

Der Mensch – ein Coctivor*

Von Udo Pollmer und Jutta Muth

* von lat. *coctum*: das Gekochte. Abgeleitet von *coquere*: kochen, sieden, backen, braten, fermentieren, zubereiten; dazu auch *coquus*: Koch. Das deutsche Wort leitet sich ebenso davon ab wie das englische „to cook“.

Mögen sich die Philosophen in ihren Schriften über die rechte geistige Nahrung des Menschen streiten, aus biologischer Sicht gehören ihre Leser zu den Allesfressern. Nicht umsonst gedeiht die Menschheit sowohl mit vorwiegend tierischer als auch pflanzlicher Kost vorzüglich. Lässt man ihr die Wahl, so vereint sie meist beides auf ihrem Speisezettel. Der menschliche Verdauungstrakt entspricht mit seiner Enzymausstattung dem anderer Allesfresser und naturgemäß auch dem seiner nächsten Verwandtschaft, den Menschenaffen. Der strukturelle Aufbau ist bei allen höheren Primaten gleich. Trotzdem gibt es entscheidende Differenzen, die dem Menschen einen Sonderstatus zuweisen.

Ein Blick ins Gesicht offenbart den ersten wesentlichen Unterschied: Uns fehlt die Schnauze mit großen U-förmigen Zahnreihen, kräftigen Zähnen und einem Kiefer mit starker Hebelwirkung. Unser Gebiss vermag allenfalls ein Mäuslein zu Tode zu beißen, aber kein großes Fleischstück aus einem erlegten Wildschwein zu reißen. Auch vom Knacken von Nüssen, Panzern und Knochen sehen wir aus naheliegenden Gründen lieber ab. Reiß- und Mahlzähne sind nicht vorhanden, die zwei abgerundeten Zahnbögen dienen lediglich zum Kauen. Die unverzichtbare Zerkleinerungsarbeit wurde schon in grauer Vorzeit „outgesourct“. Wir Heutigen zerwirken ein erlegtes Wildschwein, beizen die Keule in der Küche, bis sie mürbe ist, und schneiden das Fleisch schließlich auf dem Teller klein. Das Rindfleisch für unsere Buletten drehen wir durch einen Wolf, oder wir kuttern es, um daraus Würstchen herstellen können. Was zu hart ist, mahlen, vergären, kochen oder backen wir. Zwar kauen wir ganz gern mal eine Brotkruste, benutzen unser Gebiss aber nicht, um nennenswerte Mengen an rohem Getreide oder nährstoffarmem Laubwerk zu vermahlen.

Die Rückbildung seiner Kaumuskel verdankt der Mensch einer speziellen Genmutation (MYH16), die mittlerweile als Voraussetzung für den Zuwachs an Gehirn gilt.⁴⁹ Erst als die robusten Ansatzstellen für die Muskeln überflüssig wurden, konnte sich die Schädelgeometrie ändern.⁶ Die kräftigen Kaumuskel der Großen Menschenaffen setzen häufig am Scheitelkamm

(Crista sagittalis) an, einem durchgehenden Knochenvorsprung auf dem Schädel. Er ist noch bei den ersten Hominiden (*Australopithecus robustus*) vorhanden, die auch über kräftige Beißwerkzeuge und Mahlzähne verfügten. Beim *Australopithecus africanus*, der ein zierlicheres Gebiss aufwies, sind Scheitelkamm und Mahlzähne bereits verschwunden. Die Kaumuskel sind seitlich am Schädel verankert und die Stirn wölbt sich nach oben. Nun beginnt die schnelle Expansion des menschlichen Gehirns.³³

Der Darm: Einsichten und Aussichten

Diese Merkmale setzen sich im Verdauungstrakt fort. Während Gorillas und wohl auch Schimpansen in der Lage sind, Knochen bis zu einem gewissen Grad zu verdauen¹³, muss der Mensch das Fleisch vor dem Verzehr vom Skelett lösen. Auch pflanzliche Ballaststoffe können die Affen zum Teil verdauen.³⁸ Die höhere Effizienz beim Aufschluss schwer verdaulicher Kost kommt wenig überraschend, schließlich beansprucht der Verdauungstrakt bei den Menschenaffen einen wesentlich höheren Anteil an der Körpermasse als beim Menschen.⁴

Der menschliche Verdauungstrakt ist zudem anders gestaltet. Ungewöhnlich ist sein Dünndarm, der 50 Prozent des Verdauungstraktes ausmacht. Bei den Menschenaffen sind es gerade mal 20 Prozent (siehe Abbildung 1 auf Seite 6). Dank seiner großen Oberfläche, die durch kleine Ausstülpungen (Zotten und Mikrovilli) die Größe eines Basketballfeldes (ca. 400 Quadratmeter) erreicht, resorbiert der menschliche Dünndarm schnell große Mengen an Nährstoffen. Weder im Magen noch im Dünndarm siedeln geeignete Mikroorganismen, die beim Aufschluss der Nahrung helfen könnten. Folglich ist der Mensch auf leicht verdauliche, aufgeschlossene Kost angewiesen. Gebiss und Dünndarm weisen den *Homo sapiens* als Freund von Fast Food aus, also von vorzerkleinerten Speisen, die jederzeit ohne großen Aufwand gegessen werden können und schnell Energie liefern.

Und was ist mit den allseits beschworenen Ballaststoffen? Dafür ist zunächst das Caecum (Blinddarm) zuständig und dann das Colon (Dickdarm). Beide

Darmabschnitte sind bei den meisten pflanzenfressenden Säugern auf die Fermentation von Ballaststoffen ausgelegt. Dabei werden kurzkettige Fettsäuren erzeugt, die Kalorien liefern. Doch dem Menschen fehlt ein geeigneter Blinddarm und auch sein Dickdarm ist als Gärkammer eher unbedeutend. Während unser Dünndarm gut die Hälfte des gesamten Verdauungstraktes vereinnahmt, macht der Dickdarm weniger als ein Fünftel aus. Bei den Menschenaffen sind die Verhältnisse nahezu umgekehrt (siehe Abbildung 1). Unser kurzes Colon ist demnach ein freundlicher Hinweis auf die Anpassung an eine ballaststoffreduzierte Kost.

Der Mensch ist zwar ein Allesfresser, aber das heißt nicht, dass er alles isst. Er bereitet seine Nahrung zu. Er zerkleinert sie, schließt sie durch Fermentation oder Hitze auf, er entfernt überflüssige Ballaststoffe, indem er vieles schält, entkernt, das Fell abzieht oder die Knochen auslöst. Die menschliche Anatomie bezeugt

eine biologische Evolution parallel zur Entwicklung von Küchentechniken. Seinem Gastrointestinaltrakt genügen 60 Prozent (!) jenes Volumens, das für einen Primaten gleicher Größe zu erwarten wäre (siehe Abbildung 2).¹⁵ Der *Homo sapiens* ist kein von den Bäumen herabgestiegener Affe, der mühsam lernen muss, im Supermarkt nach naturbelassener Baumrinde aus Öko-Regenwäldern zu suchen, um fit zu bleiben. Im Gegenteil, der menschliche Verdauungstrakt ist exakt an jene aufbereitete Kost angepasst, die die Menschheit seit Menschengedenken mit größtem Vergnügen verzehrt. Der Mensch ist ein Coctivor.

Die vorverarbeitete Nahrung braucht der Mensch insbesondere, um sein – im Vergleich zu den anderen Primaten – energiezehrendes Gehirn zu versorgen. Dessen Energieverbrauch liegt (bezogen auf das Gewicht) etwa 16-mal höher als bei einem Muskel.³⁰ Mit 25 Prozent des Ruheumsatzes verbraucht unser Oberstübchen etwa dreimal mehr Kalorien als das

Anteile des Gastrointestinaltrakts in Prozent

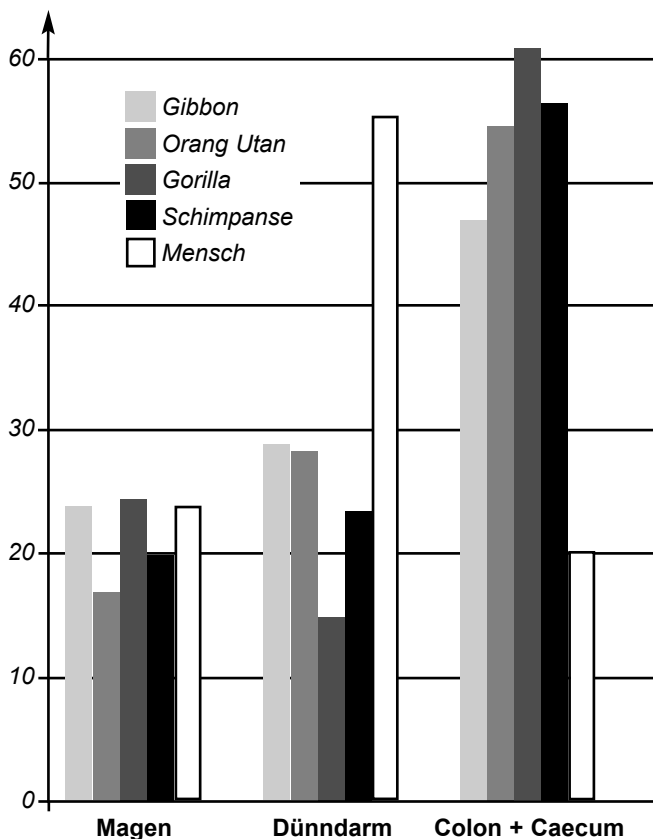


Abbildung 1: Volumenverhältnisse des menschlichen Gastrointestinaltraktes im Vergleich zu anderen Primaten³⁹

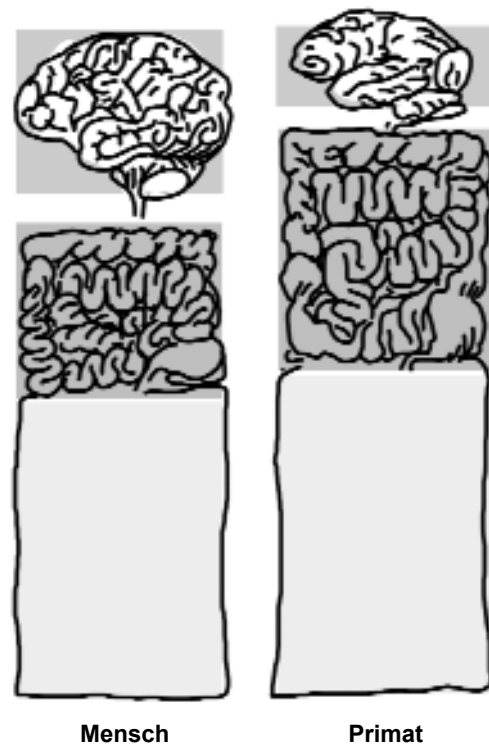


Abbildung 2: Volumenverhältnisse des menschlichen Verdauungstraktes und Gehirns im Vergleich zu Primaten (nach Aiello L.)

eines Schimpansen.³¹ Das Gehirn von Neugeborenen beansprucht sogar 60 Prozent der durch Muttermilch zugeführten Energie.³²

Bei Affen zeigte sich ebenfalls ein Zusammenhang zwischen leicht verdaulicher Kost und Gehirnentwicklung: Je höher der Anteil an Insekten und Vogeleiern in der Nahrung, desto größer das Gehirn. Eine Untersuchung an 28 verschiedenen Primatenarten ergab, dass mit zunehmendem Verzehr von Laubwerk und Früchten der Darm größer und das Hirn entsprechend kleiner ausfällt.¹⁶ Der Mensch hat schlichtweg den Energiebedarf seines Gehirns zu Lasten seines Darms vervielfacht. Wer also zu jener Kostform zurück will, die von der Mehrzahl der Ernährungsexperten gefordert wird, sollte sein Großhirn rechtzeitig gegen ein paar Meter Dickdarm eintauschen.

Da eine leicht verdauliche, ballaststoffreduzierte Kost in der Natur nur in sehr begrenztem Umfang zur Verfügung steht, lag es für den *Homo sapiens* nahe, seine Lebensmittel zu bearbeiten. Er verfolgt damit drei Ziele: Die Erhöhung des Gehaltes an leicht verdaulichen Nährstoffen, die Verminderung des Ballaststoffgehaltes und die Entgiftung sekundärer Pflanzenstoffe (Antinutritiva). Der Aufschluss der Stärke durch Hitze machte es beispielsweise überflüssig, große Mengen an stärke-spaltenden Enzymen mit dem Speichel auszuscheiden, wie es beim Schwein der Fall ist. So spart unser Körper sowohl Verdauungsenergie als auch eine ständige genetische Anpassung an die vielfältigen Abwehrtricks der Pflanzen. Entweder passt sich ein Lebewesen an seine Nahrung an oder es sucht nach Wegen, seinen Verdauungstrakt zu entlasten. Der Mensch hat sich in seiner Evolution für Letzteres entschieden und war damit erfolgreich.

Monokultur und Massentierhaltung

Erst der gezielte Anbau von Nahrungspflanzen und die Haltung von Vieh, das für Menschen unverdauliche Pflanzen oder anderweitig Ungenießbares in tierisches Eiweiß umsetzt, erlaubte es, mehr Nahrung aus einer gegebenen Fläche zu gewinnen als es Jäger- und Sammlervölkern möglich ist. Die Bevölkerungsdichte so genannter Naturgesellschaften liegt bei etwa einer Person pro Quadratkilometer, in Tokio siedeln auf der gleichen Fläche weit über 10 000 Menschen. Die Existenz von Städten setzt seit jeher eine gezielte Produktion großer Nahrungsmengen voraus. Einen Weg zur besseren Nahrungsversorgung bietet die Züchtung.

Die eigentliche Triebkraft, warum der Mensch begann, Wildpflanzen zu selektieren und zu verbessern, ist wohl in der Bekömmlichkeit einzelner Varietäten zu suchen. Fast alle Pflanzenteile, außer säuger-

Von Menschen und Affen

Die beste anatomische Übereinstimmung mit dem menschlichen Verdauungstrakt findet sich nicht bei den Menschenaffen, sondern bei den Kapuzineräffchen. Sowohl Kapuzineräffchen als auch Mensch haben einen langen Dünn- und einen kurzen Dickdarm.^{34,37} Das Kapuzineräffchen ist ebenfalls ein Allesfresser, es fängt Insekten, Spinnen und Vögel, frisst aber genauso gerne süße Früchte, Eier, Mais und fettreiche Samen.³⁷ Es leistet sich ein relativ großes Gehirn und gilt unter Verhaltensforschern als intelligent. Auch der Verdauungstrakt eines anderen Allesfressers, nämlich des Pavians, ähnelt dem des Menschen.^{37,50}

Faible für Fleisch

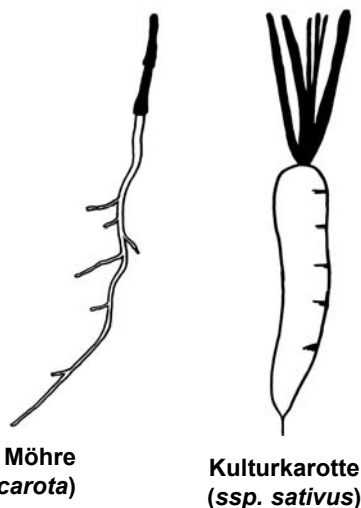
Warum aber kann der Mensch nicht genauso von Spinnen und Spatzen, von Mais und Mispeln leben wie seine Verdauungsverwandten? In den gemäßigten Breiten würde der mühsam zu sammelnde „Kleinkram“ allenfalls im Spätsommer ausreichend Nahrungsenergie liefern. Darum schlagen sich Überlebenstrainer bevorzugt im August oder September durch Wald und Flur und sammeln Beeren und Pilze oder fangen Kleinwild. Im Winter kann hierzulande nur die Jagd die kalorische Versorgung sichern. Dazu wiederum sind Werkzeuge und Feuer nötig. Ohne diese Hilfsmittel wäre weder die Jagd eines Hirsches möglich noch der Konsum von Kleintieren, weil der Mensch diese im Gegensatz zum Affen nicht mit seinen Zähnen klein bekommt und Fell oder Knochen nicht verdauen kann. Am Polarkreis, wo die Vegetationsperiode extrem kurz und der Energiebedarf aufgrund der Kälte groß ist, blieb dem Menschen gar nichts anderes übrig, als sich auf fettes Fleisch zu spezialisieren.

Üppige Termitenernte

Anders sieht es in den Tropen aus, wo das ganze Jahr über Unmengen an sozial lebenden Insekten wie Termiten zur Verfügung stehen, die mit relativ geringem Aufwand eingesammelt bzw. geerntet werden können. Nicht umsonst spielen Insekten oder fette Maden, die allein wegen ihrer Größe lohnende und leichte Jagdbeute sind, in den Tropen eine wichtige Rolle als Nahrungsmittel. Auch Schimpansen verbringen viele Stunden am Tag damit, die begehrten Tierchen mit Zweigen aus ihren Bauten zu angeln. Die gleiche Zeit könnten sie sicher auch zum Früchtesammeln oder Blätterkauen aufwenden, doch offensichtlich ist ihnen die eiweißreiche Insektenkost wichtiger.

verbreiteten Früchten oder Samen in harten Schalen, enthalten Abwehrstoffe, damit sie nicht gefressen werden. Aber es gibt immer wieder Mangelmutanten, denen ein für den Menschen besonders unangenehmes Antinutritivum fehlt. Beispielsweise lieferten Eichen früher ein wichtiges Grundnahrungsmittel. Dazu mussten die Eicheln entbittert werden. Es gibt gleichermaßen – wenn auch selten – Eichen, deren Samen einen deutlich geringeren Gehalt an Tanninen aufweisen. Ähnliches gilt für den Nackthafer, dessen Körner sich leicht aus den scharfen Spelzen des Blütenstandes lösen. Oder die süße Mandel, die praktisch frei von Blausäure ist. Mit diesem „Fehler“ hätte sie es von selbst niemals zur häufigsten Mandelvarietät auf dem Globus gebracht. Diese Pflanzen werden bevorzugt, gezielter vermehrt und alsbald auch gehegt und gepflegt.

Wie weit sich unsere heutigen Nutzpflanzen von ihren Wildformen entfernt haben, wird an der Möhre deutlich (siehe Abbildung 3). Als Wildgewächs ist sie gegen Insekten, Bakterien und Nagetiere geschützt, sonst gäbe es sie nicht mehr. Damit wir sie verzehren können, noch dazu roh, wurden unerwünschte Antinutritiva herausgezüchtet. Seither ist sie auf unseren Beständen angewiesen, um nicht Schädlingen und Krankheiten zum Opfer zu fallen. Überlässt man Kulturmöhren sich selbst, dann verschwinden sie innerhalb weniger Jahre aus ihrem Habitat. Aber nicht nur der Verträglichkeit galt das Interesse des Menschen. Gleichzeitig versuchte er, die Ausbeute an Kalorien zu steigern. Denn der Anbau ist nur dann wirtschaftlich, wenn er mehr Kalorien liefert, als zur Erzeugung und Verdauung erforderlich sind.



Wilde Möhre
(*ssp. carota*)

Kulturkarotte
(*ssp. sativus*)

Abbildung 3: Die Möhre als Wild- und Kulturpflanze

Gesellschaften, denen keine geeigneten Pflanzenschutztechniken zur Verfügung stehen, lassen deshalb eine Notration für Mangelzeiten auf dem Feld stehen. Außerdem setzen sie auf Varietäten mit hohem Giftgehalt, die erst nach der Ernte entgiftet werden. Beispiele sind Maniok und die Andenkartoffel. Beide entstammen Pflanzenfamilien, die für ihre potenten Giftstoffe berüchtigt sind: den Wolfsmilch- und den Nachtschattengewächsen. Erstere enthalten reichlich Blausäure, letztere toxische Alkaloide. Die Blausäure wird durch Verreiben, Auspressen, Fermentieren und Erhitzen entfernt, bei den Alkaloiden erfolgt die Entgiftung meist durch Auslaugen und Geophagie, also dem Verzehr von speziellen Tonerden. Sie binden die Alkaloide im Verdauungstrakt²⁵ (vgl. *EU.L.E.n-Spiegel 2006/H.2*).

Fressen und gefressen werden

Die Züchtung von Kulturpflanzen ist immer eine Gratwanderung. Entfernt man zu viele Schutzstoffe, steigt das Risiko von Ertragseinbußen durch Krankheiten und Schädlinge. Erhöht man die Resistenz, können die Produkte dem Menschen gefährlich werden. Bei der Kartoffel mussten aus diesem Grund neue Sorten wieder vom Markt genommen werden. Ihr Alkaloidgehalt war nicht nur für Kartoffelkäfer ein Problem (vgl. *EU.L.E.n-Spiegel 2006/H.2*). Je mehr Pflanzenschutztechniken verfügbar sind, desto leichter kann man auf die pflanzeigene Abwehr verzichten. Künstliche Pestizide ersetzen die nicht minder toxischen natürlichen Pestizide der Pflanzen. Ein wirksamer Pflanzenschutz ist insbesondere die Basis für ertragreiche Monokulturen, da diese aufgrund ihrer genetischen Ähnlichkeit für Schädlinge ein gefundenes Fressen sind.

Um seine Versorgung mit leichtverdaulichem Eiweiß zu sichern, begann der Mensch Nutzvieh so zu züchten, dass die Tiere mit möglichst wenig Futter möglichst viel „Lebensmittel“ liefern. Rinder, Schafe, Ziegen und andere herbivore Nutztiere wurden zunächst gehalten, weil sie für den Menschen schwer verdauliche Pflanzenkost wie Gras, Blätter oder Ernterückstände in Lebensmittel wie Fleisch und Milch, aber auch in Wolle umwandelten. Das Schwein wiederum bewährte sich als anspruchsloser Allesfresser und damit als profitabler Abfallbeseitiger. Erst in neuester Zeit verfüttert man (als Folge der Agrarüberschüsse) auch Kraftfutter aus Rohstoffen wie Getreide, die der Mensch genauso gut selbst verspeisen könnte. Andererseits: Je „widernatürlicher“ die Fleischproduktion, desto besser die Ökobilanz. Je mehr Fleisch mit immer weniger Futter erzeugt werden kann, desto geringer der Einsatz von Ackerland zum Anbau von Futterpflanzen. Allerdings ist diese Form der Haltung nur prakti-

kabel, wenn wirksame Arzneimittel, insbesondere Antibiotika und Antiparasitika, verfügbar sind.

Ohne Küche keine Kultur

Nach dem Schlachten bzw. der Ernte folgt die Verarbeitung. Was früher erst im Haushalt und später im Handwerk verarbeitet werden musste, findet heute in industriellen Produktionsstraßen statt. Das, was nicht mechanisch durch Schälen, Sieben oder Entkernen bekömmlicher wird, wird auch heute noch einer Fermentation und/oder einer Erhitzung unterzogen. Ohne diese Techniken wären die meisten Getreidearten nicht weltweit zu Grundnahrungsmitteln avanciert. Und ohne sie könnte die Erde nicht die zur Zeit über sechs Milliarden Menschen ernähren.

Eine der wichtigsten Errungenschaften ist die Nutzung des Feuers zum Kochen. Es erleichtert die Verdauung, zerstört Antinutritiva und tötet Krankheitserreger. Erhitzen erhöht auch den kalorischen Wert der Nahrung, indem z. B. Makromoleküle aufgeschlossen werden. Damit verbreitert das Feuer nicht nur unseren Speisezettel in ungeahntem Ausmaß, es steuert seinerseits Kalorien zur Sättigung bei. Die Folgen einer unverarbeiteten, sprich naturbelassenen Nahrung zeigen sich bei den Menschenaffen. Sie verbringen einen Großteil ihrer Zeit mit der Nahrungsaufnahme und mit dem Verdauen. Allein das Kauen erfordert täglich etwa fünf Stunden Arbeit.¹⁶ Der Mensch gewann durch Züchtung, Monokulturen und Zubereitung seiner Nahrung die erforderliche Freiheit, um sich unbeschwert von anstrengenden Verdauungsvorgängen einer produktiven Arbeit widmen zu können. Dies ist die Basis der kulturellen Leistungen der Menschheit.

Tiere als Landwirte

Was auf den ersten Blick wie eine einzigartige Errungenschaft des Menschen wirkt, findet bei genauerer Betrachtung in der Tierwelt unerwartete Entsprechungen. Es stimmt natürlich: Tiere verfügen weder über Saatgutmultis noch über gentechnische Laborkulturen. Und dennoch züchten sie ebenfalls Pflanzen aller Art. Zum einen, indem sie Früchte fressen und so deren Samen verbreiten. Dafür erhalten sie das Fruchtfleisch als Lohn. Logischerweise tun sich die unterschiedlichen Tierarten vor allem an jenen Früchten gütlich, die für sie nahrhafter und bekömmlicher sind und die ihnen deshalb besser schmecken. So wählen Tiere genauso wie Menschen das für sie passende Saatgut aus. Dadurch findet eine effektive Selektion der Pflanzen durch ihre jeweiligen Verbreiter statt. Allerdings müssen Tiere einen erheblichen

Gehalt an Abwehrstoffen akzeptieren, da ihre Nahrungspflanzen sonst von Schädlingen eliminiert würden.

Um dichtbesiedelte Kolonien („Metropolen“ hieße das beim Menschen) versorgen zu können, bauen manche Tiere gezielt Lebensmittel an. Zu allem Überfluss haben sich einige Insektenarten sogar für Monokulturen entschieden – vermutlich, weil diese höhere Erträge ermöglichen und damit ein Volk leichter nähren. Mustergültiges Beispiel sind die Pilzgärten der Blattschneiderameisen. Dabei trifft der Begriff „Garten“ nicht recht zu, denn es handelt sich um reine Monokulturen. Diese „Gärten“ können das Volumen der Darmflüssigkeit großer Pflanzenfresser erreichen. Dagegen haben die Ameisen selbst einen Teil ihrer Verdauungsenzyme verloren, weil ihre Pilze das schwer verdauliche Pflanzenmaterial zersetzen und gleichzeitig niedermolekulare, leicht absorbierbare Nährstoffe liefern.⁹

Blattschneiderameisen kultivieren in ihrem Bau ausgewählte Pilzsportarten, von denen sie sich und ihre Brut ernähren. Fliegt eine Ameisenkönigin aus, um einen neuen Staat zu gründen, nimmt sie in einer speziellen Schlundtasche etwas Pilzmyzel als Saatgut mit. In jedem Nest finden sich meist nur ein oder zwei Pilzarten, trotzdem verwenden die Ameisen viele unterschiedliche Varietäten.⁴¹ Genetische Untersuchungen legen nahe, dass die Ameisen mehrere Pilzarten getrennt voneinander domestizierten und weiterzüchteten. Zudem wurde das züchterische Material offenbar häufig zwischen den Ameisenpopulationen ausgetauscht.⁴¹

Mit Dünger und Antibiotika

Wie auf dem Acker oder in der Gärtnerei reicht das passende Saatgut allein nicht für eine erfolgreiche Ernte aus. Die Ameisen sorgen deshalb für ein geeignetes Anzuchtsubstrat aus zerkleinerten Blättern, bereiten das Beet vor und düngen regelmäßig.⁴³ Unumgänglich sind Pflegemaßnahmen und Pflanzenschutz. Bis heute konnten 29 einzelne Arbeitsschritte ermittelt werden, und für jeden ist eine besondere Gruppe von Arbeiterinnen zuständig. Die Arbeitsteilung geht so weit, dass manche Arbeiterinnen besondere körperliche Merkmale entwickeln, die sie für ihren Job in der Nahrungsmittelproduktion prädestinieren.²⁰

An der chemischen Keule kommen nicht einmal Ameisen vorbei: Mit Antibiotika schützen sie ihre Pilzgärten vor Krankheiten. Zu diesem Zweck beherbergen sie in ihrem Panzer Streptomyceten. Diese Mikroorganismen spielen in der Medizin eine wichtige Rolle,

denn sie liefern viele unserer bewährten Antibiotika wie Tetracycline. So lag der Gedanke nahe, dass auch die Ameisenbakterien antibiotische Wirkstoffe produzieren. Schließlich muss bei ihrer Monokultur ebenfalls mit spezialisierten Parasiten gerechnet werden. In der Tat leiden ältere Monokulturen unter einem Pilz namens *Escovopsis*, der die gesamte Ernte vernichten kann. Im Labor unterdrückten die Antibiotika der Streptomyceten bei 25 Prozent der Proben das Wachstum des Parasiten vollständig, bei den übrigen zu über 70 Prozent. Gegen humanpathogene Keime, die normalerweise mit Antibiotika aus Streptomyceten bekämpft werden, waren sie wirkungslos.^{5,52}

Viel hilft viel

Rein theoretisch sollte das System auf Dauer nicht funktionieren, weil sich im Lauf der Jahre Resistenzen gegen die Antibiotika entwickeln müssten. Dennoch hat diese Art der Monokultur seit Jahrtausenden Bestand.⁴¹ Dies verdanken die Ameisen vermutlich dem ständigen Wettrüsten der Mikroben, das zu immer neuen Wirkstoffen führt. Noch wichtiger dürfte die Tatsache sein, dass die Antibiotika hochdosiert und in wilden Mixturen zugesetzt werden. Da brauchen Resistenzen einfach länger als in der Schweinemast.

Antibiotika entfalten in der Hand des Landwirts gewöhnlich einen doppelten Nutzen: Erstens werden damit Pathogene in Schach gehalten und zweitens wird das Wachstum des Nutztviehs gefördert. Während in der EU der Einsatz von antibiotischen Wachstumsförderern verboten wurde, nutzen die Ameisen schamlos die Wirkung ihrer Antibiotika zur Stimulation des Pilzwachstums. Bei Zusatz von Streptomyceten erzeugen die Kulturen etwa die zehnfache Biomasse. Ob dieser immense Effekt allein auf die Antibiotika zurückzuführen ist oder auch mit der Bereitstellung von Düngemitteln wie Aminosäuren zusammenhängt, ist bisher ungeklärt.⁵

Die Praktiken der Blattschneiderameisen sind beileibe kein Einzelfall. Auch unter den Termiten legen einige Arten Pilzkulturen an. Nicht anders der Borkenkäfer (*Xyloterus lineatus*): Das Weibchen bohrt Brutgänge ins Holz und beimpft sie mit ihren Haarbürsten am Kopf mit den Sporen eines Ambrosiapilzes. Bald kleidet der Pilz das ganze Gangsystem aus und dient Käfern und Larven als Nahrung. Beginnen andere Pilze oder Bakterien zu wachsen, jätet das Borkenkäfer-Weibchen seinen Garten, indem es das Unkraut verzehrt. Zur Regulation der Feuchtigkeit in den Gängen, die für das optimale Pilzwachstum nicht zu niedrig sein darf, verstopft es außerdem manche Gangab-

schnitte mit Bohrmehl. Wird der Pilzgarten nicht mehr gepflegt, weil das Weibchen stirbt, verwildert er schnell, und die Larven verhungern.²⁸

Zum Läusemelken

Nicht nur die Monokultur hat die Natur lange vor den Agrarwissenschaftlern erfunden. Auch die Massentierhaltung ist ihr geläufig. So bewirtschaften Ameisen große Blattlauserden. Manche Arten transportieren ihr Vieh bis zu zweimal pro Woche von einer Weide zur nächsten. Andere Ameisenspezies haben sich Lausarten gezüchtet, die nicht mehr selbst laufen können und nun ihren Hirten auf Gedeih und Verderb ausgeliefert sind. Die Ameisen beschützen dafür ihr Vieh vor Marienkäfern, Fliege-Larven oder Wespen. So können die Läuse ungefährdet zu großen Herden heranwachsen, wobei die Ameisen deren Größe genau kontrollieren. Überflüssiges Vieh wird notfalls getötet.¹¹

Es darf angenommen werden, dass die Ameisen nicht nur Fraßfeinde wie Marienkäfer abwehren, sondern auch zahlreiche Krankheitserreger – so wie die Blattschneiderameisen ihre Monokulturen mit Antibiotika gesund halten. Leider fehlen Untersuchungen über die therapeutischen Praktiken von Ameisen, insbesondere die verwendeten Läusearzneien. Für Schutz, Hege und Pflege lassen sich die Blattläuse von den Ameisen „melken“. Werden sie von den Fühlern der Ameisen betriillert, scheiden sie einen Tropfen Sekret aus. Die „Blattlausmilch“ oder auch der „Honigtau“ ist ein Zuckertropfen und entsprechend energiereich. Viele Ameisenarten decken damit den gesamten Kohlenhydratbedarf ihres Staates.²⁴

Statt Blattläuse haben manche Ameisenarten Zikaden, Schildläuse oder Schmetterlinge domestiziert, die weitaus größer sind als ihre Halter. Die Zusammensetzung des Honigtaus variiert stark von Art zu Art. Aber auch die Abgabemenge („Milchleistung“) muss stimmen.²³ Absoluter Spitzenreiter und entsprechend beliebt ist die Bunte Stängellaus, die pro Stunde bis zu einem Milligramm Honigtau abgibt. Nicht immer gewinnen die Ameisen den Kampf um die Weidegründe und Viehherden. So halten sich Faltenwespen Buckelzirpen, die sie wiederum gegen Ameisen und Schmetterlinge (Bläulinge) verteidigen.²⁹

Eine Wegameisenart brütet sogar die Eier für die Maiswurzellaus aus. Die Lausgelege werden den ganzen Winter über in den Kolonien der Ameisen gepflegt. Sobald die Nymphen im Frühjahr geschlüpft sind, tragen die Ameisen die jungen Läuse zu neuen gesunden Wurzelstöcken. Andere Ameisen bauen eigens Ställe, genauer gesagt Baumnester, in denen sie ihr Vieh auf

engstem Raum halten. Einige Bläulinge lassen ihre Raupen von Ameisen aufziehen. Im dritten Larvenstadium fallen die Raupen zu Boden und werden von der zuständigen Ameisenart in ihr Nest getragen und dort gefüttert. Damit die Schmetterlingslarven ungestört fressen können, bauen die Ameisen den Bläulingen unter ihren Futterpflanzen spezielle „Erdpavillons“. ^{10,24} Im Gegenzug melken die Ameisen die Honigdrüsen der Larven.

Mit Geduld und Spucke

Es gibt wohl kaum eine menschliche Verhaltensweise, die nicht im Tierreich eine Entsprechung fände. So auch bei der Verarbeitung von Nahrung. Viele Schalen von Eiern, Nüssen oder Krebsen lassen sich mit Pfoten, Zähnen oder Schnäbeln öffnen. Selbst „Körnerfresser“ wie Kanarienvögel entspelzen Hirse mit geschickten Schnabelbewegungen. Einige Tiere greifen lieber gleich zum Werkzeug. Schimpansen wurden schon häufig beim Knacken von Nüssen beobachtet. Sie legen die Nuss auf einen Stein und schlagen mit einem anderen Stein so lange darauf, bis die Schale aufbricht. ³⁶ Der Schmutzgeier wirft mit seinem Schnabel Steine auf Straußeneier, sodass die Schale löchrig wird und er den Inhalt ausschöpfen kann. Seeotter knacken Schnecken (Abalonen oder Meerohren) oder Krabben, indem sie sich mit der freien Pfote zunächst einen Stein vom Meeresgrund holen. An der Wasseroberfläche drehen sie sich auf den Rücken, legen das Schalentier auf ihrem Bauch und schlagen es mit dem Stein auf. ^{3,18} Mungos, die einen (ungiftigen) Tausendfüßler erwischen, werfen das gepanzerte, zur Kugel zusammengerollte Gliedertier mit Schmackes gegen Steine oder Bäume. Dadurch platzt die Beute und kann leergefressen werden. ¹¹

Die Nutzung von Werkzeugen ist im Tierreich weiter verbreitet als gemeinhin angenommen wird. So konnte inzwischen beobachtet werden, dass Schimpansen zur Jagd eigens dafür hergestellte Waffen benutzen. Sie angeln nicht nur mit Zweigen nach Termiten, sondern stellen sogar hölzerne Lanzen her, um damit Buschbabys, die in Baumhöhlen nächtigen, aufzuspießen. ⁴⁶ Eine zugegeben extreme Form der Werkzeugnutzung wurde aus Indien berichtet. Es handelte sich um einen kleinen Affen, der aus freien Stücken allmorgendlich in eine Werkstatt zum Arbeiten kam und dort bei der Reparatur von Fahrrädern zur Hand ging. ¹

Ein ebenfalls kurioses, aber verbreitetes Verhalten stellt das Waschen des Futters dar. Marabus wuschen leckere Mistkäfer, die sie aus Elefantendung herausfischten, vor dem Verzehr erst mal ab. ⁵¹ Krähen, die

Wellhornschnecken aus der Höhe herabfallen ließen, tauchten die zertrümmerten Gehäuse manchmal in Pflügen, um Splitter zu entfernen. ¹⁸ Anderen Tieren scheint es weniger um Reinigung zu gehen als um die Befeuchtung trockener Nahrung. Ein Kranich tunkte trockenes Brot ein, bevor er seinen Nachwuchs damit fütterte. ⁴⁰ Andere Vögel wie der Kanadareihher oder der Mangrovenreihher haben sich aufs Köderfischen verlegt: Um Beute anzulocken, werfen sie Früchte oder – wenn verfügbar – Brotstückchen ins Wasser. ^{7,47}

Leckere Salzkartoffeln

Unter den Säugetieren gelten die japanischen Rotgesichtsmakaken als Musterbeispiel für Sauberkeit bei Tisch. Im Herbst 1953 wurde erstmals ein Makakenmädchen dabei beobachtet, wie es Süßkartoffeln, die von Forschern als Lockmittel im Sand ausgelegt waren, vor dem Verzehr wusch. Dies fand bei ihren Spielkameraden alsbald viele Nachahmer. Heute ist das Waschen von Nahrungsmitteln in dieser Affengesellschaft Standard. Allerdings geht es den Tieren inzwischen nicht nur um die Reinigung. Als man ihnen gewaschene Süßkartoffeln anbot, gingen sie damit dennoch an den Strand – offenbar schmeckten ihnen gesalzene Bataten besser als ungesalzene.

In einem Zoo in Madrid schlagen die Schimpansen das Obst an kantige Mauerstellen, bis ein saftiger Brei entsteht, der von der Mauer geleckt wird. Ursprünglich hatte die Technik dort eine zahnlose Affendame entwickelt. ¹² Die Saftgewinnung ist auch von Kapuzineraffen bekannt ²¹ und dient wohl der Verminderung der Ballaststofffracht, da die saftlosen Überreste der Frucht verschmäht werden.

Schmetterlinge können keinen Pollen verzehren und verdauen. Die Vertreter der Gattung *Heliconius* haben einen Weg gefunden, die in den harten Pollenkörnern enthaltenen Aminosäuren dennoch aufzunehmen. Sie würgen den aufgenommenen Nektar wieder hervor und vermischen ihn mit den Pollenkörnern. Diese Mischung rühren sie mit ihren Mundwerkzeugen stundenlang, bis die polleneigenen Enzyme durch den Keimungsvorgang Eiweiße und Aminosäuren austreten lassen. Nun saugen die Schmetterlinge die eiweißreiche Nektarlösung wieder ein. ^{14,45}

Papageien im brasilianischen Regenwald knabbern regelmäßig Lehm von bestimmten Klippen, weil er im Darm giftige Pflanzenalkaloide aus der Nahrung bindet. So werden die Giftstoffe zusammen mit dem Lehm wieder ausgeschieden, ohne Schaden anrichten zu können. Lehm bindet aber auch Bakterien und Viren sowie deren Toxine – ähnlich wie medizinische Kohle, die bei Durchfallerkrankungen zum Einsatz kommt.

Geophagie wird nicht nur von Papageien praktiziert. Allein im Amazonasgebiet kennt man dieses Verhalten von Affen, Tapiren, Pekaries sowie verschiedenen Hühnervögeln aus der Familie der Hokkos. In Zentralafrika fraßen Waldelefanten, Flachlandgorillas und Berggorillas regelmäßig Lehm.³⁵

Zündelnde Ideen

Vorratshaltung ist auch im Tierreich eine gefragte Strategie – und das nicht nur bei Eichhörnchen oder Hamstern. Manche Tiere konservieren ihre verderbliche Beute, bevor sie sie einlagern. Hornissen überziehen getötete Bienen mit einem Sekret, um deren Haltbarkeit zu erhöhen.²² Honigbienen wiederum schützen ihr Heim mit Propolis gegen Infektionen. Eine kleine Bienengruppe sammelt dazu antibiotische Pflanzenharze, die sie zu Propolis verarbeitet. Der Bienenstock wird dann mit einer dünnen Schicht ausgekleidet. Propolis wirkt gegen zahlreiche Bakterien, Viren und Pilze. Auch der Honig selbst enthält mehrere antibiotisch wirkende Substanzen, die ihn, neben seinem niedrigen Wasser- und hohen Zuckergehalt, vor Verderb schützen.

Holz bildet Tannine und Polyphenole, die mit Eiweißen reagieren und zu Verdauungsproblemen führen. Um sie zu entgiften, weichen Biber Äste in Wasser ein. Die Nager nutzen Gehölze je nach Gehalt an Abwehrstoffen: Tanninarme Arten werden direkt an Land gefressen, tanninreiche hingegen erst, nachdem sie einige Wochen im Wasser gelegen haben. Im Labor reduzierte das Einweichen die Gerbstoffe bis zu 60 Prozent.⁴² Wühlmäuse nagen im Winter Zweige von jungen Nadelbäumen ab und lassen sie erst mal zwei Tage auf dem Schnee liegen. Dadurch sinkt der Gehalt an Tanninen und Polyphenolen auf ein Maß, die der üblichen Sommernahrung der Tiere entspricht.⁴⁸

Eine besonders raffinierte Form der Entgiftung durch Fermentation praktiziert der Raubwürger (*Lanius excubitor*). Der Vogel speißt extrem giftige Heuschrecken auf Dornen oder Stacheldraht auf. Dort verbleibt die Beute zwei Tage, bis sich das Gift zersetzt und die Heuschrecke verfärbt hat. Der Würger frisst sie erst nach diesem Farbumschlag – und dann auch nur die ungiftigen Teile, den Rest verschmäht er.⁵³

Lediglich das Kochen haben die Tiere noch nicht erfunden. Doch es gibt durchaus Arten, die gegarte Nahrung zu schätzen wissen. Buschbrände bedeuten für viele Tiere Gefahr. Andere wie z. B. Falken ziehen ihren Nutzen daraus, indem sie die fliehenden Tiere jagen.⁴⁴ Weißnacken-Störche und Königsgeier lassen sich Zeit und schlagen erst zu, wenn das Feuer weitergezogen ist. Dann sammeln sie gegrillte Insekten oder

Reptilien auf.^{19,27} In Australien wurden zahlreiche Tierarten wie Reptilien, Vögel und Ratten beobachtet, wie sie Regionen mit Buschbränden absuchten, um Futter zu finden.² Manche Vogelarten patrouillieren entlang der Feuerlinien auf der Suche nach versengten Insek-

Verfahren	Lebensmittelgewinnung und -verarbeitung beim Menschen	Lebensmittelgewinnung und -verarbeitung bei Tieren
Züchtung	Alle wichtigen Nahrungspflanzen und Nutztiere sind Resultat langer Züchtung	Tiere als Verbreiter von Samen und Früchten; Selektion von Pilzarten für den Anbau; Züchtung neuer Blattlausarten
Anbau	Monokulturen zur Ertragssteigerung; Einsatz von Dünger und Pflanzenschutz	Monokulturen (Pilze) bei Ameisen, Termiten und Käfern; Einsatz von Dünger und Antibiotika
Viehhaltung	Vieh setzt unverwertbares Pflanzenmaterial in tierisches Eiweiß um	Massentierhaltung von Läusen durch Ameisen; Schutz vor Fraßfeinden und Pflege der Weideflächen
Jagd	Fang von Fischen mit Netzen und Ködern; Jagd von Wildtieren mit Waffen	Fang von Fischen mit Ködern; Jagd von Kleinsäugern mit Holzspießen
Mechanische Lebensmittelverarbeitung	Fast alle Nahrungsmittel sind mechanisch verarbeitet, um Unverdauliches zu entfernen und Kau- bzw. Verdauungsarbeit zu erleichtern	Nüsse, Muscheln und Eier werden mit Steinen geöffnet; Gastrolithen zerkleinern Nahrung im Magen; Nahrung wird gewaschen
Fermentation	Getreide (Brot, Bier), Soja, Hirse, Maniok, Milchsäuregärung	Vorzugsweise im Körper der Tiere (Pansen, Enddarmfermentation); Caecotrophie
Entgiftung	Züchtung, Erhitzung, Fermentation, Geophagie	Einweichen von Ästen; Aufspießen von Insekten; Geophagie
Erhitzen	Kochen und Backen	Nutzung von Buschbränden

Lebensmittelgewinnung und -verarbeitung bei Menschen und Tieren

ten.²⁶ Dass manche Vögel (wie einige Augenzeugen beobachtet haben wollen) sogar glimmende Äste an trockene Stellen transportieren, um dort neue Feuer zu entfachen, ist eher zweifelhaft.¹⁷ Tatsache ist aber, dass sowohl ausgewilderte Schimpansen wie auch Orang Utans versuchten, in der Wildnis das Entfachen eines Lagerfeuers nachzuahmen.³⁶

Literatur

1) Anon: Affe als Arbeitnehmer. *Naturwissenschaftliche Rundschau* 1991/44/S.151

2) Bright A: Burn Grass. In: Rose DB: *Country in Flames. Proceedings of the 1994 symposium on biodiversity and fire in North Australia.* Canberra 1994/S.59-62

3) Byrne R: *The Thinking Ape.* Oxford University Press 1995

4) Chivers DJ, Hladik CM: Morphology of the gastrointestinal tract in primates: comparisons with other mammals in relation to diet. *Journal of Morphology* 1980/166/S.337-386

5) Currie CR et al: Fungus-growing ants use antibiotic-producing bacteria to control garden parasites. *Nature* 1999/398/S.701-704

6) Currie P: Muscling in on hominid evolution. *Nature* 2004/428/S.373-374

7) Davis WE, Zickfosse J: Bait-fishing by birds: a fascinating example of tool use. *Bird Observer* 1998/28/S.139-143

8) Diamond J: Ants, crops, and history. *Science* 1998/281/S.1974-1975

9) Dumpert K: *Das Sozialleben der Ameisen.* Parey, Berlin 1994

10) Eisner T: *For Love of Insects.* Harvard University Press, Cambridge 2003

11) Fernandez-Carriba S, Loeches A: Fruit smearing by captive chimpanzees: A newly observed food-processing behavior. *Current Anthropology* 2001/42/S.143-147

12) Fossey D: *Gorillas im Nebel.* Kindler, München 1989

13) Gilbert LE: Pollen feeding and reproductive biology of *Heliconius* butterflies. *PNAS* 1972/69/S.1403-1407

14) Gibbons A: Solving the brain's energy crisis. *Science* 1998/280/S.1345-1347

15) Gibbons A: Food for thought. *Science* 2007/316/S.1558-1560

16) Goudsblom J: The human monopoly on the use of fire: its origins and conditions. *Human Evolution* 1986/1/S.517-523

17) Griffin DR: *Wie Tiere denken.* BLV, München 1985

18) Harper F: *The Vultur sacra of William Bartram.* *Auk* 1936/53/S.381-392

19) Hein T: Ameisen – Helden wie wir. *SZ-Wissen* 2007/15/S.60-67

20) Heinemann D: Kapuzinerartige Neuweltaffen. In: Grzimek B: *Enzyklopädie des Tierreiches in 13 Bänden.* Weltbild, Augsburg 2000/10/S.310-347

21) Herzner G et al: Food wrapping with the postpharyngeal gland secretion by females of the European beewolf *Philanthus triangulum.* *Journal of Chemical Ecology* 2007/33/S.849-859

22) Hoffmann KH: Von Läusen und Ameisen. *Forschung* 2003/2/S.14-17

23) Hölldobler B, Wilson EO: *Ameisen.* Birkhäuser, Basel 1995

24) Johns T: *With Bitter Herbs They Shall Eat It.* University of Arizona Press, Tucson 1990

25) Jones D: Time, seasonality and design: reconsidering temporal dimensions and patterns of the Australian landscape. Paper presented at the National Conference of the Australian Institute of Landscape Architects; 2002

26) Kasoma PMB, Pomeroy DE: The status and ecology of storks and the shoebill in East Africa. *Colonial Waterbirds* 1987/10/S.221-228

27) Klausnitzer B: *Käfer.* Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2002

28) Körner HK: Trophobie – Honigtau als Nahrungsquelle für Insekten. *Naturwissenschaftliche Rundschau* 1982/34/S.450-456

29) Leonad WR et al: Metabolic correlates of hominid brain evolution. *Comparative Biochemistry and Physiology* 2003/136A/S.5-15

30) Leonard WR: *Menschwerdung durch Kraftnahrung.* Spektrum der Wissenschaft 2003/Mai/S.30-38

31) Leonard WR et al: Survival of the fattest: fat babies were the key to evolution of the large human brain. *Comparative Biochemistry and Physiology* 2003/136A/S.17-26

32) Lewin R: *Spuren der Menschwerdung.* Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 1992

33) Macdonald D: *Die große Enzyklopädie der Säugetiere.* Tandem Verlag, Königswinter 2004

34) Mahaney WC, Krishnamani R: Understanding geophagy in animals: standard procedures for sampling soils. *Journal of Chemical Ecology* 2003/29/S.1503-1523

35) McGrew WC: *Chimpanzee Material Culture.* Cambridge University Press 1992

36) Milton K: Primate diets and gut morphology: implications for hominid evolution. In: Harris M, Ross EB: *Food and Evolution.* Temple University Press, Philadelphia 1987/S.93-115

37) Milton K, Demment MW: Digestion and passage kinetics of chimpanzees fed high and low fiber diets and comparison with human data. *Journal of Nutrition* 1988/118/S.1082-1088

38) Milton K: Nutritional characteristics of wild primate foods: do the diets of our closest living relatives have lessons for us. *Nutrition* 1999/15/S.488-498

39) Morand-Ferron J et al: Dunking behaviour in Carib Grackles. *Animal Behaviour* 2004/68/S.1267-1274

40) Mueller UG et al: The evolution of agriculture in ants. *Science* 1998/281/S.2034-2038

41) Müller-Schwarze D et al: Food processing by animals: Do beavers leach tree bark to improve palatability? *Journal of Chemical Ecology* 2001/27/S.1011-1028

42) Munkacsy AB et al: Convergent coevolution in the domestication of coral mushrooms by fungus-growing ants. *Proceedings of the Royal Society London B* 2004/271/S.1777-1782

43) Nimuendaju C: *The Eastern Timbira.* University of California Press, Berkeley 1946

44) O'Brien DM et al: Pollen feeding in the butterfly *Heliconius charitonia.* *Proceedings of the Royal Society London B* 2003/270/S.2631-2636

45) Pruetz JD, Bertolani P: Savanna chimpanzees, *Pan troglodytes verus,* hunt with tools. *Current Biology* 2007/17/S.412-417

46) Robinson SK: Use of bait and lures by green-backed herons in Amazonian Peru. *Wilson Bulletin* 1994/106/S.567-569

47) Roy J, Bergeron JM: Branch-cutting behavior by the vole (*Microtus pennsylvanicus*). *Journal of Chemical Ecology* 1990/16/S.735-741

48) Stedman HH et al: Myosin gene mutation correlates with anatomical changes in the human lineage. *Nature* 2004/428/S.415-418

49) Stevens CE, Hume ID: *Comparative Physiology of the Vertebrate Digestive System.* Cambridge University Press 1995

50) Wickler W, Seibt U: Marabou stork wash dung beetles. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 1978/46/S.324-327

51) Wilkinson DM: Ants, agriculture and antibiotics. *Trends in Ecology & Evolution* 1999/14/S.459-460

52) Yosef R, Whitman DW: Predator exaptations and defensive adaptations in evolutionary balance: No defense is perfect. *Evolutionary Ecology* 1992/6/S.527-536