- Kohlenhydrate
- Vitamine
- Mineralien



- EiweiÙe
- Fette
- Kohlenhydrate
- Vitamine
- Mineralien



- EiweiÙe
- Fette
- Kohlenhydrate
- Vitamine
- Mineralien



- EiweiÙe
- Fette
- Kohlenhydrate
- Vitamine
- Mineralien

# WIE FUNKTIONIERT EIN WIEDERKÄUERMAGEN?

Ein Waldbison frisst Gras, speichelt es ein, zerkaut es ein wenig und schluckt es dann ab. Über die Speiseröhre gelangt es in den Magen. Er kann das Gras nicht selbst verdauen, da er die Cellulose, aus der große Teile der Zellwände bestehen, nicht aufschließen kann. Wie es trotzdem gelingt, ist in dieser Bilderabfolge zu sehen.

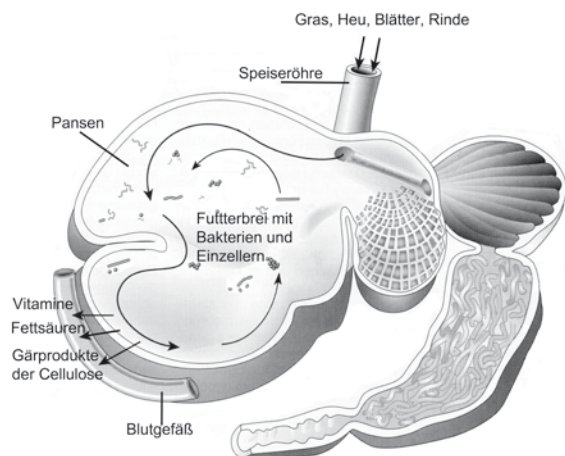


Waldbison (*Bison bison athabasca*)

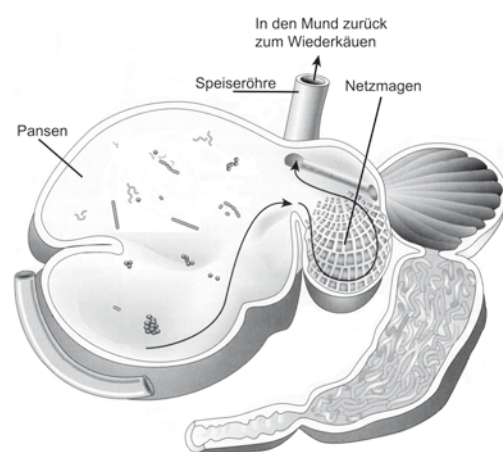
## AUFGABEN

- 1 Beschreibe die Vorgänge in einem Bisonmagen, nachdem er Gras gefressen hat.
- 2 Erkläre wie es Wiederkäuern gelingt Gras zu verdauen.

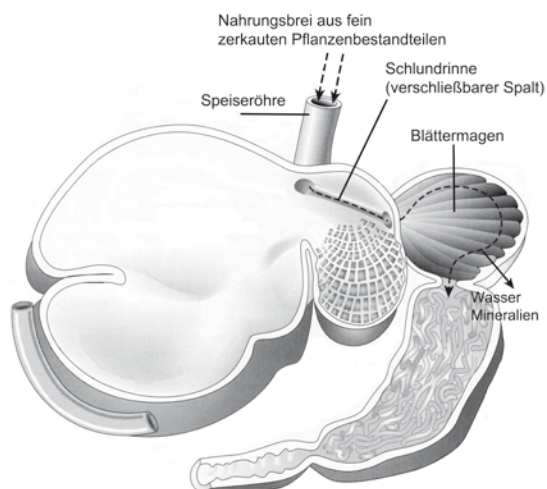
1



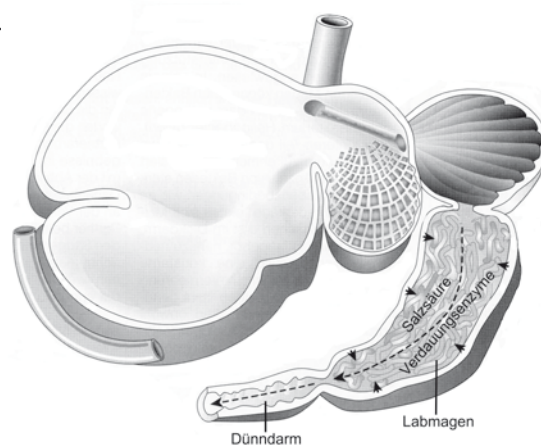
2



3



4

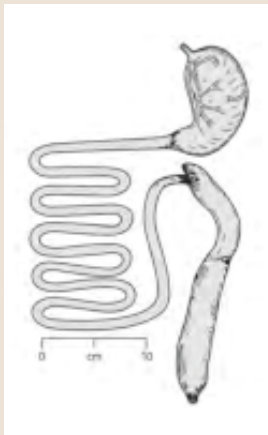


# VERGLEICH DES VERDAUUNGSSYSTEMS VERSCHIEDENER WIRBELTIERE

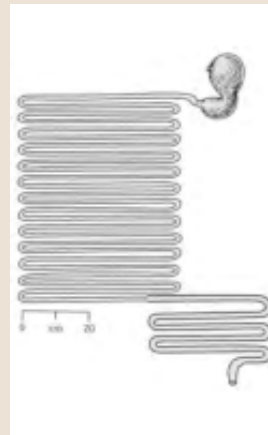
Die vier Abbildungen zeigen die Magen-Darm-Systeme verschiedener Tierarten in schematischer Form, jedoch größengenau.

## AUFGABEN

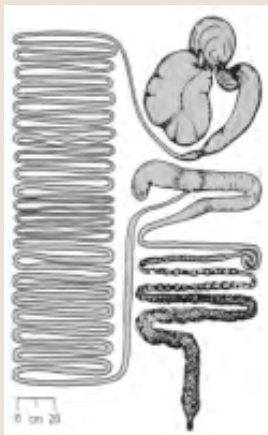
- 1 Beschrifte die vier Verdauungssysteme mit folgenden Begriffen: Magen, Dünndarm, Dickdarm, Blinddarm, Enddarm.
- 2 Vergleiche die einzelnen Organe des Verdauungssystems hinsichtlich ihrer Größe und Komplexität.
- 3 Stelle einen Zusammenhang her zwischen der Nahrung der Tiere und ihrem Verdauungssystem.



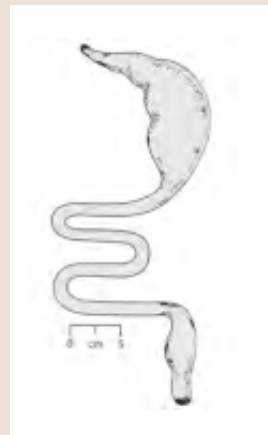
**KATZE**



**BÄR**



**SCHAF**



**SCHLANGE**

## WIE NEHMEN TIERE NAHRUNG AUF? EINE BEOBACHTUNGSAUFBABE

Als Kleinkind haben wir mühsam gelernt Werkzeuge zu benutzen, um „richtig“ zu essen. Wir können nun unsere Nahrung in mundgerechte Happen portionieren, Suppe löffeln, Fleisch von Knochen trennen und (meist) ohne zu kleckern zum Mund führen. Doch wie sieht die Nahrungsaufnahme bei anderen Säugetieren aus? Setzen sie auch Werkzeuge ein? Essen sie indem sie die Hände benutzen oder fressen sie einfach mit dem Mund?

### AUFGABEN

- 1 Gehe zu einer Tierart, die gerade frisst.
- 2 Beobachte zunächst, was das Tier bzw. die Tiergruppe gerade frisst und wie das Futter angeboten wird.
- 3 Beobachte dann genau, wie sie es machen. Achte dabei auf Details, z.B.
  - Wie nimmt das Tier die Nahrung auf?
  - Ist es wählerisch?
  - Zerkaut es die Nahrung sorgfältig?
  - Macht es Pausen bei der Mahlzeit?
  - Setzt es beim Fressen spezielle Körperteile besonders ein?
  - Hat es tierartspezifische Eigenarten beim Fressen?
- 4 Mache dir im Zoo Stichpunkte zu deinen Beobachtungen und verfasse daraus zuhause oder in der Schule einen Beobachtungstext.

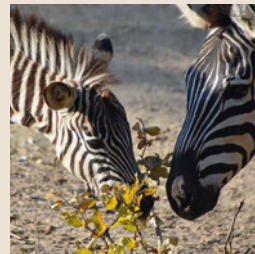
**TIPP:** Interessante Beispiele findest du bei unten gezeigten Tieren. Beachte die angegebenen Fütterungszeiten. Du kannst aber auch zu jedem anderen Säugetier gehen, das gerade frisst.



Asiatischer Elefant



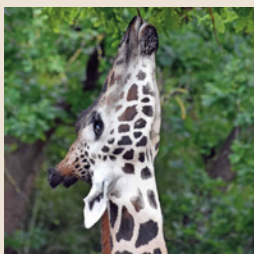
Schwarzschwanz-Präriehund



Zebra



Kleiner Panda



Rothschild-Giraffe



Spitzmaulnashorn



Schimpanse



Buntes Bentheimer Landschwein

## DER VOGELSCHNABEL – EIN VIELSEITIGES WERKZEUG

Viele Vögel besitzen erstaunliche Schnabelformen. Damit gelingt es ihnen sich auf spezielle Art zu ernähren. Der Mensch hat Werkzeuge geschaffen, die ähnliche Aufgaben haben wie diese Schnäbel, obwohl sie teilweise sehr unterschiedlich aussehen.

### AUFGABEN



Flamingo



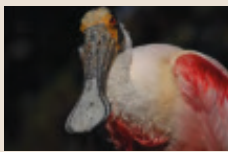
Reiher



Kernbeißer



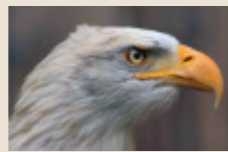
Schwalbe



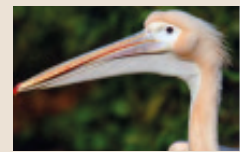
Löffler



Papagei

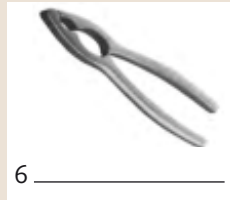
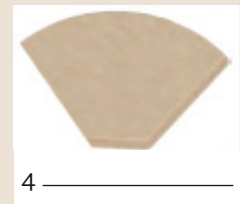
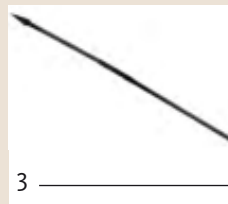
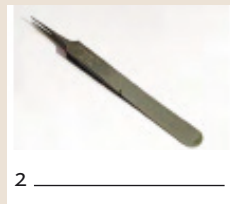
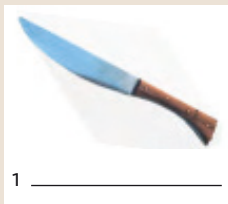


Seeadler



Pelikan

**1** Schreibe zunächst die Namen der Werkzeuge in die Kästchen unter deren Abbildung.



**2** Überprüfe, welcher der Schnäbel die gleiche Aufgabe (nicht Aussehen!) wie ein Werkzeug hat. Trage die zugehörenden Zahlen in die freien Kästchen neben den Vogelnamen ein.

**3** Wenn du die im Vogelnamen unterstrichenen Buchstaben in der Reihenfolge der Zahlen aufschreibst und alles richtig gemacht hast, erhältst du ein Lösungswort.

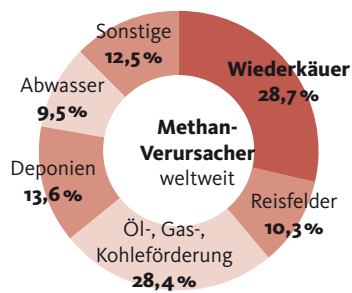
Lösungswort: \_\_\_\_\_

**4** Beschreibe die besonderen Aufgaben von drei Schnäbeln in eigenen Worten.

## KLIMAWANDEL – KAMPF DEN RÜLPSEERN

Sie stehen friedfertig auf den Weiden, sie kauen Gras, ab und zu muhen sie, sie sind das Sinnbild fürs Ländliche. Wir regen uns auf über benzinverschlingende Geländewagen in den Städten, über energiefressende Glühbirnen. Aber Kühe sind doch harmlos!? Irrtum, keineswegs. Sie furzen. Sie rülpfen. Ungefähr alle 40 Sekunden. Bis zu 500 Liter Methangas stößt die Kuh jeden Tag aus. Methan ist ein aggressives Treibhausgas, es trägt zur Erderwärmung bei, und zwar 23-mal mehr als dieselbe Menge Kohlenstoffdioxid. Rund 1 Milliarde Rinder gibt es weltweit. Ihnen wird rund ein Fünftel des Treibhauseffekts durch Methan zugeschrieben. Der Weltklimarat schätzt, dass fast die Hälfte der weltweiten anthropogenen Methanemissionen aus der Landwirtschaft stammen, aus den Mägen von Rindern und Schafen, aus der Gülle und aus Reisfeldern. Und auch weil die Menschen überall auf der Welt mehr und mehr Fleisch essen wollen, ist die Methankonzentration in der Atmosphäre seit 1900 um rund hundert Prozent gestiegen.

### Kühe? Klimakiller.



Michael Kreuzer ist Professor für Tierernährung an der Technischen Hochschule Zürich und gehörte zu den ersten Wissenschaftlern, die Verdacht schöpften. Schon seit Mitte der achtziger Jahre denkt er über das chronische Rülpfen von Rindern und Schafen nach und auch darüber, wie er es eindämmen könnte. Lange war er mit seiner Forschung ein Außenseiter unter seinesgleichen. Das hat sich jetzt geändert. Die aktuelle Klimadebatte ist eine Bestätigung. Nicht nur wegen des Klimas ist Methan ein wichtiges Thema, sondern auch wegen des Futterenergieverlustes. Vier bis sieben Prozent der Energie aus der Nahrung gäben Rinder als Methan ab. Wenn man dem Vieh das Methanrülpfen austreiben könnte, würde es mehr Milch oder Fleisch produzieren.

Allerdings haben Wiederkäuer ein Verdauungssystem, das sich nicht so leicht manipulieren lässt. Die zerkaute Nahrung rutscht zunächst in den Pansen hinab, den ersten der drei Vormägen. Der Pansen ist eine Art Gärkammer mit bis zu acht Kilogramm Mikroorganismen – mit Bakterien, Protozoen und Pilzen, welche die Nahrung aufspalten und zersetzen. Eine weitere Gruppe von Mikroben, die Archaeobakterien, gewinnt Energie, indem sie Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid aufnimmt und daraus Methan bildet. Diese Archaeen sind ärgerlich, aber ausschalten lassen sie sich nicht: „Wenn man sie zu stark hemmt, hat man schnell zu viel Wasserstoff im Pansen“, erklärt Kreuzer – das könne die Verdauung beeinträchtigen, wovon zwar die Kuh nichts bemerken würde, wohl aber der Bauer: „Wenn die Kühe das Futter dann schlechter verwerten, ist der Anreiz für die Landwirte natürlich gering.“

Seit mehr als zwei Jahrzehnten forscht der Professor übers Problem. Er hat drei Futterzusätze getestet, die bewirken, dass Rinder und Schafe durchschnittlich 10-40% weniger Methangas produzieren. Schnell zeichnet er einige Kurven auf, um den Effekt zu veranschaulichen. „Die erste Substanz ist Fett“, sagt er, etwa aus Kokosnüssen, Leinsamen oder Sonnenblumenkernen, die den Protozoen im Pansen schaden. Protozoen tragen zu einem Großteil des Wasserstoffs bei, den die methanbildenden Archaeen für ihren Stoffwechsel brauchen. „Die Idee war: Schießen wir die Protozoen ab, dann wird auch weniger Methan gebildet – und das klappt tatsächlich“, sagt Kreuzer und strahlt. Die anderen beiden Gruppen von Futterzusätzen, mit denen Kreuzer experimentiert, stammen aus tropischen Pflanzen: Saponine, die beispielsweise in Seifenbäumen vorkommen, und Tannine aus bestimmten Akazien. In der richtigen Dosierung wirkten alle drei Stoffe in etwa gleich gut, sagt Kreuzer, und sie ließen sich auch untereinander kombinieren. Das größte Problem bisher ist, dass den Kühen die Zusatzstoffe nicht schmecken.

Quelle: [www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/klimawandel-kampf-den-ruelpfern-a-491402.html](http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/klimawandel-kampf-den-ruelpfern-a-491402.html), verändert.

## AUFGABEN

- 1 Erklären Sie, wie Methan im Pansen der Kühe produziert wird.
- 2 Errechnen Sie wie viel Methan die Rinder weltweit in einem Jahr produzieren.
- 3 Erläutern Sie die Bemühungen durch Futterzusätze die Methanproduktion durch Rinder zu verringern.

## EINE KUH IST KEIN AUTO

### Warum Kühe keine Klima-Killer sind – von Dr. Anita Idel

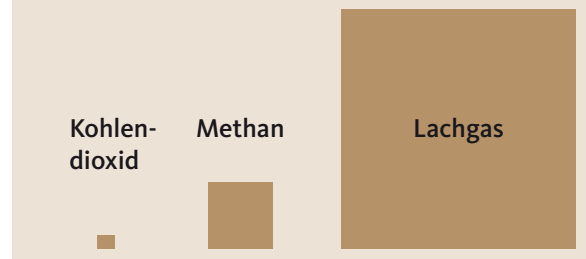
In der öffentlichen Diskussion ist alles ganz einfach: Die Kuh ist ein Klimakiller, Punkt! Das klimaschädliche Rindvieh rülps riesige Mengen Methan in die Atmosphäre. Und gelegentlich furzt es auch noch. Wegen dieser Emissionen werden Kühe gern mit Autos verglichen – und verlieren, denn ihr Ausstoß besteht nicht aus Kohlenstoffdioxid, sondern aus Methan, das vielfach schädlicher ist fürs Klima als das simple CO<sub>2</sub>.

Was ist an dieser Diskussion falsch? Beinahe alles. Erstens wirft man einen sehr oberflächlichen Blick auf die Landwirtschaft, statt zwischen den verschiedenen Agrarsystemen zu unterscheiden – von nachhaltig und ressourcenschonend bis energieaufwändig industrialisiert. Zweitens beschränkt sich der Blick auf nur ein Klimagas, das Methan, ohne das viel relevantere Lachgas einzubeziehen und über den Tellerrand zu schauen. Denn drittens zählen zum Gesamtbild auch die positiven Effekte grasender Wiederkäuer. Ihr Beitrag für die Humusbildung und damit für die Klimaentlastung wird in Gänze unterschlagen. Deshalb die Gegenthese: Bei näherem Hinsehen erweisen sich manche Kuh und mancher Bauernhof mit nachhaltiger Grünlandnutzung plötzlich als lupenreine Klimaschützer!

Die Fixierung auf das Methan aus dem Pansen von Kuh und Co. greift zu kurz. Nicht vom Methan, sondern vom Lachgas geht die größte agrarische Bedrohung für das Klima aus: 75 % des gesamten Lachgasausstoßes in Europa wird von der Landwirtschaft verursacht. Methan ist 25-mal klimaschädlicher als Kohlenstoffdioxid, aber Lachgas ist 296-mal schädlicher.

Lachgas wird vor allem beim Ausbringen von Kunstdünger für das Turbowachstum der Monokulturen freigesetzt. Gerade die Futterpflanzen für Schweine, Hühner, Puten und Rinder aus Massentierhaltung werden inten-

### Klimawirksamkeit von Kohlendioxid, Methan und Lachgas im Vergleich



*Unterschiedliche Dimensionen von Klimawirkungen der wichtigsten Treibhausgase (CO<sub>2</sub> = einfache Wirkung)*

siv gedüngt. Bereits mehr als ein Drittel der weltweiten Getreideernte wird an das sogenannte Nutztvieh verfüttert. Stelle ich in nachhaltiger Landwirtschaft die Kühe aber auf die Weide, dann fressen sie eben keine mit Kunstdünger gemästeten Futterpflanzen. Kühe und andere Gräser pflegen unsere Landschaft und halten jenes Grün-, Weide- und Steppenland intakt, das rund 40% der weltweiten Landfläche ausmacht. Dauerbegrüntes Land speichert große Mengen Kohlenstoff, nicht nur in den oberflächlichen Graspflanzen, sondern vor allem im Boden. Nachhaltige Beweidung fördert die Humusbildung. Und jede Tonne zusätzlicher Humus im Boden entlastet die Atmosphäre um mehr als 1,8 Tonnen Kohlenstoffdioxid. Gleichzeitig ist dieser Humus Garant der Bodenfruchtbarkeit, laut Weltagrarbericht die Basis unserer künftigen Versorgung mit Lebensmitteln. So betrachtet, entsteht nicht nur eine andere Klimabilanz, sondern auch ein völlig anderer Blick auf die Landwirtschaft. Nicht die Kuh ist der Gau, sondern landwirtschaftliche Systeme, die unsere Nutztiere vom Grasland aussperren und mit immer eiweißreicherem Kraftfutter aus Mais, Soja und Getreide zu Nahrungskonkurrenten des Menschen machen.

Ja, Kühe rülpsen Methan. Dennoch sind Rinder unverzichtbar für die Welternährung – durch ihren Beitrag zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und zur Begrenzung des Klimawandels in nachhaltiger Weidehaltung. Deshalb müssen wir nicht nur Kuh und Co. rehabilitieren, sondern auch die Frage nach dem richtigen System stellen. Die Entscheidung, ob wir mit Kühen das Klima killen oder das Klima schützen, liegt bei uns.

*Quelle: <http://www.bund.net/?5845>, verändert.*

## AUFGABEN






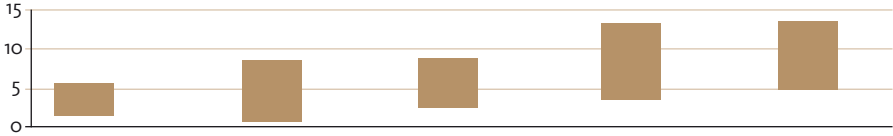
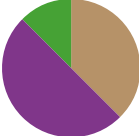

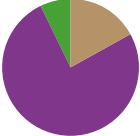


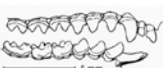
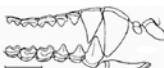

- 1 Erläutern Sie nachhaltige Landwirtschaft in Bezug auf die Viehwirtschaft.
- 2 Vergleichen Sie die Klimabilanz dieser Form der Landwirtschaft mit der industriellen Landwirtschaft.
- 3 Beurteilen Sie, welche der auf S. 49 und 51 angeführte Strategien zur Verringerung der Klimagase die geeignetere ist.

# ÖKOLOGISCHE EINNISCHUNG VON LEMUREN AUF MADAGASKAR

Lemuren gehören zu den Feuchtnasaffen. Sie kommen nur auf Madagaskar vor, wo sie eine adaptive Radiation durchlaufen haben. Heute bilden sie eine vielfältige Gruppe mit ca. 100 Arten. Fünf Lemurenarten leben sympatrisch in einem Trockenwald in West-Madagaskar. In diesem Gebiet herrscht ein Klima mit Regen- und Trockenzeit.

## AUFGABEN

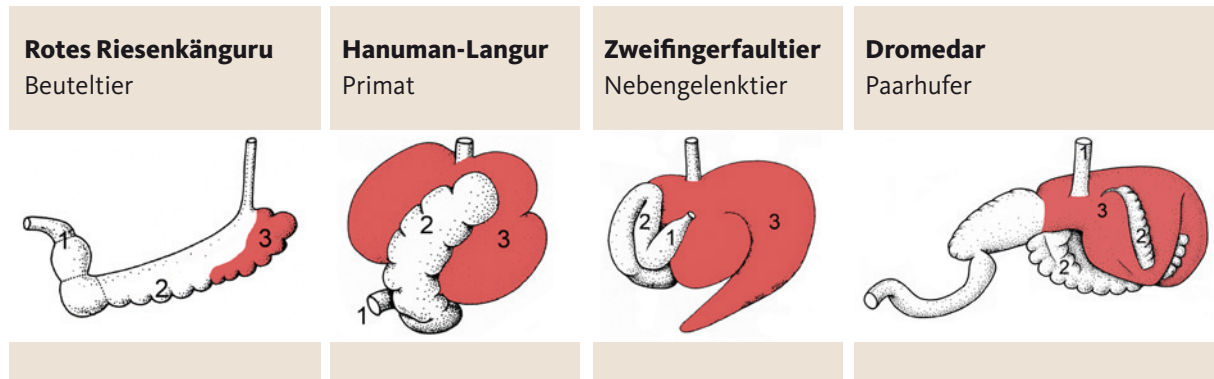
- Bestimmen Sie den jeweiligen **Nahrungstyp** der fünf Lemuren-Arten: Allesfresser, Baumsaftfresser, Blattfresser, Fruchtfresser, Insektenfresser.
- Wenden Sie das Basiskonzept „Struktur und Funktion“ auf die Bezahlung der drei Beispiele an.
- Erläutern sie anhand des Materials die Überlebensstrategien des Westlichen Fettschwanzmakis und des Südlichen Riesenmausmakis.
- Erklären Sie anhand des Modells der Adaptiven Radiation das sympatrische Vorkommen der fünf Lemuren-Arten.

Art	Grauer Maus kaki ( <i>Microcebus murinus</i> )	Südlicher Riesenmaus kaki ( <i>Mirza coquereli</i> )	Westlicher Fettschwanz kaki ( <i>Cheirogaleus medius</i> )	Masoala-Gelbstreifen kaki ( <i>Phaner furcifer</i> )	Rotschwanz-Wieselmaki ( <i>Lepilemur ruficadatus</i> )
Habitus					
Höhenpräferenz [m]					
Gewichtsschwankungen innerhalb eines Jahres [g]	50 – 80	300 – 330	140 – 500	450 – 500	800 – 850
Ernährung					
Braun = Insekten; Orange = Insektenabsonderungen; Blau = Baumsäfte; Lila = Früchte; Grün = Blätter					
Nahrungstyp					
Gebiss					

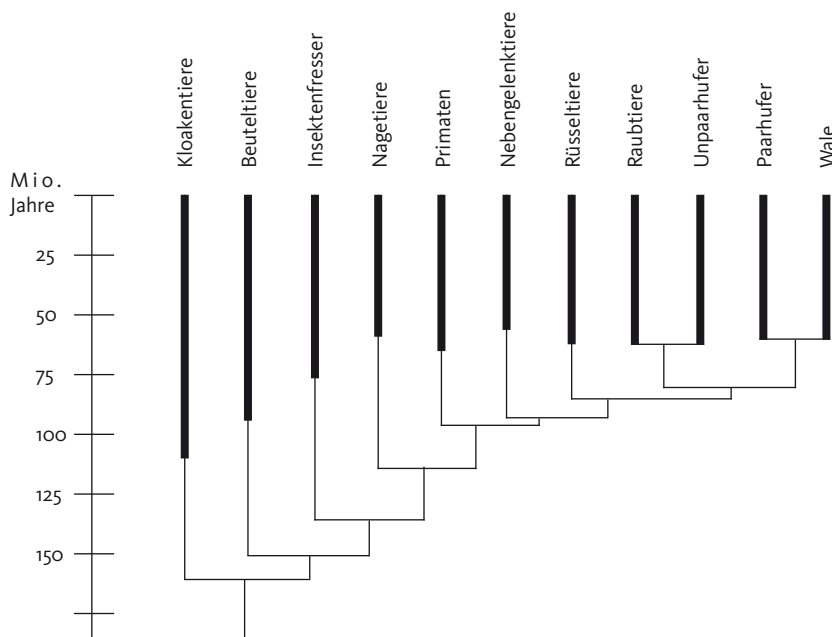


# EVOLUTION VON SÄUGETIERMÄGEN

Die Mägen von Pflanzenfressern sind komplex gebaute Verdauungsorgane (s. Abb.). Funktionell, teilweise auch morphologisch weisen sie Ähnlichkeiten auf.



- 1. = Pylorus (Übergang zwischen Magen und Darm)
- 2. = Drüsensäcke bzw. Drüsen- / Labmagen
- 3. = Gärkammern / Magen



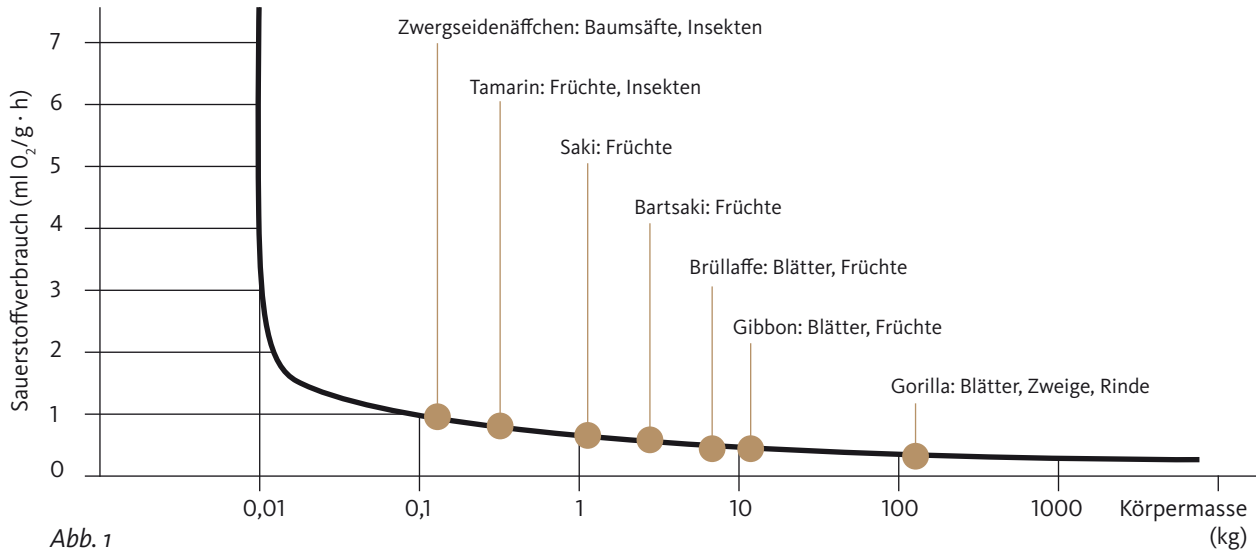
Stammbaum der Säugetiere

## AUFGABEN

- 1 Erläutern Sie die Funktion der Gärkammern im Magen von Säugetieren.
- 2 Vergleichen Sie die vier Mägen hinsichtlich Struktur und Funktion.
- 3 Erstellen Sie eine Hypothese zur Evolution der oben gezeigten Mägen.

## JARMAN-BELL-PRINZIP

Wovon sich Tiere ernähren, ist nicht zufällig. Ihr Nahrungsspektrum ist das Ergebnis eines langen Evolutionsprozesses und folgt somit Gesetzmäßigkeiten. Bei Pflanzenfressern ist das Jarman-Bell-Prinzip ein gutes Modell, um den Zusammenhang zwischen der Größe der Tiere und dem Nährstoffgehalt ihrer Nahrung zu erklären. Die Primaten stellen hierfür eine gut untersuchte Säugetierordnung dar.



Eigenschaften von Futtermitteln	Rinde, Zweige	Blätter, Gräser	Blüten	Früchte	Samen	Baumsäfte, Harze	Insekten
Qualität / Energiegehalt	gering						hoch
Verdaubarkeit	langsam						schnell
Häufigkeit	hoch						selten
Beschaffungsaufwand	gering						hoch

Abb. 2

### AUFGABEN

- 1 Erläutern Sie anhand von Abb. 1 den Zusammenhang zwischen Körpermasse und Sauerstoffverbrauch.
- 2 Erläutern Sie den unterschiedlichen Energiegehalt der angegebenen Futtermittel (Abb. 2).
- 3 Erklären Sie die Nahrungswahl von Gorillas und Zwergseidenäffchen anhand von Abb. 1 und 2.
- 4 Leiten Sie daraus eine Gesetzmäßigkeit für die Ernährung der Primaten ab.

# LÖSUNGEN

## S. 29: AFFEN FRESSEN (FAST) KEINE BANANEN (1)

Tomate, Brokkoli, Ananas, Blumenkohl, Paprika, Apfel, Kohlrabi, Porree / Lauch, Karotte / Möhre, Weintraube, Radieschen, Kiwi

## S. 30: AFFEN FRESSEN (FAST) KEINE BANANEN (2)

Rote Beete, Aubergine/Eierfrucht, Fenchel, Kumquat, Chicorée, Mangold, Papaya, Rettich, Radicchio, Süßkartoffel, Spinat, Granatapfel

Affen fressen fast keine Bananen, weil diese süß sind und viele Zucker enthalten. Dies könnte zu Zahnproblemen und Diabetes führen. Manche Arte bekommen Verdauungsprobleme von Bananen.

## S. 31: WOVON ERNÄHREN SICH DIESE TIERE?

Giraffe: Blattfresser, Addax: Grasfresser, Waschbär: Allesfresser, Löwe: Fleischfresser, Seelöwe: Fischfresser, Marabu: Aasfresser, Erdmännchen: Insektenfresser

## S. 32: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN NAHRUNG UND GEBISSFORM

1. Pinselohrschwein 1, Giraffe 2, Tiger 3

2. und 3. Benennung der Zähne links / rechts, oben / unten:

**Tiger:** Schneidezähne, Reißzähne, Fangzähne

**Giraffe:** Kauplatte, Backenzähne, Schneidezähne

**Pinselohrschwein:** Hauer, Backenzähne, Schneidezähne

4.

**Tiger:** geringste Anzahl an Zähnen → kein Zerraspeln/ Zermahlen von Pflanzennahrung durch lange Zahnleisten; besonders lange Fangzähne → zum Töten und Ergreifen der Beute (Dolch); kantige, scharfe Reißzähne, gleiten aneinander vorbei (Schere) → Abschneiden von Fleisch; sechs Schneidezähne in jedem Kiefer → Abzupfen/ Abreißen von Fleisch (Kneifzange)

**Giraffe:** am einfachsten aufgebautes Gebiss; verlängerte Eckzähne fehlen → Zähne sind keine Waffen; Kauplatte bilden mit unteren Schneidezähnen eine funktionelle Einheit → Abreißen von Pflanzennahrung (Kneifzange); Backenzähne stehen in lückenlosen Reihen aus stumpfen Zähnen → Zerreiben der Pflanzennahrung (Raspel)

**Pinselohrschwein:** Verbindet Elemente von Fleisch- und Pflanzenfressergebiss; verlängerte Eckzähne → Waffen oder Grabgerät (Dolch); Backenzähne zwar in lückenlosen Reihen, jedoch funktional differenziert → Zerschneiden mit Vorbackenzähnen (Schere), Zermahlen mit hinteren Backenzähnen (Raspel); Schneidezähne wie Giraffe

## S. 33: WAS IST DRIN IM FUTTER?

Futtermittel	Eiweiße	Fette	Kohlenhydrate	Vitamine	Mineralien
Fleisch	x				
Mais			x		
Möhren	(x)			x	(x)
Salzleckstein					x
Sonnenblumenkerne		x		(x)	(x)
Pflanzenpellets			x		
Kücken	x				
Gras			x		
Äpfel				x	
Salat				x	
Heringe	(x)	x			
Mehlwürmer	(x)	x			
Quetschhafer			x		
Erdnüsse	(x)	x			

### S. 34: WIE FUNKTIONIERT EIN WIEDERKÄUERMAGEN?

Bild 1: Wenn das Gras über die Speiseröhre in den Magen gelangt ist, kommt es als erstes in den Pansen. Das ist ein Hohlraum, der bei einem Bison 100 Liter groß sein kann. Er enthält sehr viele Bakterien und Einzeller, die sich vom Gras ernähren können, da sie die notwendigen Enzyme hierfür besitzen. Da in einem Pansen kein Sauerstoff ist, vergären diese Bewohner des Pansens die Cellulose. Dabei entstehen die Verdauungsgase Kohlenstoffdioxid und Methan, die regelmäßig ausgerülpst werden. Die dabei entstehenden Produkte wie Milchsäure, Vitamine und Fettsäuren gelangen durch die Pansenwand in die anliegenden Blutgefäße.

Bild 2: Das angedaute Pflanzenmaterial wird immer wieder im Pansen durchgemischt und gelangt schließlich in den Netzmagen, und von dort peristaltisch zurück in den Mund. Hier wird es intensiv zwischen den Backenzähnen zu einem flüssigen Nahrungsbrei zerrieben (Oberflächenvergrößerung). Dieses Wiederkäuen lässt sich gut beobachten.

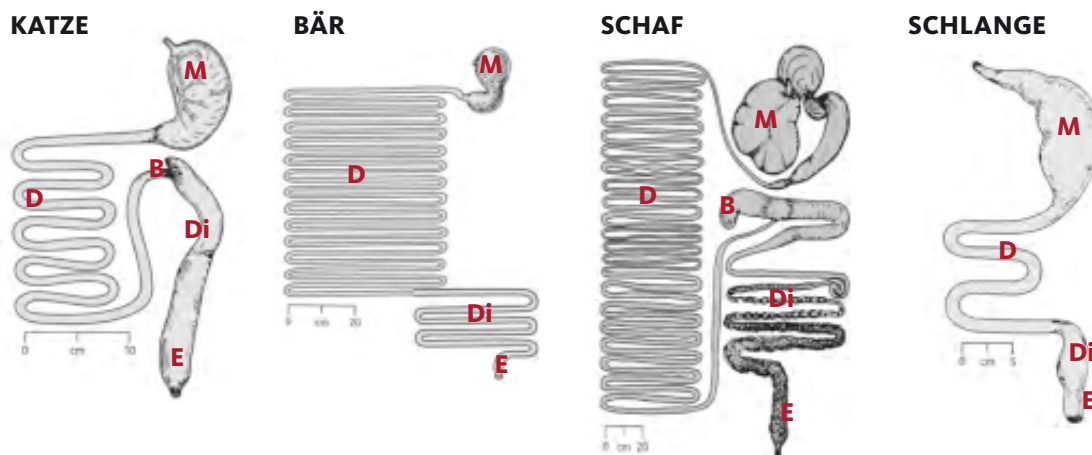
Bild 3: Der Nahrungsbrei gelangt über die Speiseröhre wieder zurück in den Magen. Diesmal jedoch nicht in den Pansen, sondern über die verschließbare Schlundrinne direkt in den Blättermagen. Dort wird ihm das Wasser entzogen und die Feststoffe in den Labmagen weitergegeben.

Bild 4: Der Labmagen entspricht funktionell unserem Magen. Hier werden Magensäure und Verdauungsenzyme aus der Magenwand abgegeben. So beginnt die Verdauung des Pflanzenmaterials, aber auch der Endosymbionten des Pansens.

In der Literatur findet man abweichende Angaben. So werden teilweise vier Vormägen angegeben. Der Schleudermagen, der für die Rejektion der anverdauten Nahrung in den Mund verantwortlich ist, wird in unserem Fall als Teil des Pansens betrachtet.

### S. 35: VERGLEICH DES VERDAUUNGSSYSTEMS VERSCHIEDENER WIRBELTIERE

1.



M = Magen; D = Dünndarm; B = Blinddarm; Di = Dickdarm; E = Enddarm

2.

**Katze:** einfacher Magen, kurzer Dünndarm, kleiner Blinddarm, kurzer Dick- und Enddarm

**Bär:** einfacher Magen, sehr langer Dünndarm, kein Blinddarm, kurzer Dick- und Enddarm

**Schaf:** großer, mehrteiliger Magen, langer Dünndarm, dicker Blinddarm, relativ kurzer Dickdarm, kurzer Enddarm

**Schlange:** einfacher, aber sehr großer Magen, kurzer Dünndarm, kein Blinddarm, kurzer Dick- und Enddarm

3.

Fleischfresser (Katze, Schlange) besitzen ein einfaches Verdauungssystem mit einfachem Magen und kurzen Därmen. Daraus lässt sich schließen, dass Fleisch gut und schnell verdaulich ist. Der große Magen der Schlange lässt sich dadurch erklären, dass sie ihre Beute als Ganzes aufnimmt, auch wenn sie größer ist als ihr Kopf. Pflanzenfresser (Schaf) besitzen einen sehr komplizierten, großen Magen, einen sehr langen Dünndarm und einen gut entwickelten Blinddarm. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass pflanzliche Nahrung nur schwer verdaulich ist und besondere Strukturen hierfür notwendig sind. Der lange Dünndarm weist auf eine langsame Verdauung hin. Ein Allesfresser (Bär) besitzt einerseits nur einen einfachen Magen wie Fleischfresser, jedoch andererseits einen langen Dünndarm wie Pflanzenfresser.

### S. 36: WIE NEHMEN TIERE NAHRUNG AUF? EINE BEOBACHTUNGSAUFBÄHRE

Hier sind nur häufige Beobachtungen und Hintergrundinformationen für die Beispieltiere aufgeführt.

**Asiatischer Elefant:** Ein Elefant frisst mit Hilfe seines Rüssels, der ihm als fünfte Hand dient. Der Rüssel des Asiatischen Elefanten weist an der Oberseite der Spitze einen „Finger“ auf, mit dem das Tier greifen kann. Da der Rüssel sehr beweglich ist und die Elefanten damit äußerst geschickt umgehen können, kann er feinste Dinge bis hin zu einzelnen Blättern damit aufnehmen. Mit dem Rüssel nimmt er auch weit entfernte Objekte auf, z.B. aus dem Graben oder von der Mauer. Während einer Fütterung fressen die Elefanten ruhig und kontinuierlich in fließenden Bewegungen. Die Nahrung wird mit Hilfe der nicht sichtbaren Backenzähne (insgesamt 4) zerrieben.

Es gibt keinen Streit ums Futter. Wenn verschiedene Obst- und Gemüsesorten angeboten werden, bevorzugt jeder Elefant bestimmte Sorten. Wenn Heu oder Gras bzw. im Winter Rüben angeboten werden, nimmt das Tier auch seine Vorderfüße zu Hilfe, indem es das verteilte Futter damit sammelt bzw. darauf tritt und so die Rube zerkleinert. Wenn Gras gefressen wird, ist häufig zu beobachten, dass der Rüssel mundgerechte Portionen bündelt, und dieses Bündel erst ein paar Mal durch die Luft schlägt, bevor der Elefant frisst. So vermindert er die Mengen an Sand, die sich zwischen den Halmen befinden könnten und schon seine Mahlzähne. Manchmal spielen die Tiere auch mit dem Futter, indem sie Gras auf Kopf und Rücken legen. Wenn die großen Kugeln mit Beschäftigungsfutter gefüllt sind, werden diese hin und her geschoben, sodass der Elefant an die kleinen Leckereien (Karottenstückchen) herankommt. Wenn harte Gegenstände, z.B. Baumstümpfe, angeboten werden, bearbeitet der Elefant sie mit seiner ganzen Körperkraft.

**Spitzmaulnashorn:** Das Spitzmaulnashorn ist ein Blattfresser (während das Breitmaulnashorn ein Grasfresser ist). Seine Oberlippe läuft nach vorn spitz zu und mündet in einem kleinen Finger. Das Tier nimmt Nahrung selektiv auf.

**Kleiner Panda:** Der zur Ordnung der Raubtiere gehörende Kleine Panda ernährt sich überwiegend vegetarisch, und zwar von Bambus. Gute Beobachtungsmöglichkeiten bieten sich am Morgen. Er nimmt beim Fressen eigentlich immer eine Hand zur Hilfe mit der er einen Bambuszweig zu sich heran schiebt. Das geschieht in allen Körperhaltungen, teilweise auch kopfüber. Manchmal streift er auch Bambusblätter von den Zweigen ab. Hierzu nutzt er seinen „sechsten Finger“. Er frisst kontinuierlich, Blatt für Blatt. Er kann jedoch aufgrund seines Raubtiergebisses die Blätter nicht zermahlen, sondern er zerbeißt sie mit Mundbewegungen, die etwas unbeholfen aussehen. Die andere Hand nutzt er, um sich festzuhalten. Nach einer Mahlzeit klettert das Tier meist wieder in einem Baum und rollt sich zusammen. So spart es beim langwierigen Verdauungsprozess Energie.

**Buntes Bentheimer Landschwein:** Am besten ist es, die Tiere in der Außenanlage zu beobachten. Dort wühlen die Tiere nach Nahrung. Sie schieben mit der Oberseite ihres sehr tastempfindlichen Rüssels die Erde weg und gelangen so an die Nahrung. Wenn Futter, besonders Saftfutter, angeboten wird kann man den Einsatz der Backenzähne gut beobachten und hören. Dorthin wird das Futter im Maul geschoben, zerknackt und anschließend grob zerkaut. Die hierbei entstehenden typischen Schmatzgeräusche sind unvergesslich.

**Schimpanse:** Diese sehr intelligenten Menschenaffen sind kreativ und individuell unterschiedlich in ihrer Nahrungsaufnahme. Während der Fütterung betteln sie mit durchaus menschlichen Gesten nach Futter. Sie zeigen dann auch, wie geschickt sie Nahrung fangen können und wie sie diese horten. Da sie – wie wir – Allesfresser sind, ist ihr Nahrungsspektrum sehr breit, doch während der Fütterungen vor dem Publikum wird nur Obst und Gemüse angeboten. Mehrmals am Tag wird Beschäftigungsfutter angeboten. Die Tierpfleger\*innen überlegen jeden Tag aus Neuem, wie sie für Abwechslung sorgen können. Darüber hinaus gibt es in der Innen- und Außenanlage versteckte oder deutlich sichtbare technische Mittel für Beschäftigungsmaßnahmen durch gezielte Futtergaben. Eigenständig erkunden die Schimpansen die Anlage auf der Suche nach Fressbarem.

Sehr reizvoll ist auch die Beobachtung von anderen Primatenarten, da auch sie ein komplexes Fressverhalten zeigen und dies teilweise in ähnlicher Weise machen, wie Menschen es tun würden.

**Zebra:** Sie nehmen Heu, Gras oder ähnliche pflanzliche Nahrung direkt mit dem Maul auf. Sehr geschickt bewegen sie dabei Ober- und Unterlippe, die sich immer weiter durch die meist breit gestreuten Futtergaben hindurch tasten und das Futter wie kleine Greifer ins Maul befördern. Besonders wenn nur wenig Futter vorliegt, hat man fast den Eindruck, dass sie das Futter einsaugen. Ein andauernder Strom von Futter wird so aufgenommen, meist nur kurz durch Kopfanheben unterbrochen. Die Tiere haben während eines Fressvorgangs meist die Ohren nach hinten gelegt. So erheben sie Anspruch auf das Futter und signalisieren den anderen Tieren auf der Anlage wegzubleiben. Das Futter wird nahezu unzerkaut abgeschluckt. So können große Mengen in kurzer Zeit gefressen werden. Dies ist wichtig da die Tiere in der Natur während des Fressens nicht die volle Aufmerksamkeit auf mögliche Beutegreifer richten können.

**Schwarzwanz-Präriehunde:** In den zwei miteinander verbundenen Anlagen der Präriehunde liegt immer Futter bereit. Die Nagetiere ergreifen kleinere Nahrungsstücke wie Pellets, Nüsse und kleine Obststücke, halten sie zwischen ihren Pfo-

ten und nagen sie mit ihren Nagezähnen mit sehr großer Geschwindigkeit Stück für Stück ab. Regelmäßig unterbrechen sie den Vorgang, um zu kauen. Mit einzelnen Halmen verfahren sie genauso. Man sieht wie der Halm Stück für Stück gekürzt wird.

**Rothschild-Giraffe:** Man kann an den Futterkörben auf der Außenanlage und im Giraffenhaus gut beobachten, wie die Giraffen Luzerne als Nahrung aufnehmen. Sie benutzen dazu vor allem ihre Oberlippe und Zunge (siehe oben). In regelmäßigen Abständen unterbricht die Giraffe die Nahrungsaufnahme und zerkaut die Nahrung eine Zeit lang.

### S. 37: DER VOGELSCHNABEL – EIN VIELSEITIGES WERKZEUG

1. Messer, Pinzette, Speer, Filter, Karabinerhaken, Nussknacker, Löffel, Kescher.
2. Flamingo 4, Reiher 3, Kernbeißer 6, Schwalbe 2, Löffler 7, Papagei 5, Seeadler 1, Pelikan 8
3. Lösungswort: SCHNABEL
- 4.

**Flamingo:** Durch rhythmisches Öffnen und Schließen des Schnabels saugt der Vogel Wasser an und presst es durch einen Reusenapparat. Dieser filtert kleine Partikel und Kleinstlebewesen aus dem Wasserstrom, welche abgeschluckt werden.

**Reiher:** Er steht bei der Jagd lange bewegungslos am Ufer von seichten Gewässern und wartet darauf, dass Beute in seine Reichweite gelangt. Mit einer blitzschnellen Bewegung stößt er dann zu und ersticht sie bzw. nimmt sie mit dem Vorder schnabel auf.

**Kernbeißer:** Um an die Samen oder die Kerne einiger Früchte zu gelangen, bricht der Kernbeißer diese mit seinem Schnabel. Das Innere des Schnabels ist mit zahlreichen Rillen ausgestattet, die es erlauben, auf den Samen oder auf den Kern einen erheblichen Druck auszuüben. So packt der Kernbeißer zum Beispiel einen Kern mit der Naht nach unten, da hier der niedrigste Spaltdruck benötigt wird und bricht Sie auf.

**Schwalbe:** Der Vogel erbeutet Insekten im Flug. Der kurze, spitze Schnabel ergreift sie, indem er sich kurz öffnet und dann sofort wieder schließt.

**Löffler:** Der Löffler nimmt seine Nahrung durch „Seihen“ auf. Dabei pendelt der Vogel mit seinem Kopf hin und her, wobei er seine Nahrung aus dem flachen Wasser filtert.

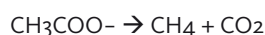
**Papagei:** Mit seinem hohen an der Spitze hakenförmig nach unten gebogenen Schnabel kann er Nüsse knacken und Früchte abzupfen und zerteilen. Um an die Nahrung zu gelangen, klettert er oft in den Bäumen. Er hält sich dabei sehr oft als Sicherung mit seinem Schnabel fest.

**Seeadler:** Er hat einen mächtigen Hakenschnabel. Der Oberschnabel ist vorne spitz und nach unten gebogen. Er steht mit seinen scharfkantigen Seiten über dem Unterschnabel über. Zusammen mit einer kräftigen Muskulatur kann der harte Schnabel Fleisch von seiner Beute abschneiden.

**Pelikan:** Der lange, breite Schnabel weist auf der Unterseite auf seiner gesamten Länge einen häutigen, sehr dehnbaren Kehlsack auf. Er keschert damit Fische aus dem Wasser. Die gebogene Spitze an der Vorderseite des Oberschnabels verhindert, dass die Beute entwischt, wenn der Pelikan sie im Schnabel so dreht, dass der Kopf des Fisches in Richtung Schlund zeigt.

### S. 38: KLIMAWANDEL – KAMPF DEN RÜLPERN

1. Methanproduktion: Zunächst werden die Polysaccharide durch anaerobe Gärer zu Oligomeren verstoffwechselt. Aus diesen entstehen eine Vielzahl von weiteren Gärungsprodukten, z.B. Fettsäuren. Fettsäuren und Oligomere werden mit Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid zu Methan umgewandelt. Das geschieht durch bestimmte Archaeen (früher Archaeobakterien), sogenannte hydrogenotrophe Methanogenese. Ein weiterer, hier nicht dargestellter Weg, ist durch Umwandlung von Acetat durch acetoklastische Methanogene (2).



500 L x 365 Tage x 1.000.000.000 Rinder weltweit = 18.250.000.000.000 L pro Jahr

2. Das Ziel ist den Wasserstoffgehalt im Pansen der Rinder möglichst zu minimieren. Das soll durch Futterzusätze geschehen, die den Wasserstoffproduzenten, gewissen Einzellern, das Leben so erschweren, dass sie weniger Wasserstoff produzieren. Damit fehlt den Archaeen ein Ausgangsstoff für die Produktion von Methan. Diese Futterzusätze sind Fette, Saponine und Tannine. Alle drei Stoffgruppen gehören nicht zur normalen Diät der Rinder und schmecken ihnen nicht.

### **S. 39: EINE KUH IST KEIN AUTO**

1. Die Viehwirtschaft ist so ausgerichtet, dass die eigenen Ressourcen reichen. Ackerbau und Tierhaltung werden so aufeinander abgestimmt, dass nur so viele Tiere gehalten werden, wie der Betrieb über eigene Futtermittel ernähren kann. Umgekehrt muss die Menge des Tierdunges, der als Dünger eingesetzt wird, an den Nährstoffbedarf der Ackerflächen angepasst sein. So ist ein Stoffkreislauf weitgehend gegeben. Auf synthetischen Stickstoffdünger und die Verfütterung von industriell hergestelltem Kraftfutter wird verzichtet.

2. Eine Klimabilanz ist in unserem Beispiel eine vergleichende Gegenüberstellung von Eintrag von Klimagasen und deren Entzug.

Konventionelle/ Industrielle Viehwirtschaft:

Emissionen: 1. Methan, welches Kühe während der Verdauung freisetzen. 2. Stallmist, der Boden und Wasser belastet. 3. Energie und Lachgas für die Herstellung des Tierfutters sowie Düngergaben und Pestizide. 4. Energie, die beim Transport des Fleisches und der Verarbeitung verbraucht wird.

Nachhaltige Viehwirtschaft (Viehwirtschaft auf Weidegras)

Emissionen: 1 und 4 fallen ebenso an, 2 und 3 entfallen weitgehend.

Entlastung: Humusbildung

3. Strategie (1) setzt nur am ausgestoßenen Methan an. Zusatzstoffe werden verfüttert, die nicht tiergerecht sind, da sie nicht zur natürlichen Nahrung der Rinder gehören und in den Ablauf der Verdauung eingegriffen wird. Die Form der Intensivviehhaltung – und somit der größte Teilfaktor der Emissionen – bleibt unangetastet.

Strategie (2) beurteilt das Gesamtsystem. Es greift auf Prinzipien der nachhaltigen Viehhaltung zurück und kommt insgesamt zu einer wesentlich besseren Klimabilanz. Rinder, die Weidegras statt Kraftfutter bekommen, setzen 40% weniger Treibhausgase frei und verbrauchen 85% weniger Energie.

### **S. 40: ÖKOLOGISCHE EINNICHTUNG VON LEMUREN AUF MADAGASKAR**

1: Mausmaki = Insektenfresser, Südlicher Riesenmausmaki = Allesfresser, Fettschwanzmaki = Fruchtfresser, Gelbstreifenmaki = Baumsaftfresser, Wieselmaki = Blattfresser

2. Mausmaki: spitze Zähne, Molaren w-förmig mit scharfen Kanten, Fleisch der Insekten wird unzerkaut aufgenommen

Gelbstreifenmaki: lange untere Schneidezähne, verlängerte, dolchartige Eckzähne, oben auch der erste Prämolare, dienen zum Aufbrechen der Rinde, um an Baumsäfte zu gelangen

Wieselmaki: breite, mehrkronige Molaren und Prämolaren, dienen zum Zermahlen der Blattnahrung

3. Fettschwanzmaki: Der Fruchtfresser zeigt einen extremen Wechsel des Körpergewichtes im Jahresverlauf. In der Regenzeit nimmt er viele Früchte auf, verstoffwechselt sie und legt sich – wie sein Name schon sagt – ein großes Fettdepot im Schwanz an. Davon zehrt er während der Trockenzeit.

Riesenmausmaki: Der Allesfresser zeigt nur geringe Gewichtsschwankungen im Jahresverlauf. Er ist Nahrungsopportunist, d.h. er nimmt bevorzugt die Nahrung auf, die mit dem geringsten Energieaufwand zu erreichen ist. So kann er auch in der Trockenzeit genügend Nahrung finden.

4. Ausgangssituation: Relativ unspezialisierte Vorfahren der heutigen Lemuren lebten auf Madagaskar als es durch tektonische Kräfte vom afrikanischen Festland getrennt wurde. Es gab auf der nun geographisch isolierten Insel eine große Vielfalt unterschiedlicher Lebensräume und keine Beutegreifer.

Prozess: Die Populationen wuchsen rasch an und es kam zu starker intraspezifischer Konkurrenz, z.B. um Nahrung. Infolgedessen waren Formen im Vorteil, die neue Nahrungsquellen und neue Lebensräume erschließen konnten. Ökologisch isoliert entwickelten sich im Zusammenspiel von Mutation und Selektion neue Formen, die hinsichtlich Nahrungsspektrum, Körperbau, physiologischer Leistung etc. immer stärker an unterschiedliche Lebensbedingungen angepasst wurden (Spezialisierung). Es kam z.B. aufgrund von ökologischer, ethologischer Isolation zu einer Isolation der einzelnen Genpools, sodass im Laufe der Zeit neue Arten mit unterschiedlichen Ansprüchen an ihre Umwelt evolvierten.

Heute: Das nun sympatrische Vorkommen der fünf Arten in einem Lebensraum ist durch unterschiedliche Annidation (= Einnischung) z.B. hinsichtlich Nahrungswahl und Höhenpräferenz in Bäumen zu erklären. Interspezifische Konkurrenz wird dadurch minimiert (Konkurrenzausschluss- bzw. -verringerungsprinzip).

### **S. 41: EVOLUTION VON SÄUGETIERMÄGEN**

1. Pflanzenfresser haben ein Problem beim Verdauen der Nahrung, da sie Cellulose nicht selbst verstoffwechseln können. Sie besitzen Bereiche im Magen bzw. große Vormägen, die endosymbiontischen Bakterien und Einzellern als Lebensraum dienen. Die anaeroben Symbionten erhalten von ihrem Wirt einen idealen Lebensraum: Wärme sowie Nährstoffe in Form von Pflanzenmaterial und Stickstoffverbindungen. Sie vergären (= fermentieren) die Cellulose zu kurzkettigen Kohlenhydraten und Fettsäuren, die vom Wirt verwertbar sind. Dabei werden auch sie selbst verdaut, doch nur in solchen Anteilen, dass optimale Bedingungen für die verbliebenen Symbionten erhalten bleiben.

2. Die Struktur der Gärkammern ist unterschiedlich. Bei den Beuteltieren haben sich in den vorderen Teilen des langgezogenen Magens Blicksäcke entwickelt, während im hinteren Teil Drüsenäcke zu finden sind, in denen der eigentliche Verdauungsprozess stattfindet. Bei den übrigen Tieren ist die Lagebeziehung der Gärkammer (= Pansen) zwischen Speiseröhre und Drüsenmagen (= Labmagen) gleich. Die Gärkammer ist sehr groß (s.o.) und ein eigener Teilbereich des Magens (gekammerter Magen). Die Funktion ist allen Gärkammern gemeinsam. Sie bieten möglichst vielen Endosymbionten einen Lebensraum, indem sie Pflanzenmaterial fermentieren.

3. Anhand des Stammbaums der Säugetiere kann man die divergente Entwicklung zu den einzelnen Säugetierordnungen erkennen. Einen gekammerten Magen besitzen jedoch nur pflanzenfressende Arten in vier Ordnungen. Es handelt sich folglich nicht um ein ursprüngliches (plesiomorphes) Merkmal der Säugetiere, sondern um ein abgeleitetes (apomorphes) Merkmal, das sich jeweils unabhängig entwickelt hat. Es hat also eine parallele Evolution des gekammerten Magens stattgefunden.

### **S. 42: JARMAN-BELL-PRINZIP**

1. Mit abnehmender Körpermasse steigt der Sauerstoffverbrauch exponentiell an. Der Sauerstoffverbrauch ist das Maß für die Stoffwechselaktivität des Tieres. Er wird schließlich so extrem groß, dass er zum limitierenden Faktor wird. Das kleinste Säugetier ist die Etruskerspitzmaus mit einem Gewicht von ca. 25 Gramm, der kleinste Primat bringt es auf ca. 50 Gramm. Als Grund für den enormen Stoffwechsel pro Gramm Körpergewicht wird die ungünstige Relation zwischen Wärme abstrahlender Oberfläche und Wärme produzierendem Körpervolumen gesehen.

2. Die Qualität eines Futtermittels hängt von verschiedenen Faktoren ab. In unserem Fall korreliert er mit den verwertbaren Nährstoffen. Modellhaft lässt sich aussagen, dass der Protein- und Eiweißgehalt von links nach rechts zunimmt, während der Cellulose-Anteil in der Nahrung umgekehrt von links nach rechts steigt. So ist es für Tiere sehr schwierig aus Rinde und Blättern verwertbare Energie in Form von ATP zu gewinnen, während dies aus Insekten einfach möglich ist.

3. Der Gorilla ist der größte Primat. Mit teilweise über 200 kg Gewicht braucht er große Mengen an Nährstoffen. Er ist folglich auf Nahrung angewiesen, die häufig vorkommt, sodass er sie mit geringem Aufwand erreichen kann. Dafür kann er hinsichtlich der Futterqualität Abstriche machen. Denn durch seinen großen Körper hat er einen langsamen Stoffwechsel und genügend Speichermöglichkeiten für viel Pflanzenmaterial. Durch einen langsamen Verdauungsprozess kann er die von stark raufaserhaltiger Nahrung wie Zweige und Blätter aufschließen und somit seinen Bau- und Energiestoffwechsel aufrechterhalten.

Zwergseidenäffchen weisen aufgrund ihrer geringen Größe einen sehr intensiven Stoffwechsel auf. Diesen können Sie nur aufrechterhalten, indem sie sich von qualitativ hochwertiger Nahrung ernähren, die rasch verdaut werden kann. Mit geringwertiger Nahrung würden sie verhungern. Der Suchaufwand nach Insekten, Samen und Baumsäften fällt hierbei kaum ins Gewicht, da sie aufgrund ihrer kleinen Größe nur eine geringe Menge benötigen.

4. Das Jarman-Bell-Prinzip besagt: Je kleiner ein Primat ist, desto hochwertiger ist seine Nahrung.

Hintergrund: Je kleiner der Affe ist, desto höher ist seine Stoffwechselaktivität pro Gramm Körpergewicht und desto höher ist sein Nahrungsbedarf. Seine Ernährung muss folglich sehr hochwertig sein, sodass die energetischen Lecks, z.B. durch Wärmeabstrahlung kompensiert werden können. Große Affen können auch mit geringwertigem Futter wie Blättern und Zweigen überleben, da diese ohne hohen Suchaufwand zu finden sind. Mittlere Affen müssten sich demnach überwiegend von Früchten ernähren, als Kompromiss zwischen Qualität und Suchaufwand.



## VIDEO-LINKS ZU ERNÄHRUNG

Unter dem youtube-Kanal „oschu1000“ finden Sie zahlreiche Videos aus dem Erlebnis-Zoo Hannover zur Nahrungssuche und Nahrungsaufnahme.

### Addax

<https://youtu.be/oau4nNTrcG4>  
<https://youtu.be/Wwd21csDq6g>

### Altdeutsches schwarzbuntes Niederungsrind

<https://youtu.be/Siq7gN8fGZE>  
<https://youtu.be/e4xDAZBPckQ>  
<https://youtu.be/iFdjmMzJHXo>

### Asiatischer Elefant

<https://youtu.be/FP3u7BGt6l>  
<https://youtu.be/luEzQiXITb4>  
<https://youtu.be/xG7cNlLgEiA>  
<https://youtu.be/RfULzfyAlCY>  
<https://youtu.be/AAWXUA3Ap6Q>

### Bennett-Känguru

<https://youtu.be/yo09knxyRyM>  
<https://youtu.be/zrDI-WajuHo>

### Berberlöwe

<https://youtu.be/sTet7xRYya4>  
<https://youtu.be/6GFfyDCT7IY>  
<https://youtu.be/posWBc5ZkHY>

### Blattschneideameise

<https://youtu.be/zLEqiDuHSsY>  
<https://youtu.be/czAJ---k5aQ>

### Blessbock

<https://youtu.be/i3a1ua-bdWE>

### Chinesischer Muntjak

<https://youtu.be/HgXGBRsyEg4>  
<https://youtu.be/sEFETwRdqis>

### Drill

<https://youtu.be/n6zZLAz5WR8>  
<https://youtu.be/VDozt-hemEo>

### Eisbär

<https://youtu.be/ga8mfojnOHk>  
<https://youtu.be/Vl9BF3HLoDA>  
<https://youtu.be/WVw6btRwIO4>  
[https://youtu.be/O9X5joE\\_TCo](https://youtu.be/O9X5joE_TCo)  
<https://youtu.be/KUW2Oem1wQA>

### Elenantilope

<https://youtu.be/1DIAwwEnZ78>  
<https://youtu.be/WbHkcLKnDFg>

### Erdmännchen

[https://youtu.be/dUvJU\\_zzIY8](https://youtu.be/dUvJU_zzIY8)  
<https://youtu.be/ozPXs4T4-w>

### Exmoor-Pony

<https://youtu.be/HAPkajbUE-k>  
<https://youtu.be/XYNJjnotrQl>  
<https://youtu.be/RB2sZV8fveg>

### Flamingo

[https://youtu.be/gVm\\_djabWxg](https://youtu.be/gVm_djabWxg)  
<https://youtu.be/dKIs2bX-JwQ>  
<https://youtu.be/glyxejfXq5M>  
<https://youtu.be/JoJyWrFje2g>  
<https://youtu.be/o6OH6g3zAso>

### Gelbschnabelente

<https://youtu.be/C5ZmxtYesWI>

### Grant-Steppenzebra

[https://youtu.be/vmGLEXIe\\_K4](https://youtu.be/vmGLEXIe_K4)  
<https://youtu.be/uiTYstRC2J4>

### Hartmann-Bergzebra

<https://youtu.be/ziSLfIUv1yk>  
<https://youtu.be/xLIMhhsZLQ>

### Harzer Rotvieh

<https://youtu.be/nH9Uei-Lre4>  
<https://youtu.be/Q6nJy8AodBA>  
<https://youtu.be/L88VAoJcJHI>

### Hausmaus

<https://youtu.be/zRzOgRXiGR8>

### Hulman-Langur

<https://youtu.be/CoB1dc5IWCE>  
<https://youtu.be/eNiclZidFBM>  
<https://youtu.be/E9656DqHwoY>  
<https://youtu.be/mANQkFUFCpl>  
<https://youtu.be/zr7W8wkokik>

### Impala

[https://youtu.be/Wb66K\\_9LVDI](https://youtu.be/Wb66K_9LVDI)  
<https://youtu.be/x1RuogQHPS8>  
<https://youtu.be/2YZy1Y2X6Hg>  
<https://youtu.be/8TNB2G-UvlQ>

### Kamerunschaf

<https://youtu.be/BJCXDFAV-Es>  
<https://youtu.be/mDProPQEBoM>

### Karibu

<https://youtu.be/YUTeJROocwY>  
<https://youtu.be/I6ImqGU9vBs>

### Kleiner Panda

<https://youtu.be/Bt3iyj1iolo>

### Kronenkranich

<https://youtu.be/hiTZxKv6l9s>  
<https://youtu.be/db--CD9GP5M>

### Lama

<https://youtu.be/bMfu1DTnMwc>  
<https://youtu.be/25XFyMObPYo>  
<https://youtu.be/pNrd24dmgMQ>  
<https://youtu.be/O7HXeTRcQZE>  
<https://youtu.be/vmahhmv3hdc>

### Mara

[https://youtu.be/\\_JCU75Wxc\\_g](https://youtu.be/_JCU75Wxc_g)  
<https://youtu.be/LTvcnzMcRTo>

**Marabu**

<https://youtu.be/bpLWXKbfrtE>

**Meerschweinchen**

<https://youtu.be/ZdDNZFCcCA5>

**Mehlwurm**

<https://youtu.be/IRIScmPuUmQ>

**Nacktnasenwombat**

[https://youtu.be/ccz\\_FQ-XWSo](https://youtu.be/ccz_FQ-XWSo)

**Nordafrikanischer Rothalsstrauß**

<https://youtu.be/Xg-FSyq5GtA>

<https://youtu.be/c8PFXgw9Eoc>

**Orpington-Huhn**

<https://youtu.be/X5n9Kh-isyg>

**Pferdeantilope**

<https://youtu.be/6OC8biQP5Ws>

<https://youtu.be/fZ8sJQRWbTA>

<https://youtu.be/wWtL2x-VUrU>

**Pinselohrschwein**

<https://youtu.be/4QqhWzTAilo>

**Präriehund**

<https://youtu.be/zA5pzXIJWCo>

<https://youtu.be/nRoMUFgbDWU>

<https://youtu.be/zShpT6Wupxl>

**Rauhwolliges pommersches Landschaf**

<https://youtu.be/qbvSvlzde8I>

[https://youtu.be/Zdq\\_D8JCGWU](https://youtu.be/Zdq_D8JCGWU)

<https://youtu.be/MNrdytxsje>

**Rosapelikan**

<https://youtu.be/e1UDrdSleQU>

**Rotbuntes Husumer Protestschwein**

<https://youtu.be/IObiC9Bq9jA>

<https://youtu.be/eyEli5brcyo>

<https://youtu.be/bSndxrvGUuo>

<https://youtu.be/zeAi8Q22tjl>

**Rotes Riesenmärguru**

<https://youtu.be/DrICV9rSP2M>

<https://youtu.be/3akValKvdA4>

<https://youtu.be/D9B1da72fjg>

**Rothschild-Giraffe**

<https://youtu.be/6RFPj3OTk6Y>

<https://youtu.be/yLW08xsUYTM>

<https://youtu.be/ztwjSqtN9LM>

**Sandregenpfeifer**

<https://youtu.be/D9DfS5IUB74>

**Schimpanse**

<https://youtu.be/Dbo-FsnrEXo>

<https://youtu.be/1vSJVfJB6ME>

<https://youtu.be/KolwN1zhFwM>

<https://youtu.be/VXn-KDo6Ub4>

<https://youtu.be/qY5XvonS9m4>

**Schneeeule**

<https://youtu.be/IThUOlojkRU>

[https://youtu.be/\\_1L15\\_KMqOs](https://youtu.be/_1L15_KMqOs)

**Somali-Wildesel**

<https://youtu.be/iae85Jff5RQ>

<https://youtu.be/kqmMhwZ8tDw>

<https://youtu.be/tJz1OWoGVzQ>

<https://youtu.be/lyEy3tIDnW4>

**Spinnenschildkröte**

<https://youtu.be/gjvt7woc7sQ>

**Spitzmaulnashorn**

<https://youtu.be/-RX8ST6zKf4>

<https://youtu.be/Qja7QmTRYUY>

**Stachelschwein**

[https://youtu.be/zcoHIdJ\\_NOA](https://youtu.be/zcoHIdJ_NOA)

**Sumpfwallaby**

[https://youtu.be/68pOOz\\_eLH8](https://youtu.be/68pOOz_eLH8)

**Teichhuhn**

[https://youtu.be/TLT8\\_ayTL-k](https://youtu.be/TLT8_ayTL-k)

**Thomson-Gazelle**

<https://youtu.be/dX75fhi4e2s>

<https://youtu.be/Zdytx9gKzkE>

**Thüringer Waldziege**

<https://youtu.be/CrooK6XEIglU>

[https://youtu.be/A117rU\\_rSmU](https://youtu.be/A117rU_rSmU)

**Timberwolf**

<https://youtu.be/WBUoWzoBWto>

**Vikunja**

[https://youtu.be/Lo\\_oWok3468](https://youtu.be/Lo_oWok3468)

<https://youtu.be/JJqWwQf-DT8>

**Waldbison**

<https://youtu.be/WwriKk9G2WU>

[https://youtu.be/TmUiOM-\\_bOE](https://youtu.be/TmUiOM-_bOE)

<https://youtu.be/p3YkgS3qJJM>

<https://youtu.be/qPvLL4wSZHU>

<https://youtu.be/mESMVw7gtu4>

**Wandelndes Blatt**

<https://youtu.be/DoyjVJ2iNXI>

**Waschbär**

<https://youtu.be/E6pyHT9zONg>

<https://youtu.be/WGhKbNOMGSE>

<https://youtu.be/Dou6bzyfhDk>

**Wasserschwein**

<https://youtu.be/3LGheqq3gTA>

<https://youtu.be/oQUgqbJWjmQ>

<https://youtu.be/RZTo69NLVTA>

**Weißstorch**

<https://youtu.be/yobOuZanOJg>

**Wellensittich**

[https://youtu.be/sAw\\_vLh5-pw](https://youtu.be/sAw_vLh5-pw)

**Westlicher Flachlandgorilla**

<https://youtu.be/1T4lGy2Ro1w>  
<https://youtu.be/kW3A-yM7Ekk>

**Zebrafink**

<https://youtu.be/ZbpNp1O3HQA>

**Zwergrüsseldikdik**

<https://youtu.be/CEK5LctxTSk>  
[https://youtu.be/gPZE\\_pF9dnk](https://youtu.be/gPZE_pF9dnk)  
<https://youtu.be/SEC5-SwJTGk>

## QUELLEN

### ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Wenn nicht anders angegeben, stammen die Fotos und Zeichnungen aus dem Bestand von Erwin Bastian und/oder dem Erlebnis-Zoo Hannover.

Abb. 3: Townsend C.R., M. Begon & J.L. Harper (2009): Ökologie, Springer Verlag

Abb. 4: Krull, H.-P. (1999): Nahrungswahl bei Primaten – Unterrichts Anregung für die Sekundarstufe II. In: Unterricht Biologie – Zeitschrift für die Sekundarstufe, 23:249

Abb. 13: [www.tierschaedelonline.de/page\\_shop.php?LID=DE&ACTION=CAT&CATID=2](http://www.tierschaedelonline.de/page_shop.php?LID=DE&ACTION=CAT&CATID=2)

Abb. 17: [www.taxidermy.net/forum/index.php?topic=289905.0](http://www.taxidermy.net/forum/index.php?topic=289905.0)

Abb. 23: Krull, H.-P. (1999): Nahrungswahl bei Primaten – Unterrichts Anregung für die Sekundarstufe II. In: Unterricht Biologie – Zeitschrift für die Sekundarstufe, 23:249

Abb. 24: Chivers, D.J. & P. Langer (1994): The Digestive System in Mammals: Food, Form and Function, Cambridge University Press, verändert.

Abb. 25, 29, 32: Zeichnungen: Pflumm, W. (1989): Biologie der Säugetiere, Pareys Studentexte 66, Paul Parey Verlag, verändert.

Abb. 43: Giraffe und Pinselohrschwein: Kingdon, J. (1988): East African Mammals: An Atlas of Evolution in Africa, University of Chicago Press

Abb. 49: Pinselohrschwein: Kingdon, J. (1988): East African Mammals: An Atlas of Evolution in Africa, University of Chicago Press

Abb. 50: Stoffwechsel-Grafik: Pflumm, W. (1989): Biologie der Säugetiere, Pareys Studentexte 66, Paul Parey Verlag, verändert

Abb. 51: Ernährungstypen (2001):4.1 Räuber-Beute-Beziehungen, Klett-Verlag, [http://www.klett.de/web/uploads/pondus\\_pdf/schwerpunkt.pdf](http://www.klett.de/web/uploads/pondus_pdf/schwerpunkt.pdf), verändert

S. 43: Wiederkäuermagen Zeichnungen: Brauner, K. (2002): Bakterien helfen bei der Verdauung. In: Unterricht Biologie – Zeitschrift für die Sekundarstufe, 26:278, verändert

S. 44: Verdauungssysteme: Hosey, G., V. Melfi & S. Pankhurst (2009): Zoo animals – Behaviour, management, and welfare, Oxford University Press, verändert

S.49:

Speer: <http://de.kingdomhearts.wikia.com/wiki/Speer>

Nussknacker: <http://www.preis.de/produkte/Carl-Mertens-Nussknacker/528734.html>

Messer: [http://www.eisenquirin.de/media/image/thumbnail/Victorinox\\_Gemsenmesser\\_schwarz\\_5\\_0303\\_720x600.jpg](http://www.eisenquirin.de/media/image/thumbnail/Victorinox_Gemsenmesser_schwarz_5_0303_720x600.jpg)

Filter: <http://www.neuropool.com/newimages/2009/Kaffeefilter.jpg>

Karabiner: <https://shop.haberkorn.ch/repository/itempopup/0000ADC3.jpg>

Pinzette: [http://picture.yatego.com/images/48a1727235cabo.4/si-04-107\\_3-kqh/qualitts-micro-juwelier-pinzette-spitz.jpg](http://picture.yatego.com/images/48a1727235cabo.4/si-04-107_3-kqh/qualitts-micro-juwelier-pinzette-spitz.jpg)

Kescher: [https://www.fishermans-partner-shop.de/artikel\\_Zubehoer-KescherSenkeSetzkescherGaffhaken-Kescher\\_3tlg\\_50x50\\_cm\\_77\\_cm\\_Griff\\_gummiert-108372.htm](https://www.fishermans-partner-shop.de/artikel_Zubehoer-KescherSenkeSetzkescherGaffhaken-Kescher_3tlg_50x50_cm_77_cm_Griff_gummiert-108372.htm)

Löffel: [https://de.wikipedia.org/wiki/Essbesteck#/media/File:No-frills\\_tablespoon.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Essbesteck#/media/File:No-frills_tablespoon.jpg)

S. 50: Methanproduzenten: <http://www.planet3dnw.de/vbulletin/threads/314071-klimagas-methan-aus-viehmaegen>

S.52: Klimagase: [http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Methan\\_und\\_Lachgas\\_-\\_Langfassung.pdf](http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Methan_und_Lachgas_-_Langfassung.pdf)

## LITERATURVERZEICHNIS

- Brauner, K. (2002): Bakterien helfen bei der Verdauung. In: Unterricht Biologie – Zeitschrift für die Sekundarstufe, 26:278
- Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz (1972): Tierschutzgesetz, [www.gesetze-im-internet.de/tierschg/BJNR012770972.html](http://www.gesetze-im-internet.de/tierschg/BJNR012770972.html)
- Castello, J.R. (2016): Bovids of the World. Princeton University Press, Oxfordshire.
- Castello, J. R. (2020). Felids and Hyenas of the World: Wild Cats, Panthers, Lynx, Pumas, Ocelots, Caracals, and Relatives. Princeton University Press, Oxfordshire.
- Chivers, D.J. & P. Langer (1994): The Digestive System in Mammals: Food, Form and Function, Cambridge University Press
- del Hoyo, J., Elliot, A. & Vicens, J.S. (1992). Handbook of the Birds of the World. Vol.1: Ostrich to Ducks. Lynx Edicions, Barcelona.
- Designer Animals Wiki (2010): Siberian Tigers, [www.designeranimals.wikispaces.com/Tiger](http://www.designeranimals.wikispaces.com/Tiger)
- Dittrich, L. & Nogge, G. (2012): Zootierhaltung – Grundlagen. Wissenschaftlicher Verlag Harri Deutsch, Frankfurt.
- Franz, R. (2010): Nutritional limits of gigantism – Allometry of digestive anatomy and physiology in herbivores with special reference to methane losses, Dissertation, Universität Zürich
- Fritz, J. (2007): Allometrie der Kotpartikelgröße bei pflanzenfressenden Säugern, Reptilien und Vögeln, Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München
- Geissmann, T. (2003): Vergleichende Primatologie, Springer Verlag
- Glatston, A.R. (2011): Red Panda: Biology and Conservation of the First Panda. Academic Press, London.
- Hosey, G., V. Melfi & S. Pankhurst (2009): Zoo animals – Behaviour, management, and welfare, Oxford University Press
- Idel, A. (2011): Die Kuh ist nicht das Problem, [www.ila-web.de/ausgaben/343/die-kuh-ist-nicht-das-problem](http://www.ila-web.de/ausgaben/343/die-kuh-ist-nicht-das-problem)
- Jarman, P.J. (1974): The social organization of antelope in relation to their ecology, Behaviour, 48
- Johannsen, K. (2001): Zeige mir deine Zähne und ich sage dir, was du (fr)isst. In: Unterricht Biologie – Zeitschrift für die Sekundarstufe, 25:265
- Kingdon, J. (1988): East African Mammals: An Atlas of Evolution in Africa, University of Chicago Press
- Kirchgeßner, M. (2011): Tierernährung, DLG-Verlag
- Kleffner, H. (2008): Literaturstudie über die Verdaulichkeit von Energie und Nährstoffen bei wilden carnivoren und omnivoren Säugetieren als Grundlage für Energiewertschätzungen im Futter, Dissertation, Ludwigs-Maximilians-Universität München
- Kolbatz, K.-P. (o.J.): Klimakiller Kuh – Kraftwagen contra Rindvieh, [www.klimaforschung.net/cgi-bin/weblog\\_basic/index.php?page\\_id=42](http://www.klimaforschung.net/cgi-bin/weblog_basic/index.php?page_id=42)
- Krull, H.-P. (1999): Nahrungswahl bei Primaten – Unterrichts Anregung für die Sekundarstufe II. In: Unterricht Biologie – Zeitschrift für die Sekundarstufe, 23:249
- Naumann, C., R. Bassler, Seibold, R. & Barth, C. (1997): Band III Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, VDLUFA Verlag
- Pflumm, W. (1989): Biologie der Säugetiere, Pareys Studentexte 66, Paul Parey Verlag
- Pies-Schulz-Hofen, R. (2003): Ernährungsweisen bei Tieren, Fleisch- und Pflanzenfresser im Vergleich – Eine Sequenz der Unterrichtseinheit „Tiere im Zoo“, Broschüre der Zooschule Berlin
- Rees P.A. (2011): An introduction to zoo biology and management. Wiley Blackwell, New Jersey.
- Riebel, I. (2020). Gemüsesorten im Überblick. Arbeitsplatz Zoo Sonderausgabe, Hille Verlag.
- Seilnacht, T. (o.J.): Gebisse der Säugetiere, [www.digitalefolien.de/biologie/tiere/saeuger/gebisse.html](http://www.digitalefolien.de/biologie/tiere/saeuger/gebisse.html)
- Shafy, S. (2007): Klimawandel – Kampf den Rülpsern, [www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/klimawandel-kampf-den-ruelpsern-a-491402.html](http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/klimawandel-kampf-den-ruelpsern-a-491402.html)
- Starck, D. (1995): Band II Wirbeltiere, Teil 5/1 Säugetiere. In: Kaestner, A. (Ed.): Lehrbuch der Speziellen Zoologie, Gustav Fischer Verlag
- Storch, V., U. Welsch & M. Wink (2001): Evolutionsbiologie, Springer Verlag
- Tigers-World (2014): Tiger Feeding, [www.tigers-world.com/tiger-feeding](http://www.tigers-world.com/tiger-feeding)
- Townsend C.R., M. Begon & J.L. Harper (2009): Ökologie, Springer Verlag
- von Witzke, H. & S. Noleppa (2007): Methan und Lachgas, die vergessenen Klimagase, WWF, [www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Methan\\_und\\_Lachgas\\_-\\_Langfassung.pdf](http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Methan_und_Lachgas_-_Langfassung.pdf)

Wilson. D. E. & R. A. Mittermeier (Ed.) (2009): Handbook of the Mammals of the World, 1. Carnivores, Lynx Editions, Barcelona.

Wilson. D. E. & R. A. Mittermeier (Ed.) (2011): Handbook of the Mammals of the World, 2. Hoofed Mammals, Lynx Editions, Barcelona.

Wilson. D. E. & R. A. Mittermeier (Ed.) (2013): Handbook of the Mammals of the World, 3. Primates, Lynx Editions, Barcelona.

Wilson. D. E. & R. A. Mittermeier (Ed.) (2014): Handbook of the Mammals of the World, 4. Sea Mammals, Lynx Editions, Barcelona.

Wilson. D. E. & R. A. Mittermeier (Ed.) (2016): Handbook of the Mammals of the World, 6. Lagomorphs and Rodents I, Lynx Editions, Barcelona.

**Zooschule**  
**Erlebnis-Zoo Hannover**  
Adenauerallee 3  
30175 Hannover  
Tel.: 0511 / 28074 - 0  
zooschule@erlebnis-zoo.de  
**erlebnis-zoo.de/zooschule**

Stand 11.2020

