

Formen des Werkzeuggebrauchs bei Tieren

Peter-René Becker

Die Geschichte des Werkzeuggebrauchs bei Tieren ist Teil der Geschichte der Menschen: Schon immer hatten Menschen das Bedürfnis, sich von den Tieren abzugrenzen. Überliefert sind solche Versuche von PLATO bis LÉVI-STRAUSS, von Kirchenleuten bis zu Staatsmännern (THOMAS 1983). Manche dieser Ansichten sind inzwischen wissenschaftlich widerlegt, andere stehen nicht mehr im Brennpunkt des Interesses. Carl von LINNÉ'S "*Homo sapiens*" ist jedenfalls immer wieder kontrovers diskutiert worden; das Spektrum der Gegenvorschläge ist breit gefächert. Ob der Mensch wirklich "weiser" ist als die Tiere, mag zwar angesichts der von ihm inszenierten Naturzerstörungen und seiner oftmals kurzsichtigen Art, Konflikte zu lösen, dahingestellt sein. Daß aber seine Fähigkeit, Werkzeug herzustellen und zu gebrauchen, nicht länger zur qualitativen Unterscheidung von Mensch und Tier taugt, macht folgende Übersicht deutlich.

So einfach im täglichen Sprachgebrauch das Wort "Werkzeug" zu verwenden ist, so schwierig ist seine Begriffsbestimmung im wissenschaftlichen Kontext. Die Definition, nach der ein Werkzeug jeder nicht-körpereigene Gegenstand ist, mit dessen Hilfe ein Tier ein unmittelbares Ziel verfolgt, wird Tieren (und Lesern) am ehesten gerecht. Demnach scheiden Schnabel, Klaue, Huf etc. als Werkzeuge aus, da sie zum Körper der Tiere gehören. Auch Materialien sind keine Werkzeuge: Jane GOODALL (1970) weist zurecht darauf hin, daß wir beim Stricken auch nur die Nadeln als Werkzeug bezeichnen, nicht den Faden, geschweige denn das Gestrickte. In diesem Sinne sind weder die Nester der Vögel noch die aus Blättern selbstgefertigten Schallwände mancher Grillenarten Werkzeuge. Zwar bauen all diese Tiere aus fremden Materialien wahre Meisterwerke, sie vollenden diese Bauten aber nur mit Hilfe ihrer körperlichen Organe. Dasselbe gilt natürlich für die Spinnnetze, mit dem Unterschied, daß das (Spinn-)Material körpereigen ist.

Während in der Materialfrage weitgehend Übereinstimmung zwischen den Zoologen herrscht, scheiden sich an der Frage, ob Lebewesen Werkzeuge sein

können, die Geister. Als Beispiele nennen Befürworter tropische Weberameisen, die beim Nestbau Baumblätter mit Hilfe ihrer Larven, die den nötigen Spinnstoff produzieren, zusammenkleben; da leben auf Korallenriffen im Indopazifik "Boxer-Krabben", die ständig Seeanemonen in ihren Scheren tragen und sich so Feinde vom Leib halten (die eigentlich festsitzenden Seeanemonen kommen auf diese Weise auf den Korallenriffen herum); und es gibt Affenarten, bei denen Männchen gezielt Jungtiere einsetzen, um innerartliche Gegner zu beschwichtigen. In allen diesen Fällen sehe ich eine falsche Verwendung des Begriffs "Werkzeug", da die mir bekannten Beispiele entweder Formen von Tiersymbiosen darstellen oder das Sozialverhalten betreffen, in dem "Werkzeug" nur als symbolischer Begriff Bedeutung haben und dann auf fast alle Formen des Sozialverhaltens angewendet werden kann.

Als letzter Punkt meiner Definition bleibt noch der Begriff "unmittelbares Ziel" zu erläutern. Hierunter sind Handlungsabläufe mit kurzfristigen Zielen zu verstehen, wie beispielsweise Nahrungserwerb, Körperpflege, Feindabwehr. Ist das Ziel das Ergebnis eines längerfristigen Prozesses, wie z. B. die Jungenaufzucht, so ist im Sinne der Definition der Begriff "Werkzeuggebrauch" hier nicht verwendbar.

Wenn von "Werkzeugherstellung" die Rede ist, dann verstehe ich darunter die aktive Veränderung eines unbelebten Gegenstandes, so daß er aufgrund seiner neuen Form wirkungsvoll als Werkzeug benutzt werden kann.

Den Anfang machen Schnecken

In zwei Familien der Meeresschnecken kommt Werkzeuggebrauch vor: bei den Spitzkreiselschnecken (*Trochidae*) und den Lastträgerschnecken (*Xenophoridae*).

Bei den Spitzkreiselschnecken sind es die Arten *Tegula brunnea* und *Tegula funebris* von der nord- und mittelamerikanischen Pazifikküste. Sie sind etwa



Abb. 1 Fiktives Zwiegespräch zwischen Friedrich ENGELS und dem Schimpansen Goliath. ENGELS' Satz ist ein Zitat aus seiner Schrift "Anteil der Arbeit an der Menschwerdung des Affen" (London 1876). Goliath ist einer der wildlebenden Schimpansen aus dem Gombe-Nationalpark in Tansania, wo Jane GOODALL ihre Studien treibt. (Collage: Ann-Kathrin BUSSE)

3 cm groß und 10 g schwer. Die Schnecken weiden Algenrasen vom steinigen Boden ab und laufen bei ihren zum Teil waghalsigen "Klettertouren" Gefahr, ab- und umzustürzen. Nun ist eine auf dem Rücken oder auf der Seite liegende Schnecke ein willkommener Leckerbissen für allerlei andere Meeresbewohner, so daß es für die Schnecken wichtig ist, möglichst schnell wieder auf den Fuß zu kommen. Dazu benutzen beide *Tegula*-Arten als Werkzeuge Steine, die sie durch Suchbewegungen ihres Fußes zu erreichen suchen. Haben sie einen Stein gefunden, nehmen sie ihn mit der klebrigen Fußsohle auf und untersuchen seine Form: Je nachdem, ob der Stein länglich und flach oder klein und rund ist, werden zwei verschiedene "Arbeitsverfahren" eingesetzt.

Ein flacher Stein wird als Schaufel verwendet, indem die Schnecke ihn am vorderen Fußsohlenende befestigt und so weit in den Boden gräbt, daß er als Widerlager für die Drehung des Körpers dient. Finden sie kleine rundliche Steine, so transportieren sie sie durch wellenförmige Muskelbewegungen der Sohle an das andere Ende des Fußes. Nach Berechnungen von Paul WELDON und Daniel HOFFMAN (1975) müssen die Steine mindestens 35 % des Gewichts der Schnecke erreichen, um zu einer wirkungsvollen Schwerpunktänderung der Schnecke führen zu können. Haben die Schnecken nun genügend Steine zusammen, holen sie mit dem beschwerten Ende Schwung und landen wieder auf dem Fuß.

Ganz anderer Art ist der Werkzeuggebrauch bei den Lasträgerschnecken der Gattung *Xenophora*. Sie leben auf weichen Böden vieler warmer Meere bis 50 m Tiefe. Ihre Gehäuse sind flachkegelförmig, mit einem Durchmesser von 5 cm an der Basis. Die Tiere kleben mittels eines Fußdrüsensekrets leere Muschel- und Schneckenschalen sowie Steine in kreisförmiger

Anordnung an die Gehäuseoberfläche. Dabei werden Muschelschalen immer mit der Innenseite nach außen befestigt. Ist auch die unterste Windung "umklebt", haben die Schnecken auf diese Weise eine Verdopplung ihres Durchmessers von fünf auf zehn Zentimeter erreicht. Dem Zoologen Carl BERG (1975) zufolge haben diese angeklebten Objekte Stabilisator- und Schutzdachfunktion. Die Schnecken können einerseits nicht mehr so leicht umkippen, andererseits unter diesem "Dach" unbehelligt von Feinden fressen. Zusätzlich verhindert die nun größere Auflagefläche des Gehäuses ein Einsinken in den weichen Boden, auf dem die Tiere bevorzugt leben.

Spinnen nutzen Abstandhalter und Senkbleie

Bei zwei Spinnenarten ist bislang Werkzeuggebrauch beobachtet worden. Die Zeltdachspinne *Uroctea durandi* lebt von den französischen Ostpyrenäen bis nach Istrien (Kroatien). Ausgewachsen mißt diese Spinne etwa 13 mm — ohne Beine. Sie baut keine Netze, sondern rundzeltförmige Wohngespinste zwischen Steinen und Felsspalten. Typischerweise sind diese Gespinste mit dem Boden an der Decke des Verstecks befestigt. Die Spinne hängt dann mit dem Rücken zur Zeltdachwölbung im Bodengewebe. Die Größe des Gespinstes hängt ab von Alter/Größe seiner Erbauerin und schwankt im Durchmesser zwischen 2 und 5 cm. Jedes Zelt hat vier bis sechs Ein- und Ausgänge, zwischen denen das Dach fest mit dem Boden verbunden ist. Aus jedem "Torbogen" kommen zwei Signalfäden, die im Zeltboden verankert sind. Die Fäden können 20 cm lang sein und sind so an der Decke befestigt, daß ein kreisförmiger

Fangbereich mit einem Durchmesser von etwa 50 cm entsteht.

Stößt nun ein Insekt gegen einen dieser "Stolperdrähte", so läuft der Erschütterungsreiz zur Mitte des Zeltbodens, wo die Spinne lauert. Sofort stürzt sie aus dem Ausgang heraus, durch den der berührte Signalfaden ins Zeltinnere mündet. Sie überwältigt die Beute, indem sie sie blitzschnell einspinnt, heftet das "Paket" an ihre Spinnwarzen und läuft zurück ins Wohngespinnst. Da die Beute bisweilen ziemlich groß ist, z. B. ein Mehlkäfer oder eine Heuschrecke, kann es am Eingang ins Zelt nun sehr eng werden, wenn die Spinne nicht "vorgesorgt" hat: Eine maximale Wölbung des nach unten hängenden Zeltdachs — und somit eine maximale Öffnung der Ein- und Ausgänge — erreicht die Spinne, indem sie Beutereste und kleine Steinchen an der Außenseite ihres Gespinnstes befestigt. Auf diese Weise wird es schwerer und hängt weiter durch, so daß einer bequemen Rückkehr mit Beute im wahrsten Sinn des Wortes nichts mehr im Wege steht. *Uroctea durandi* verwendet unverdauliche Beutereste und Steinchen als "Abstandhalter". Einzelheiten bezüglich des Baues der Signalfäden, der Funktion des Wohngespinnstes und weitere Besonderheiten der Zeltdachspinne sind von Ernst KULLMANN und Horst STERN (1981) sehr gut untersucht und dargestellt worden.

Die zweite Spinnenart, bei der zumindest eine Population Werkzeug benutzt, ist die Gartenkreuzspinne. Der Franzose Baptiste ROUSSY (1926) beobachtete in den Jahren 1921/22 dreißig dieser Spinnen, von denen zehn Werkzeuggebrauch zeigten: Sie benutzen ein "Senkblei", um ihre Netze straff zu halten. Normalerweise ist das Radnetz über die außen laufenden Rahmenfäden an vier bis sechs Haltepunkten befestigt und hängt dann senkrecht zur Flugrichtung der Insekten. Den zehn Spinnen war es offensichtlich nicht straff genug: Sie verspannten die Netze zusätzlich, indem sie in der Mitte des unteren Rahmenfadens ein Gewicht an einem kurzen Faden einsponnen. Diese Gewichte konnten kleine Steinchen, Holzstückchen oder auch Gehäuseschnecken sein, die in der Luft hängend die Netze stabilisierten. Wollte ROUSSY die Spinnen ärgern und hob das Gewicht leicht an, so daß es nicht mehr frei hing, kam die Spinne aus ihrer Warte und überprüfte das Vorhandensein des "Senkbleis". Dann verkürzte sie den Faden um ein so langes Stück, daß das Gewicht wieder frei in der Luft hing.

Diese Versuche machten ROUSSY klar, daß das beobachtete Verhalten kein Zufall war, sondern daß die Spinnen gezielt Gewichte als Stabilisatoren für ihre Netze benutzten. Daß nicht alle Gartenkreuzspinnen diese Form des Werkzeuggebrauchs zeigen,

spricht nicht dagegen, daß eine instinktgebundene, d. h. genetisch fixierte Verhaltensweise vorliegt. Wir kennen viele Tierarten, bei denen sich lokale Populationen genetisch voneinander unterscheiden. Langfristig können solche Unterschiede zur Artaufspaltung führen, wenn keine fruchtbare Vermehrung zwischen den Populationen mehr möglich ist.

Krebse, die mit Wasser schießen

Die Pistolenkrebse der Familie *Alpheidae* sind kleine, langschwänzige Garnelen, deren Scheren unterschiedlich groß sind. Sie leben in kleinen, oft selbstgegrabenen Wohnröhren im Meeresboden. Ihre Verbreitung ist nahezu weltweit in küstennahen Meeren.

Am bekanntesten ist der Kalifornische Pistolenkrebs. Er gehört mit 5 cm Körperlänge zu den größten seiner Gattung. Seine stark entwickelte "Knallschere" — es kann mal die linke, mal die rechte sein — mißt etwa 4 cm, ist also fast so lang wie der Körper. Die andere, "normale" Schere wirkt dagegen fast verkümmert.

Der Biologe Peter VOLZ (1938) hat sich bereits 1938 eingehend mit Bau und Funktion der Knallschere befaßt und herausgefunden, daß der laut hörbare Knall beim Zusammenschlagen des beweglichen Oberfingers mit dem unbeweglichen Unterfinger der Schere zustande kommt. Zwei Eigentümlichkeiten unterstützen diesen Effekt: Zum einen ist die Schließmuskulatur des Oberfingers mächtig entwickelt, zum anderen ist er im geöffneten Ruhezustand in einem kreisförmigen "Saugnapf" des Unterarms der Schere eingerastet und kann nur mit viel Energie gelöst werden. Diese "latente Energie" beschleunigt den Schließvorgang zusätzlich, so daß der ganze Schnappvorgang nur 0,5 bis 1 Millisekunde dauert. Was hat das nun mit Werkzeuggebrauch zu tun? Nun, VOLZ fand noch eine weitere Eigentümlichkeit beim Bau der Knallschere: Im Unterfinger verläuft eine schmale Rinne, die beim Zuschlagen mit dem Deckel des Oberfingers eine Röhre bildet. Aus dieser Röhre schießt beim Schließen ein starker Wasserstrahl, so daß man bei den Pistolenkrebsen von einem regelrechten "Wasserschuß" sprechen kann. Mit diesem Strahl schießt der Pistolenkrebs gezielt auf kleine Beutefische, die von der Wucht des Wassers betäubt und dann von dem Krebs überwältigt werden. Die Pistolenkrebse setzen ihre Knallschere auch zur Verteidigung ein. Treffen zwei gleichgeschlechtliche Tiere aufeinander, so bekämpfen sich die ungeselligen Krebse oft bis zum Tode eines Beteiligten.

Viele Pistolenkrebsarten leben in enger Symbiose mit Fischen, meist Meergrundeln. Die Beziehung zwischen Krebs und Fisch ist bei manchen Arten so eng, daß die Meergrundel ständig vor dem Eingang der Wohnröhre des Krebses steht und dieser mit seinen Antennen Kontakt zum Fisch hält. Bei Gefahr verschwindet die Meergrundel blitzschnell in der Röhre: für den Krebs das Signal, sich ebenfalls sofort dorthin zurückzuziehen. Offensichtlich übernimmt der Fisch die Rolle des Wächters, und der Krebs stellt die Wohnung.

Weil bei lockerem Meeresboden immer wieder Sand in die Wohnröhre nachrutscht, sind viele *Alpheus*-Arten den ganzen Tag über mit Sandräumen beschäftigt. Dabei schieben die Garnelen normalerweise mit den Scheren den Sand aus der Röhre. Hierbei hat der Biologe Dietrich MAGNUS (1967) einmal einen eher zufälligen Werkzeuggebrauch beobachtet: "*Muschelschalen und ähnliche gröbere Partikel, auf die die Garnelen *Alpheus brevirostris* beim Graben in der Röhre stoßen, packen sie mit einer Schere und tragen sie einzeln nach außen. Manchmal benutzen sie ein solches Objekt allerdings auch wie ein Werkzeug und halten es beim Herausbringen derart quer, daß sie dabei eine bedeutend größere Menge Sand vor sich her auf die Halde schieben können, als mit den Scheren allein.*"

Wanzen können ködern

Im Regenwald von Costa Rica untersuchte die Amerikanerin Elizabeth McMAHAN 1980 Raubwanzen der Art *Salyavata variegata* (McMAHAN 1983). Sie halten sich auf den Kartonnestern der baumlebenden Termitengattung *Nasutitermes* auf. Wenn eine Raubwanze eine Termiten im Kampf überwältigt und anschließend ausgesogen hat, läßt sie die leere Hülle des Opfers über dem Rand der Nestöffnung hin und her schaukeln. Da Termiten tote Artgenossen auffressen, will die nächste den Köder ins Nest ziehen. Durch sanften Gegenzug am Köder zieht die Wanze aber statt dessen die Termiten aus dem Nest, und wenn sie weit genug draußen ist, überwältigt sie sie und saugt sie aus. Mit dieser Fangmethode "angelte" eine Wanze in drei Stunden 31 Termiten.

Ameisenlöwen entkommt keiner

Ameisenlöwen heißen die Larven der flugfähigen Ameisenjungfern. Während die meisten Arten Bodenjäger sind, die ihre Beute vorwärtslaufend überwältigen, zählen die werkzeuggebrauchenden Ameisenlöwen *Myrmeleon formicarius* und *Euroleon nost-*

ras zu den Lauerjägern. Ihre Warte befindet sich, im Sand verborgen, am Grunde eines Bodentrichters, den sie selbst gegraben haben. Die Größe des Trichters ist von der Größe des Tieres und vor allem von seinem Hungerzustand abhängig und kann bei hungrigen Ameisenlöwen 10 cm Durchmesser bei 5 cm Tiefe erreichen. Die Trichter befinden sich in lockerem Sand, meist regensicher unter Überhängen oder Abbruchkanten. Für die Fertigstellung benötigt ein Ameisenlöwe 15 bis 30 Minuten: Er läuft rückwärts im Kreis und schleudert dabei mit dem oben abgeflachten Kopf den Sand weg. Spiralförmig geht der Ameisenlöwe tiefer, ständig Sand wegschnippend. Der Böschungswinkel des Trichters ist von der Art des rollenden Sandmaterials abhängig.

Ist der Trichter tief genug, bleibt der Ameisenlöwe am Grunde, im Sand verborgen, schräg aufwärtsgerichtet sitzen, nur seine weit geöffneten Beißsaugzangen sind bei genauem Hinsehen zu erkennen. Kommt nun eine Ameise oder ein anderes Laufinsekt der Trichterwand zu nahe, so rutscht es durch den lockeren Sand hinein und wird von den Zangen gepackt. Auch größere Beuteinsekten entkommen nicht mehr, da der Ameisenlöwe ihnen sofort ein lähmendes Gift einspritzt und er selbst nicht aus dem Boden gezogen werden kann, da er nach vorn gerichtete Körperborsten hat (weshalb er ja auch nur rückwärts gehen kann). Nach dem Aussaugen der Beute wird die unverdauliche Insektenhülle aus dem Trichter herausgeschleudert.

Nun ist ja der Trichter gemäß der Definition kein Werkzeug; der Werkzeuggebrauch kommt erst zur Geltung, wenn ein Insekt nicht ganz in den Trichter hinabgerutscht ist. Dann schleudert der Ameisenlöwe mehr oder weniger gezielt Sand in Richtung der fliehenden Beute, so daß die Trichterwände in Bewegung geraten und das Tier unweigerlich abrutscht. Diese Sandschleuderreaktion wird nicht optisch ausgelöst, sondern dadurch, daß das fliehende Insekt Sandkörner löst, die dem Ameisenlöwen auf den Kopf fallen. Durch den Einfallwinkel der Sandkörner wird dem Lauerjäger auch die ungefähre Richtung angegeben, in der er den Sand schleudern muß — gleichsam ein "Schrotschuß" im Vergleich zum "Wasserschuß" der Pistolenkrebse.

Ein ähnliches Verhalten wie die Ameisenlöwen zeigen auch die nicht verwandten Wurmlöwen, Larven der Schnepfenfliegen der Gattung *Vermileo*.

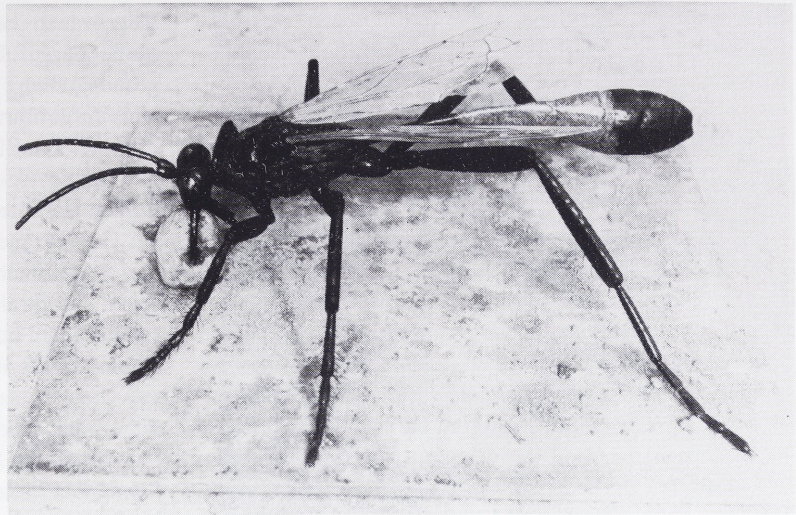


Abb. 2 Die in Südeuropa lebende Grabwespe *Ammophila hungarica* nimmt einen kleinen Stein in ihre Kieferzangen und klopft damit den Nesteingang fest. Anschließend wird der Boden mit einem Steinchen geglättet und poliert. (Foto eines Modells).

Grabwespen hämmern

Die solitär lebenden Grabwespen der Gattung *Ammophila* graben eine Nesthöhle in den Erdboden. Nach Abschluß der Bauarbeiten verproviantieren sie die Nestzelle mit einer Raupe, die sie gelähmt haben, heften ein Ei an das Opfer und verschließen den Nesteingang. Wenn aus dem Ei die Larve geschlüpft ist, frißt sie das gelähmte Beutetier auf, verpuppt sich und verläßt als Imago im darauffolgenden Frühjahr den Erdboden.

Aber kehren wir zurück zum Nestverschluß, wie Volker HAESLER (1985) ihn in Südspanien bei *Ammophila hungarica* beobachten konnte. Zunächst sucht die Grabwespe ein passendes Steinchen oder Holzstückchen, mit dem sie die Nestzelle abdichtet. Darauf scharrt das Weibchen Sand, bis der Stollen aufgefüllt ist. Während für viele *Ammophila*-Arten damit die Verschlussarbeiten beendet sind, kommt es nun bei *Ammophila hungarica* und anderen Arten zum Werkzeuggebrauch: Sie nehmen einen kleinen Stein zwischen ihre Kieferzangen und klopfen damit den Nesteingang fest. Hat das Auffüllen des Stollens oft nur ein bis zwei Minuten gedauert, so zieht sich das anschließende Glätten und Polieren mit dem Steinchen zwischen 37 und 75 Minuten hin! Dabei wird immer wieder neuer Sand herbeigescharrt und das Steinchen bis zu siebenmal gewechselt.

Ferner "mörteln" manche Weibchen den Nestverschluß zusätzlich, indem sie bei sehr trockenem Sand Feuchtigkeit in Form von Blütennektar an das Substrat abgeben. HAESLERs Beobachtung, daß die von ihm untersuchte südspanische Population in ziemlich festem Boden nistet, deckt sich mit den Ergebnissen des Insektenkundlers Howard EVANS (1959). Er hat für die nordamerikanischen *Ammo-*

phila-Arten herausgefunden, daß diejenigen, die regelmäßig Werkzeuggebrauch zeigen, in festem Boden nisten; diejenigen, bei denen nur gelegentlich Werkzeuggebrauch vorkommt, nisten in festem, aber auch in lockerem Boden; und diejenigen Arten, bei denen nie Werkzeuggebrauch beobachtet werden konnte, nisten ausschließlich in lockerem Sand. Parallel zu dieser Feststellung konnte die Amerikanerin Jane BROCKMANN (1985) eine "Verhaltensreihe" für die Grabwespen aufstellen: Viele Arten drücken oder klopfen den Nestverschluß mit dem letzten Körpersegment fest; innerhalb der Unterfamilie *Sphecinæ*, der auch die Gattung *Ammophila* angehört, ist dieses Klopfen ersetzt durch ein Festdrücken des Sandes mit Kopf und Kieferzangen, z. T. auch schon unter Zuhilfenahme von festen Gegenständen. Das Festklopfen mit Hilfe von Steinchen oder ähnlichen Partikeln tritt schließlich nur in der Gattung *Ammophila* auf. Dazu bemerkt BROCKMANN, daß diese "schlanke, leicht gebaute Arten im Vergleich zu den übrigen *Sphecinæ*" sind, für die es schwierig sein dürfte, ohne zusätzliches Gewicht den Nesteingang festzubekommen. Nach Angaben des Japaners Kunio IWATA (1976) kann so ein Steinchen das zehnfache Gewicht der Grabwespe haben!

Ameisen benutzen Sandkörner

Werkzeuggebrauch ist inzwischen bei fünf Gattungen aus zwei Familien der Ameisen nachgewiesen worden. Er besteht zumeist aus der Nutzung von Sand, Erdklümpchen oder ähnlichem, wird aber zur Verfolgung unterschiedlicher Ziele eingesetzt.

In den USA bombardiert die Rasenameise *Tetramorium caespitum* die Nester bodenlebender Schmal-

bienen solange mit Sand und Erdklümpchen, bis die Bienen das Nest verlassen. Bei dem anschließenden Kampf siegen meist die Ameisen und nutzen die Biene und ihren Pollen als Zusatznahrung (LIN 1964/65; SCHULTZ 1982). Ebenfalls mit Hilfe eines Sandbombardements hindern nordamerikanische Drüsenameisen in demselben Wohngebiet lebende Knotenameisen an der Nahrungssuche, weil sie Nahrungskonkurrenten sind (MÖGLICH & ALPERT 1979). Einige Gattungen der nahezu weltweit verbreiteten Knotenameisen haben mittels Sandkörnern "Schwammtrinken" entwickelt. Sie packen Sand und andere saugfähige Gegenstände in oder auf Flüssignahrung (Pflanzensäfte, Honigtau etc.) und tragen sie ins Nest, wenn sie vollgesogen sind. Auf diese Weise transportieren die Ameisen im gleichen Zeitraum die zehnfache Menge dessen ins Nest, was ihre Kolleginnen im Sozialmagen ins Nest bringen (FELLERS & FELLERS 1976).

Erste Wirbeltiere, die Fische

Mit den Schützen- und Fadenfischen sind neun Fischarten bekannt, die auch außerhalb des Wassers Nahrung erbeuten können: Sie schießen kleine Tiere mit einem gezielten Wasserstrahl von ihrer Unterlage. Schützenfische sind darin wesentlich erfolgreicher, weil sie morphologisch-anatomische Sonderbildungen des Schlundraumes und der Augen haben, die Fadenfischen weitgehend fehlen (LÜLING 1958; MILBURN & ALEXANDER 1976; VIERKE 1973). Drückerrische blasen Seeigel mit einem starken Wasserstrahl um, packen sie dann am wenig stacheligen Mundfeld und zerbeißen sie. Bei Lippfischen tritt erstmals in dieser systematischen Tierschau lernabhängiger Werkzeuggebrauch auf: Sie schlagen im Alter Seeigel mit kurzen, heftigen Kopfbewegungen an großen Steinen entzwei (erste Amboß-Benutzung) (FRICKE 1973).

Größte Vielfalt bei den Vögeln

Bei den Vögeln finden wir nicht nur den mannigfaltigsten Werkzeuggebrauch des gesamten Tierreiches, sondern sie sind auch mit einer sehr großen Artenzahl an den unterschiedlichen Formen des Werkzeuggebrauchs beteiligt. Viele dieser Formen sind lernabhängig, d.h. Ergebnis einer kognitiven Auseinandersetzung mit der Umwelt. Dies spricht sowohl für einen hohen Entwicklungsstand als auch für eine große Anpassungsfähigkeit der Vögel. Weil

Vögel auch beliebte Heimtiere sind, sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß bei allen Tierarten grundsätzlich nur Beobachtungen aus dem Freiland aufgeführt werden, keine Verhaltensweisen von Zoo-, Zirkus-, Labor-, Haus- oder Heimtieren.

Echtes Hämmern, bei dem ein Vogel mit einem harten Gegenstand im Schnabel auf etwas draufschlägt, das er aufbrechen will, kommt nur bei den australischen Bergkrähen vor. Sie hämmern mit leeren Muschelschalen auf Süßwassermuscheln, um sie zu öffnen (HOBBS 1971; McDONALD 1970).

Sehr viel bekannter ist das Quasi-Hämmern der Schmutzgeier: Sie nehmen einen großen Stein in den Schnabel, stellen sich vor ein Straußenei, legen den Kopf leicht zurück und lassen ihn kraftvoll vor-schnellen, wobei sie den Stein loslassen. Die Trefferquote liegt bei 50 %; die Schmutzgeier werfen so lange, bis das Ei zerbrochen ist (GOODALL 1968).

Ein regelrechtes "Bombardement" (LEITCH 1953) wird dem australischen Bussardmilan *Hamirostra melanosternon* nachgesagt. Er fliegt mit einem faustgroßen Stein in seinen Fängen über Emunester, vertreibt die brütenden Hähne und läßt den Stein aus drei bis vier Metern Höhe auf das Gelege fallen. Zerschlägt der erste Stein kein Ei, wiederholt der Bussardmilan den Anflug.

Betrachtet man den Hammer als aktives Verformungswerkzeug, so kann man den Amboß als passives ansehen, auf dem etwas zerschlagen wird. Wie bei der Verwendung des Hammers unterscheidet sich auch bei der des Ambosses eine "echte" von einer "Quasi"-Verwendung. Die echte Benutzung liegt immer dann vor, wenn ein Vogel seine Beute im Schnabel hält und mit gezielten Schlägen an einem harten Gegenstand zertrümmert. Die Quasi-Verwendung ist gegeben, wenn ein Vogel mit seiner Beute aufsteigt und sie aus großer Höhe auf harten Untergrund fallen läßt, damit sie zerspringt.

Die mit Abstand häufigste Beute, die die echte Benutzung eines Ambosses für Vögel nötig macht, sind Gehäuseschnecken. Vor allem kleinere Vögel schaffen es nicht, mit ihren Schnäbeln die relativ harten Schneckenhäuser aufzuknacken, um an den Inhalt zu gelangen. Deshalb suchen sie sich oft einen flachen Stein, auf dem sie die Schnecken zertrümmern können. In unseren Breiten machen das vorwiegend Sing-, Mistel- und Rotdrosseln; in den tropischen Wäldern nutzen in erster Linie verschiedene *Pitta*-Arten (*Pitta spec.*) die Amboß-Technik (BECKER 1993).

Bei der Quasi-Verwendung eines Ambosses werden seltener Schnecken, als vielmehr Muscheln, Eier, Knochen und Schildkröten zu Boden geworfen. Die Fallhöhe ist unterschiedlich und hängt von der Größe des Vogels sowie vom Gewicht der Beute ab. Bekannt sind Bartgeier und Steinadler, aber auch viele Krähen- und Möwenarten werfen ihre Beute gezielt über hartem Grund ab, um sie "schnabelgerecht" zerspringen zu lassen (BECKER 1993).

Das Bohren der Vögel ist hier eher ein Stochern oder Sondieren, denn es werden dabei keine neuen Gänge im Substrat angelegt. Der bekannteste Vogel, der zum Bohren ein Werkzeug benutzt, ist der Spechtfink von den Galapagos-Inseln. Er nimmt die Rolle des dort fehlenden Spechts ein. Ähnlich wie dieser klopft er mit dem Schnabel leicht gegen morsches Holz und legt dann den Kopf gegen die Stelle, um Fluchtgeräusche der Insekten(larven) hören bzw. die Beute durch seitliches Hineinsehen in Spalten entdecken zu können. Das Fehlen der langen Leimrutenzunge, mit der der Specht verborgene Insekten aus ihren Verstecken holt, gleicht er mit einem Werkzeug aus. Dieses Werkzeug kann je nach Vegetationszone ein Stöckchen oder ein Kaktusdorn sein und von ihm zum Stochern, Aufspießen und Hebeln benutzt werden. Offensichtlich hat der Spechtfink ein "Gefühl" für die richtige Länge, die sein Werkzeug haben muß, da er ohne Ausprobieren zu kurze Gegenstände verwirft. Sind sie zu lang, kürzt der Fink sie; ist ein Stöckchen gegabelt, entgabelt er es. Wir haben hier also erstmals im Tierreich einen Fall von Werkzeugherstellung, ebenso wie wir bei diesem Vogel erstmals auf Wiederverwendung von Werkzeug stoßen: Nach Berichten vieler Beobachter fliegt der Spechtfink mit ein- und demselben Stöckchen/Dorn mehrere Löcher an, um in ihnen zu bohren. Inzwischen sind auch Blaumeisen und Marabus beobachtet worden, wie sie aus Holzspalten mittels Kiefernadeln bzw. einem langen Stock Futter aufspürten (BECKER 1993).

Laubenvögel heißt eine Gruppe von Vögeln, die in Neuguinea und Australien lebt und deren Männchen zur Balzzeit eine Laube aus Halmen und anderen Pflanzenteilen bauen. Manche Laubenvögel-Männchen streichen ihre Balzlaube innen an. Zu diesem Zweck stellen sie aus Blüten, Beeren, vermoderten Pflanzenresten und anderem eine Farbe her, die sie mit dem Schnabel auftragen. Als Werkzeug benutzen manche der Laubenvögel-Arten ein Faserbündel aus Rinde, das sie im Schnabel halten und das ihnen als Keil, Stopper und Schwamm dient (BECKER 1993). Ist das Ködern bei den Raubwanzen im Insektenbereich bislang einmalig, so kommt es bei Vögeln häufiger vor. Allein vier Reiherarten werfen Federn,



Abb. 3 In Afrika kann der Schmutzgeier Straußeneier öffnen, indem er ca. 300 g schwere Steine in den Schnabel nimmt und auf das Ei wirft. Passende Steine holt er im Schnabel herbei. (Foto: Hugo van LAWICK)

Insekten, Pflanzenteile und anderes auf die Wasseroberfläche, um Fische anzulocken. Dieses Verhalten ist lernabhängig, denn junge Reiher fressen Insekten gleich auf, anstatt mit ihnen größere Beute zu ködern (BECKER 1993).

Neben diesen häufigen Formen des Werkzeuggebrauchs gibt es noch eine Reihe "Spezialgebräuche", die nur einzelne Vögel zeigen und die die erstaunliche Anpassungsfähigkeit vieler Vogelarten unterstreichen (BECKER 1993).

Säugetiere: viel Hirn, wenig Werkzeug

Sehen wir einmal von den Primaten ab, ist der Werkzeuggebrauch bei den Säugetieren nicht sehr weit verbreitet. Unter den Nagetieren, die mehr als die Hälfte aller Säugetierarten stellen, kommt Werkzeuggebrauch nur in Form von Sandschleudern vor: Das Kalifornische Backenhörnchen und die Wüsten-



Abb. 4 Der Spechtfink von den Galapagos-Inseln gebraucht nicht nur Werkzeug, er stellt es auch selbst her: Zu lange Stöckchen kürzt er, gegabelte entgabelt er. Ist das Werkzeug (Stöckchen oder Kaktusdorn) passend, nimmt der Spechtfink es in den Schnabel und bohrt im Holz nach Insektenlarven. Oft fliegt ein Spechtfink mit seinem Werkzeug von Baum zu Baum und setzt es bei verschiedenen "Bohrversuchen" ein; hier liegt also ein Fall von Wiederverwendung von Werkzeug vor. (Zeichnung: Ann-Kathrin BUSSE).

Känguruhratten decken Schlangen mit einem Sandhagel ein, um ihrem Angriff zu entkommen (BECKER 1993).

Bei den Raubtieren ist der Seeotter als Amboßbenutzer bekannt: Um eine Muschel zu öffnen, holt er sich einen flachen Stein vom Meeresboden, legt ihn auf seine Brust und zerschlägt darauf die Muschel, während er auf dem Rücken schwimmt. Seeotter können aber auch hämmern: Um an das Fleisch der begehrten Meerohren (*Haliotis spec.*) zu gelangen, schlagen sie die Großschnecke unter Wasser mit einem Stein vom Felsen ab. Wiederverwendung von Werkzeug liegt vor, da die Seeotter geeignete Steine über längere Zeit in ihren Achselhöhlen aufbewahren (BECKER 1993).

Eisbären werfen 20 kg schwere Eisbrocken auf die Schneehauben der Atemlöcher, die sich Robben im Eis freihalten. Taucht eine Robbe zum Luftholen auf, kann der Eisbär sie dann mit einem Prankenhieb erlegen. Ob die Bären Robben auch mit Eisbrocken erschlagen, ist unbewiesen (BECKER 1993).

Die zu den Schleichkatzen zählenden Zwergmungos schleudern große Käfer und Vogeleier, die zum Aufbeißen zu voluminös sind, mit beiden Vorderpfoten unter dem Körper hindurch an einen Baumstamm oder Felsen. Zwergmungos sind folglich Quasi-Amboßbenutzer, während die nahverwandten Zebra-mangusten auch quasi-hämmern, indem sie Steine durch die Hinterbeine hindurch gegen große Eier werfen (BECKER 1993).

Elefanten führen oft mit ihrem Rüssel Werkzeuggebrauch aus. Sie werfen Holzstücke und Steine auf Widersacher, kratzen sich mit Ästen und operieren sogar Blutegel mit Stöcken aus der Haut. Um sich Luft zuzufächeln, halten Elefanten bisweilen große Blätter oder Grasbüschel im Rüssel (BECKER 1993).

Das "Schmücken" der Geweihe mit Schlamm, Grassoden und Zweigen, wie es vom chinesischen Davidshirsch und vom indischen Barasingha als Impo-niergehabe bekannt ist, stellt einen umstrittenen Werkzeuggebrauch innerhalb der Huftiere dar (BECKER 1993).



Abb. 5 Die südamerikanischen Kapuzineraffen öffnen Palmnüsse mit der Amboß-Technik: Sie schlagen sie auf verschiedene Arten gegen Teile des Baumes bzw. gegeneinander. (Zeichnung: Ann-Kathrin BUSSE).

Primaten sind sehr erfindungsreich

In der Neuen Welt benutzen die Kapuzineraffen am häufigsten Werkzeug: Apellas, Kapuziner und Weißstirnkapuziner werfen Zweige und Früchte auf Störer und öffnen hartschalige Steinfrüchte mit der Amboß-Technik.

Um Feinde abzuwehren, lassen auch Brüll- und Klammeraffen große Äste aus Bäumen herabfallen (BECKER 1993). In Afrika zählen Paviane zu den intensivsten Werkzeugbenutzern. Bärenpaviane werfen Steine und Früchte; die hartschaligen Früchte des Affenbrotbaumes hämmern sie mit einem Stein auf. Grüne Paviane setzen Werkzeug auch zur Körperpflege ein, indem sie sich mit einem flachen Stein

oder Pflanzenteilen den Mund abwischen, um getrocknetes Blut oder klebrige Nahrungsreste zu entfernen. Ein Gelber Babuin wurde sogar beim Termitenangeln beobachtet (BECKER 1993).

Die asiatischen Javaneraffen können Austern mit Steinen aufhämmern und wischen Früchte mit Blättern ab, um sie von Schimmel und Ameisen zu reinigen (BECKER 1993).

Menschenaffen: Tendenz uneinheitlich

Innerhalb der Altweltaffen nehmen die Menschenaffen eine Sonderstellung ein. Diese bezieht sich



Abb. 6 Erstmals ist belegt, daß Tiere Werkzeug mit Werkzeug herstellen: Die Schimpansen im Süden Kameruns bearbeiten das eine Ende eines Stocks solange mit einem Stein, bis es aufgefächert ist. Dann bohren sie mit dem anderen, stumpfen Ende in dem Termitenhügel einen Gang auf, drehen den Stock um und angeln mit dem zerfaserten Ende nach Termiten. (Zeichnung: Ann-Kathrin BUSSE).

vorwiegend auf körperliche Merkmale, in Hinsicht auf Werkzeuggebrauch stellen Menschenaffen keine einheitliche Gruppe dar.

"Werkzeugmuffel" unter den Menschenaffen sind die Gibbons in Asien und die Gorillas in Afrika. Bis auf gelegentliches Werfen mit Stöcken und das Herbeiholen von Früchten mit Hilfe langer Stöcke (bei Gorillas) sind bislang keine Formen von Werkzeuggebrauch bei ihnen beobachtet worden (BECKER 1993).

Wesentlich "werkzeugfreudiger" sind Orang-Utans und Schimpansen. Von den Orang-Utans stammt auch der älteste beobachtete Werkzeuggebrauch überhaupt: "Sie werfen große Steine, Stöcke und Holzscheite nach Menschen, die ihnen zu nahe treten" schrieb bereits 1713 der englische Kapitän Daniel BEECKMAN (1718) im Anschluß an eine Fahrt nach Borneo. Inzwischen wissen wir, daß Orang-Utans außerdem stachelige Früchte mit Hilfe von Stöcken öffnen; sich mit Blättern abreiben, um Verunreinigungen aus dem Fell zu wischen; die wehr-

haften, aber schmackhaften Weberameisen mit Blättern fangen; sich mit kleinen Stöcken kratzen und längere Stöcke als "Riechhilfe" einsetzen, wenn ihnen ein Objekt Furcht einflößt (BECKER 1993).

Nicht nur im Zirkus, auch im Freiland sind Schimpansen die Tierart mit dem vielfältigsten und verblüffendsten Werkzeuggebrauch. Die meisten Beobachtungen verdanken wir Jane GOODALL (1986) und ihrer Arbeitsgruppe, die seit 1960 im Gombe-Nationalpark Tansanias eine große Schimpansengruppe erforschen. Schimpansen sind nicht nur sehr gute Werfer, sie bauen auch Termitenangeln, mit deren Hilfe sie sich sehr geschickt eine tierische Nahrungsquelle erschließen. Da Herstellung und Benutzung der Angeln sowohl innerhalb der ost- und westafrikanischen Schimpansenpopulationen als auch generell zwischen Ost- und Westafrika stark variieren, ist es sicher, daß die Populationen sich unabhängig voneinander entwickelt haben und daher unterschiedliche Kulturtechniken vorliegen. Von weit größerer Bedeutung könnte eine Beobachtung des Japaners Yukimaru SUGIYAMA (1985) sein, die er im Süd-

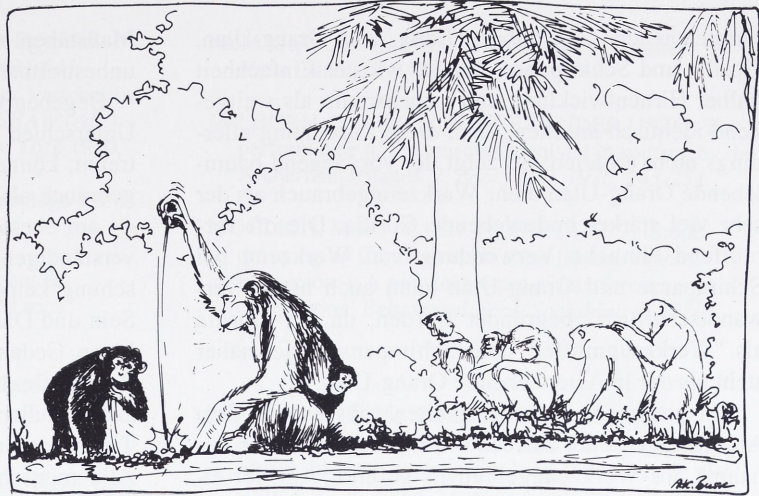


Abb. 7 Die Tatsache, daß Weibchen beim Nußknacken wesentlich geschickter mit Hammer und Amboß umgehen als Männchen, ist in dem sozialen Gefüge innerhalb einer Schimpansengruppe begründet: Die Männchen sind unkonzentrierter, weil sie ständig auf Gefahren für die Gruppe (z. B. Leoparden) oder für die eigene Rangfolge (andere Männchen) achten müssen. Außerdem setzen männliche Schimpansen Stöcke und Steine lieber im Zusammenhang mit Impponiergehabe ein — dann aber ziemlich wild und unkontrolliert. (Zeichnung: Ann-Kathrin BUSSE).



westen Kameruns machte. Dort angeln die Schimpansen mit Stöcken, die einen Zentimeter dick und an einem Ende büstenförmig aufgefächert sind. Da beide Enden Gebrauchsspuren aufweisen, nimmt er an, daß die Affen mit dem stumpfen Teil die Löcher bohren, den Stock dann umdrehen und mit dem ausgefransten Ende angeln. Die Termiten können sich nur an den Fransen festbeißen, da ihre Kieferzangen den 1 cm dicken Stock nicht zu umfassen vermögen. Brauchen die Schimpansen der übrigen westafrikanischen Populationen einen Stock zum Bohren und einen zum Angeln, haben die Affen in diesem Teil Kameruns beide Funktionen in einem Werkzeug geschickt vereint. Ist das bislang schon einmalig, so ist die Herstellungsweise, wenn Sugiyama recht haben sollte, sensationell. Bei genauer Betrachtung der Fransen fand er nämlich weder Beißspuren, noch Hinweise, daß sie beim Abbrechen entstanden sein könnten. Sein Schluß: Die Affen bearbeiten das Stockende solange mit einem Stein, bis es aufgefächert ist. Wenn dieser Schluß stimmt, wäre es der erste Fall, in dem ein Tier ein Werkzeug mit Hilfe

eines anderen Werkzeugs herstellt; ein Vorgang, der angeblich dem Menschen vorbehalten sein soll !

Während die Technik des Ameisenfangens ebenfalls von Population zu Population variiert, haben das Hämmern überhaupt nur einige westafrikanische Schimpansengruppen erlernt.

Auf diese Weise gelangen auch nur sie an das Palmkernfett der Ölpalme, während den übrigen Schimpansen Afrikas lediglich das Fleisch der Ölpalmfrüchte zur Verfügung steht. Umgekehrt ist das Schwammtrinken hingegen bisher nur bei den Schimpansen im Gombe-Nationalpark beobachtet worden: Die Affen kauen aus Blättern oder Blüten einen Schwamm, tauchen ihn in enge Wasserlöcher und lutschen ihn anschließend aus (BECKER 1993).

Es wird immer wieder der Versuch gemacht, das gehäufte Auftreten von Werkzeuggebrauch bei den Schimpansen damit in Zusammenhang zu bringen, daß sie einen Großteil ihrer Zeit am Erdboden verbringen und daher oft ihre Hände frei haben. Eine

vergleichende Gegenüberstellung von Orang-Utan, Gorilla und Schimpanse, bei der wir der Einfachheit halber Hirnentwicklung und Lebensraum als weitgehend identisch ansehen, kann diese Zuordnung allerdings nicht erhärten: So zeigt der vorwiegend baumlebende Orang-Utan mehr Werkzeuggebrauch als der sehr viel stärker bodenlebende Gorilla. Die oft verblüffend ähnliche Verwendung von Werkzeug bei Schimpanse und Orang-Utan kann auch nicht "verwandtschaftlich" begründet werden, da der Gorilla als "Werkzeugmuffel" dem Schimpansen viel näher steht als der in Asien lebende Orang-Utan.

Entsprechende Schwierigkeiten gibt es mit dem Argument, erst der aufrechte Gang habe zu einer Zunahme des Werkzeuggebrauchs geführt. Auf der einen Seite stehen die Schimpansen, die trotz nur zeitweise zweifüßigen Laufens viele Werkzeuge benutzen, auf der anderen Seite wissen wir heute, daß vor rund vier Millionen Jahren mit den Australopithecinen die Entwicklung zum aufrechten Gang nahezu abgeschlossen war. Trotzdem dauerte es noch einmal zwei Millionen Jahre, bis mit den ersten Vertretern der Gattung *Homo* eine wirkliche Zunahme des Werkzeuggebrauchs erfolgte. Ähnlich brüchig ist die Auffassung geworden, der Werkzeuggebrauch bei höheren Primaten sei erst beim Übergang von sammelnder zu jagender Lebensweise entstanden.

Fazit

In solch einer Übersicht werkzeuggebrauchender Tierarten mag sich zwar der Eindruck ergeben, Werkzeuggebrauch sei gar nicht so selten im Tierreich; es bleibt aber die Feststellung, daß es nur ein winziger Bruchteil aller uns bekannten Tierarten ist, bei dem bislang Werkzeuggebrauch beobachtet werden konnte. Dieses nur sporadische Auftreten von Werkzeuggebrauch weist neben der Tatsache, daß es Beobachtungslücken gibt, darauf hin, daß die Evolution im Tierreich unterschiedliche Strategien verfolgt; Arten mit Werkzeuggebrauch sind nicht besser an ihre Umwelt angepaßt als Arten ohne, sie besitzen statt dessen andere Anpassungsmechanismen, die ihr Überleben sichern. Keine Art ist deswegen intelligenter als die andere, lediglich die Evolutionsstrategien sind in verschiedene Richtungen gelaufen. Die Feststellung, daß auch unsere Entwicklung und damit die Grundlagen unseres Werkzeuggebrauchs letzten Endes eine evolutive Erscheinung sind, stellt keinen platten Biologismus dar, sondern trägt der Tatsache Rechnung, daß wir biologische Wesen sind. Daß wir uns in den letzten 100 000 Jahren zu Kulturlebewesen entwickelt haben, deren Verhalten an tierischen

Maßstäben nicht mehr gemessen werden kann, ist unbestreitbar.

Begeben wir uns auf die Suche nach dem "kleinen Unterschied", der den Menschen qualitativ vom Tier trennt, können wir uns wohl — nachdem Werkzeuggebrauch als qualitativer Unterschied weggefallen ist — am ehesten auf die Fähigkeit zur Selbstreflexion verständigen. Bisher liegen aus der Verhaltensforschung keine Hinweise vor, daß ein Tier sich über Sein und Dasein mit allen Bildern, Bedeutungen und Ideen Gedanken machen kann. Diese Fähigkeit zur Selbstreflexion ist es auch, die den Menschen zwei Lebensäußerungen erlaubt, die bislang bei keiner Tierart gefunden worden sind: Kunst und Religion. Alle menschlichen Kulturen, die wir kennen, erloschene und gegenwärtige, kannten und kennen Formen von Kunst und Religiosität. Wie der einzelne Mensch die Kunst und Religiosität in seinen Lebenszusammenhang einfügt, welche Bedeutung sie in unserem Leben haben, ist sehr unterschiedlich. Unerläßlich ist, daß die Menschen ihre Fähigkeiten mehr als heute dazu nutzen, mit der Natur und mit den Mitmenschen in Einklang und Würde zu leben.

Anmerkung

Dieser Aufsatz ist eine Kurzfassung des Buches (BECKER 1993).

Literatur

- BECKER, P.-R. (1993) Werkzeuggebrauch im Tierreich. Stuttgart 1993.
- BEECKMAN, D. (1718) A voyage to and from the island of Borneo. London 1718.
- BERG, C.J. (1975) Behavior and ecology of conch (Superfamily Strombacea) on a deep subtidal algal plain. *Bull. Marine Science* 25, 1975, 307-317.
- BROCKMANN, H.J. (1985) Tool use in Digger wasps. *Psyche* 92, 1985, 309-329.
- EVANS, H.E. (1959) Observations on the nesting behavior of Digger wasps of the Genus *Ammophila*. *Am. Midland Natural.* 62, 1959, 449-473.
- FELLERS, J.H. & G.M. FELLERS (1976) Tool use in a social insect and its implications for competitive interactions. *Science* 192, 1976, 70-72.
- FRICKE, W. (1973) *Cheilinus trilobatus*: Erbeuten von Seeigeln. Inst. wiss. Film, E 1896.

- GOODALL, J. (1968) Tool-using bird: The Egyptian Vulture. *National Geographic* 133, 1968, 631-641.
- (1970) Tool-using in primates and other vertebrates. In: LEHRMAN, D.S., R.A. HINDE & E. SHAW (eds.) *Advances in the study of behavior* 3. New York 1970, 195-249.
- (1986) *The Chimpanzees of Gombe*. Cambridge 1986.
- HAESLER, V. (1985) Werkzeuggebrauch bei der europäischen Grabwespe *Ammophila hungarica*. *Zool. Anz.* 215, 1985, 279-286.
- HOBBS, J. N. (1971) Use of tools by the White-winged Cough. *Emu* 71, 1971, 84-85.
- IWATA, K. (1976) *Evolution of instinct*. New Dehli 1976.
- KULLMANN, E. & H. STERN (1981) *Leben am seidenen Faden*. München 1981.
- LEITCH G.F. (1953) Buzzards destroying Emu eggs. *North Queensl. Nat.*, 1953, 32-34.
- LIN, N. (1964/65) The use of sand grains by the Pavement Ant *Tetramorium caespitum* while attacking Halictine Bees. *Bull. Brooklyn Ent. Soc.* 59/60, 1964/65, 30-34.
- LÜLING, K.H. (1958) Morphologisch-anatomische und histologische Untersuchungen am Auge des Schützenfisches *Toxotes jaculatrix* nebst Bemerkungen zum Spuckgehaben. *Zeitschr. Morphol. Ökol. Tiere* 47, 1958, 529-610.
- MAGNUS, D.B.E. (1967) Zur Ökologie sedimentbewohnender Alpheus-Garnelen des Roten Meeres. *Helgoländer wiss. Meeresuntersuchungen* 15, 1967, 506-522.
- MCDONALD, N.H.E. (1970) Cases of high intelligence of White-winged Choughs. *Sunraysia Nat. Res., Trust, 7th Rep.*, 1970, 88-91.
- McMAHAN, E.A. (1983) Bugs angle for termites. *Natur. Hist.* 92, 1983, 112-124.
- MILBURN, O. & R. McN. ALEXANDER (1976) The performance of the muscles involved in spitting by the Archerfish *Toxotes*. *J. Zool.* 180, 1976, 243-251.
- MÖGLICH, M.H.J. & G.D. ALPERT (1979) Stone dropping by *Conomyrma bicolor* (Hymenoptera: Formicidae): A new technique of interference competition. *Behavioral Ecol. Sociobiol.* 6, 1979, 105-113.
- ROUSSY, B. (1926) Faits psychiques insolites et frappants manifestés par une série d'araignées du genre *Epeira diadème*, pour tendre leurs toiles dans le plan vertical. *C. R. Hebd. Séances Acad. Sci.* 183, 1926, 374-376.
- SCHULTZ, G.W. (1982) Soil-dropping behavior of the Pavement Ant, *Tetramorium caespitum* against the Alkali Bee. *Journ. Kans. Ent. Soc.* 55, 1982, 277-282.
- SUGIYAMA, Y. (1985) The brush-stick of Chimpanzees found in South-west Cameroon and their cultural characteristics. *Primates* 26, 1985, 361-374.
- THOMAS, K. (1983) *Man and the natural world*. New York 1983.
- VIERKE, J. (1973) Das Wasserspucken der Arten der Gattung *Colisa*. *Bonner Zool. Beitr.* 24, 1973, 62-104.
- VOLZ, P. (1938) Studien über das "Knallen" der Alpheiden. *Zeitschr. Morphol. Ökol. Tiere* 34, 1938, 272-316.
- WELDON, P.J. & D.L. HOFFMAN (1975) Unique form of tool-using in two gastropod molluscs (Trochidae). *Nature* 256, 1975, 720-721.