

## PRO NATURA INTEGRAL

Der nachstehende Vortrag von Professor Niko Tinbergen wurde zum Anlass des 25-jährigen *Experientia*-Jubiläums am 30. Mai 1969 in der Aula der Universität Basel gehalten. Es sind 22 Jahre her, seit an dieser Stelle Tinbergen seine damalige Verhaltensforschung so sehr stimulierende Übersicht «Physiologische Instinktforschung»\* veröffentlichte. Bei aller Anerkennung des inzwischen erzielten Fortschritts und der Vertiefung durch moderne Forschungsmethoden registriert Tinbergen heute eine gewisse Verengung, die Tendenz zum Ungleichgewicht des Interesses und der Problemstellung. Jedoch betont er: «Die ursprüngliche Breite unserer Fragestellung ist noch nicht altmodisch, im Gegenteil!».

Wir freuen uns, die neuen Forschungs- und Erziehungsimpulse Tinbergens unter der in *Experientia* neugeschaffenen Rubrik «Pro Natura Integra», welche sich im besonderen mit dem Verhältnis von Oekologie und Ethologie befasst, vermitteln zu können.

Wir meinen, dass die Aktualität der von Tinbergen analysierten Problematik – im Hinblick auf die Vitalsituation in den hochtechnisierten Ländern – von allerhöchster Bedeutung ist.

H. M.

\* *Experientia* 4, 121 (1948).

## Umweltbezogene Verhaltensanalyse – Tier und Mensch<sup>1</sup>

Von N. TINBERGEN

Animal Behaviour Research Group, Oxford (England)

Die Fortschritte der modernen Verhaltensforschung in den letzten Jahrzehnten kann man geradezu explosiv nennen. Das ist schon auf einen Blick aus den verschiedenen zusammenfassenden Werken<sup>2-9</sup> ersichtlich, die in den letzten Jahren veröffentlicht worden sind. Wie wir ja alle wissen, verdanken wir den neuen Vorstoss der Verhaltensforschung vor allem dem grossen Pionier KONRAD LORENZ, mit dem ich seit 1937 in so anregender Freundschaft habe zusammenarbeiten dürfen. Die damals noch kühn erscheinenden Hypothesen, die LORENZ in den Dreissiger Jahren erstmals veröffentlichte, haben sich als ungeheuer fruchtbar erwiesen, sogar für diejenigen jüngeren Forscher, die sich der Quellen ihrer Fragestellungen oft kaum mehr bewusst sind, wie das ja leider im englischen Sprachgebiet so oft der Fall war.

Wie jede Explosion hat aber auch diese zu einer Zersplitterung geführt, die sich darin äussert, dass die soeben erwähnten neueren Zusammenfassungen unter sich so stark verschieden sind; die Verhaltensforschung ist heute keine einheitliche Wissenschaft. Glücklicherweise vollzieht sich aber zur gleichen Zeit ein anderer Prozess: die abgezweigten Teilwissenschaften treten in Fühlung und fruchtbare Wechselwirkung mit anderen Wissenszweigen wie der Nervenphysiologie, der Tier- und Humanpsychologie, der Psychiatrie, der Genetik und Evolutionsforschung, der Ökologie. Es ist nur selbstverständlich, und in keiner Weise beunruhigend, wenn in dieser schnellen Entwicklung Begriffe und Fachausdrücke sich ändern und dann – wie man hoffen darf – ihrem Zweck als Forschungswerkzeuge besser angepasst werden, obgleich die Fragestellung selbst sich wandelt. Das und die damit verbundene intensive, oft ungemein anregende Diskussion gehören ja zur natürlichen Entwicklung einer jungen Wissenschaft.

Wir könnten Wilhelm Busch paraphrasieren «Ein Jeder haut, ein Jeder sticht, und Keiner trifft den Andern nicht» und mit Recht behaupten, dass es geradezu zum guten Spiel gehört, wenn in diesem Ringen um eine neue Wissenschaft die Gegner sich dann und wann auch wirklich treffen! Die Lösung eines Konfliktes führt ja meistens zu etwas Besserem.

Die Zersplitterung unserer Wissenschaft, die vorläufig wohl unvermeidlich ist, hat aber auch die Gefahr mit sich gebracht, dass manche Splitter grösser sind und schneller davonfliegen als andere, und so wird das Hauptthema meines Vortrages ein Versuch sein, meine Überzeugung zu begründen, dass im Augenblick die Ethologie der Gefahr unterliegt, sich zu einseitig zu entwickeln und sozusagen in die Sinnes- und Nervenphysiologie abzugleiten. Allgemeiner gesagt, es entwickelt sich in der Ethologie eine Tendenz zur ausschliesslichen Erforschung der Verursachung des Verhaltens und der Verhaltensontogenie. Hier scheint man

<sup>1</sup> Herrn Prof. Dr. O. KOEHLER zum 80. Geburtstag gewidmet.

<sup>2</sup> V. G. DETHIER und E. STELLAR, *Animal Behaviour* (Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 1961).

<sup>3</sup> I. EIBL-EIBESFELDT, *Grundriss der vergleichenden Verhaltensforschung* (R. Piper and Son, München 1967).

<sup>4</sup> R. A. HINDE, *Animal Behaviour*, 2nd edn. (McGraw Hill, New York, London), in press.

<sup>5</sup> P. H. KLOPPER und J. P. HAILMAN, *An Introduction to Animal Behaviour* (Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 1967).

<sup>6</sup> A. MANNING, *An Introduction to Animal Behaviour* (Methuen, London 1967).

<sup>7</sup> P. R. MARLER und W. J. HAMILTON, *Mechanisms of Animal Behaviour* (Wiley, New York 1967).

<sup>8</sup> W. H. THORPE, *Learning and Instinct in Animals* (Methuen, London 1963).

<sup>9</sup> N. TINBERGEN, *Animal Behaviour* (Life Nature Library, New York 1965).

jetzt – wie in anderen Gebieten der Biologie – die Erforschung des arterhaltenden Wertes der beobachteten Erscheinungen zum Aschenbrödel zu degradieren, während sie meines Erachtens verdient, als Prinzessin oder gar – und jetzt wird die Metapher etwas heikel – als die *Mutter* der Ethologie anerkannt zu werden. Weshalb ich diese Vernachlässigung der Erforschung der arterhaltenden Funktion für bedenklich halte, kann ich am besten an einigen Beispielen erläutern. Zwei Überlegungen will ich diesen Beispielen vorausschicken. Erstens möchte ich betonen, dass nur eine Analyse der *Folgen* von Lebensäusserungen uns dazu verhelfen kann, die biologischen – vorläufig physikalisch noch unverstandenen – Probleme von *nur-physikalischen* zu unterscheiden; zweitens verlangt die Evolutionsforschung Einsicht in Fragen der Arterhaltung.

Zur ersten Überlegung: weil ein toter Vogel, in der Luft freigelassen, «wie ein Stein» zu Boden fällt, ein lebender Vogel dagegen davonfliegt und sich damit der Schwerkraft widersetzt, stellt die kausale Erklärung des Fliegens ein biologisches, die des Fallens dagegen ein nur-physikalisches Problem dar. Dieses Abgrenzen des biologischen Phänomens (damit wir es mittels Kausalforschung endgültig als einen Sonderfall eines physiko-chemischen Ereignisses erfassen können) ist meistens viel schwieriger als beim Fliegen: wo liegt zum Beispiel die Grenze, wenn eine Krähe eine Muschel zerschellen lässt; wo liegt sie bei der Lautproduktion, wo bei der Lichtperzeption? Es ist aber wichtig (damit wir unsere Zeit nicht auf Unwesentliches, auf Nicht-Probleme verschwenden) uns dauernd darüber bewusst zu sein, was wir Biologen zu erklären haben, wo unsere Forschung also hinzielen muss. Es kommt mir oft so vor, als ob vielen modernen Biologen dieses Bedürfnis eines zielbewussten Vorgehens fehlt; dass viele sich zwar in Teilfragen vertiefen und überdies ein Tier oft lediglich als einen willigen Lieferanten irgendeines Gewebestückchens, eines Pressaftes oder einer bestimmten chemischen Substanz betrachten.

Uns Ethologen beunruhigt es ferner auch, dass die moderne, an sich gesunde Tendenz, biologische Probleme nicht so scharf wie früher in zoologische und botanische Probleme aufzuspalten, zu einer Mode zu werden droht. Wie es beim Pendeln solcher Moden oft vorkommt, vergisst man geflissentlich, dass Nervensysteme nur Tieren zukommen. Noch wichtiger kommt mir vor, dass man auch vergisst, dass die «Einheitlichkeit der Biologie» nicht nur auf Gleichartigkeit der aufgedeckten physiko-chemischen Erscheinungen beruht, sondern in gleichem Masse, ja vielleicht noch mehr, auf Gleichartigkeit der Grundprobleme, der Fragestellungen und der Denkweise.

Ich muss Sie daran erinnern, dass das Erkennen des wahren Forschungszieles uns Biologen immer nur dann möglich gewesen ist, wenn wir den Organismus als eine scheinbare Ausnahme im physiko-chemischen Geschehen haben sehen können; als ein System, dass sich

unzählbaren, seine Vernichtung anstrebenden Umgebungseinflüssen zum Trotz, erhält. Hierzu muss man aber unbedingt die Umgebungsdrucke kennen; dazu auch die Art und Weise, in denen sie das Tier bedrohen, und ganz besonders endlich die Form, in der das Tier sie bewältigt. Das nämlich, und nicht schlechthin alles, was ein Tier tut, ist ja der zentrale Gegenstand der biologischen Forschung. Die zu überwindenden Widerstände sind sowohl vielfältig als auch oft äusserst verwickelt. Die physikalischen Faktoren wie Hitze und Kälte, Feuchtigkeit und Trockenheit, Sauerstoff und Kohlensäure, sind noch die einfachsten, und trotzdem verlangen sie schon komplizierte Anpassungen, wie zum Beispiel jeder Imker weiss, der sich der vitalen Bedeutung des Fächelns bei seinen Bienen bewusst ist: Ventilation, Verdunstung, und Kühlung. Die biotischen Faktoren der Umgebung sind aber unvergleichlich verwickelter, und dazu noch von Art zu Art verschiedener. Tiere müssen sich die passende Nahrung buchstäblich erobern; sie müssen sich gegen vielerlei, selbst ebenfalls hochspezialisierte Raubfeinde und Parasiten verteidigen. Ich behaupte, dass die Ursachenforschung (die Physiologie) *immer* auf der Erforschung dessen fussen muss, was das Tier zu *leisten* hat. Was es zu leisten hat, entdeckt man aber nur dann, wenn man das Tier im Ringen mit seiner Umgebung betrachtet und untersucht. Dass wir jetzt in der Physiologie uns dessen nicht immer klar bewusst sind, rührt bloss daher, dass unsere Eltern oder Grosseltern den (vorläufig genügenden) ersten Schritt schon gemacht haben: die Nahrungsphysiologie zum Beispiel hat sich so lange auf Ursachenforschung beschränken können, weil wir schon lange wissen, wozu Nahrung dient. Mit dem tieferen Eindringen in physiologische Probleme, zum Beispiel wenn es sich um Mangelerscheinungen handelt, fragt sich aber auch der Physiologe immer wieder: «Was hat das Tier mit seinen Ernährungs-, Bewegungsorganen und Verhalten zu leisten? Wozu dient zum Beispiel der spezielle Salz- oder Phosphorhunger, den man beim Vieh manchmal beobachtet?» Auch der Physiologe findet seine Probleme nur dadurch, dass er den Kampf des Tieres mit den lebensbedrohenden Umgebungsfaktoren zum Ausgangspunkt nimmt. Ich bin fest überzeugt, dass alle Biologen, und besonders wir Ethologen, dieses immer, und zwar bewusster und systematischer, betreiben müssen.

Zum zweiten endlich ist umweltbezogene Forschung auch für unser Verständnis der Evolution unerlässlich. Weil sich das Angepasstsein – wie gesagt das zentrale Phänomen der Biologie – als Folge der natürlichen Auslese entwickelt hat, und weil diese Auslese in der Auseinandersetzung mit der Umgebung erfolgt, müssen wir das Geschehen zwischen dem, was verlangt wird und dem, was tatsächlich geleistet wird, untersuchen. Dabei konfrontieren sich selbstverständlich zwei Aspekte der Evolution: die Vervollkommnung (und Erhaltung) des Angepasstseins, und die Artdivergenz, die ja sekundär

die Vermeidung der Konkurrenz und der Bastardierung als neue Forderungen mit sich bringt.

Anstatt aber in dieser abstrakten Weise weiterzudenken, will ich Sie mit meinen Beispielen in die Welt des Tieres zurückführen. Ich wähle dazu einige neuere Freilandarbeiten meiner eigenen Forschungsgruppe.

Betrachten wir zuerst eine Verhaltensweise vieler Vogelarten, wie man sie sich kaum einfacher und unbedeutender vorstellen könnte: das Davontragen der leeren Eischale bald nach dem Schlüpfen eines Kückens<sup>10</sup>. Viele Vogelarten machen dies, und wir haben dieses Verhalten bei der Lachmöwe untersucht. Diese Reaktion nimmt jedem Altvogel nicht mehr als etwa 10 Sekunden im ganzen Jahr. Die Möwe nimmt die Eischale in den Schnabel, beknabbert sie kurz, geht oder fliegt mit ihr davon, und lässt sie irgendwo, etwa zwischen 2 und 100 m vom Nest entfernt fallen. Darauf kehrt sie zum Nest zurück.

In einer Hinsicht ist diese Reaktion sehr nachteilig: Besonders fliegende Raubfeinde erwischen manchmal in wenigen Sekunden ein Ei oder ein Küken, wenn der Altvogel sie nicht hudert. Dass alle Lachmöwen dieses Risiko trotzdem mit in Kauf nehmen, muss bedeuten, dass sie mit dieser Reaktion tatsächlich «etwas kaufen», dass das Verhalten also eine arterhaltende Bedeutung hat. Ich möchte betonen, dass ich diese Überlegung, so trivial sie scheinbar ist, als wichtig betrachte, sogar als einen entscheidenden Schritt im Anfang aller biologischen Forschung. Das Verhalten muss einen Zweck haben. Wir wollen zuerst wissen welchen Zweck; und dann fragen wir uns: Weshalb wird es so zweckmässig ausgeführt – so, und nicht anders? Wie wird dieses Verhalten verursacht?

Unsere Versuche, die sich – gemäss unserer Fragestellung – zuerst der arterhaltenden Bedeutung der Reaktion zuwandten, haben herausgestellt: Erstens, dass Eier und Jungmöwen von ihrer Tarnfärbung tatsächlich geschützt werden; zweitens, dass die Eischale dadurch, dass sie zum Teil weiss und daher auffällig ist, die Aufmerksamkeit mancher Raubfeinde auf sich, und somit auf die Brut lenkt. Wir haben durch Versuche mit Rabenkrähen und Grossmöwen als Raubfeinden bewiesen (und nur im Versuch ist dies überhaupt möglich), dass die Mortalität von Eiern, die eine leere Eischale zum Nachbarn hatten, viel höher war als diejenige von Eiern, deren gefährlicher Nachbar entfernt worden war.

Dieser Effekt der Reaktion lenkte unsere Aufmerksamkeit auf Fragen der Verursachung: Welche Reize ermöglichen es der Möwe, nur Eischalen und nicht etwa die Eier selber, Kücken, oder gar Nistmaterial davonzutragen? Attrappenversuche – diesmal mit den

Möwen selber, anstatt mit ihren Raubfeinden – ergaben unter anderem, dass eine Möwe die Eischale von einem Ei besonders unterscheidet, dass die Schale einen scharfen, dünnen Rand hat – dass sie ferner auch hohl ist, und in ihr die glatte Eikontur unterbrochen ist, betrachtet die Möwe überhaupt nicht.

Dies führte uns nun wiederum zu einer funktionellen Frage zurück: wieso kommt es denn, dass die Möwe eine Schale nicht davonträgt, aus der das Kücken noch nicht ganz ausgekrochen ist? Der scharfe Rand ist ja bereits sichtbar. Versuche mit künstlich belasteten Eischalen ergaben, dass die Möwe während des Beknabberns das Gewicht abschätzt, und eine zu schwere Eischale liegen lässt.

Als wir mittels Attrappen die Farbabhängigkeit des Wegtragens untersuchten, fanden wir, dass Khaki und Weiss (die natürlichen Farben der Eischalen) am meisten wirksam waren, während andere Farben, sogar sehr auffällige, etwas weniger und grüne fast gar nicht entfernt werden. Versuche über den Einfluss der Form hatten – in Übereinstimmung mit dem schon Gesagten – ergeben, dass viele verschiedene Gegenstände davongetragen wurden, vorausgesetzt, dass sie einen dünnen, scharfen Rand besaßen, wie zum Beispiel gewöhnliche Papierfetzen. Methodisch war es wichtig, dass wir diese Ergebnisse nicht einfach hinnahmen, sondern uns wiederum im Hinblick auf die natürliche Lage) fragten, wozu wohl diese unerwartet niedrige Grünempfindlichkeit diene? Im Gesamtkontext war die Antwort klar: wäre nämlich das Davontragen für Grün empfindlich, so würden die Möwen wohl fortwährend die grünen Blätter der nestnahen Pflanzen abrupfen und entfernen, und das wäre natürlich für die Brut nachteilig, und dies besonders für Kücken, die ja Deckung brauchen.

Schon diese wenigen herausgegriffenen Tatsachen dürften zeigen, wie die Analyse der arterhaltenden Bedeutung und Verursachungsforschung sich fortwährend gegenseitig befruchten. Dazu ist allerdings die eingehende Untersuchung der relevanten Umgebungsfaktoren unerlässlich. Spekulation allein genügt nicht: Versuche sind erforderlich und, wie wir gesehen haben, auch durchaus möglich. Es ist enttäuschend zu sehen, wie selten jetzt in der Verhaltensliteratur einmal die Frage nach der Funktion überhaupt gestellt wird, und zum andern, wie oft sogar erfahrene Forscher in Fragen der Arterhaltung spekulativ bleiben, sogar dann, wenn sie bei der Ursachenforschung experimentell erfolgreich vorgehen.

Diese Eischalenarbeit wurde nun zum Ausgangspunkt weiter gefasster Forschungen, die sämtliche Verteidigungsmassnahmen der Lachmöwe *allen* ihren Raubfeinden gegenüber untersuchten<sup>5,7</sup>. Dabei stellte sich heraus: Erstens, dass jeder der vielen verschiedenen Raubfeinde jeweils singuläre Anforderungen an die Möwen stellt; zweitens, dass die Möwen über viele verschiedene Abwehrmechanismen verfügen; und drit-

<sup>10</sup> N. TINBERGEN, in *Ideas in Modern Biology* (Ed. J. S. MOORE; Natural History Press, Garden City, New York), Vol. 6 of the Proc. 16th Int. Zoology Congr. in Washington, p. 519. 1965.

tens, dass das ganze Abwehrsystem auf umfangreichen Kompromiss beruht. So fanden wir zum Beispiel, dass der hohe Grad der Synchronisierung der Eiablage Teil der Verteidigung ist: nie abnorm frühen und die abnorm späten Bruten sind stärkerer Gradation unterlegen als die «Spitzenbruten». Weiter zeigte sich, dass das Brutbiotop zwar für die Brut günstig, für die Altvögel dagegen höchst gefährlich ist, denn die Deckung gibt den Kücken Schutz, erlaubt aber dem bei Nacht jagenden Fuchs, die Altmöwen zu erbeuten. Als Kompromiss sind die Möwen in der Nacht nur am Brutplatz, wenn sie eine Brut haben; sie verbringen sonst die Nacht auf offenen Flächen, wo sie nachweislich weniger von Füchsen gefährdet sind. Balz, Revierbesetzung und so weiter spielen sich nur bei Tageslicht ab, und im Anfang und am Ende der Saison sind die Altmöwen am Brutplatz äusserst scheu. Kompromisse finden sich weiter auch darin, dass die Altvögel für jede Art von Raubfeind ein passendes Gleichgewicht zwischen dem die Brut schützenden Angriff und der den Altvogel rettenden Flucht beibehalten.

Vergleicht man nun weiter die verschiedenen Möwenarten miteinander, so findet man, dass sie, der allgemeinen Regel folgend, verschiedene Biotope bewohnen. Die pelagisch fischende Dreizehenmöwe ist von Frau Dr. E. CULLEN in einer klassischen Arbeit als Schulbeispiel des Systemcharakters des Angepasstseins aufgedeckt worden. In beinahe allem, was diese Art anders macht als die übrigen Möwenarten, hat E. CULLEN deutlich aufgezeigt, wie es als Teil einer indirekten Verteidigung gegen Raubfeinde (nämlich des Nistens auf steilen Felswänden) so und nicht anders gemacht werden muss. Für Einzelheiten dieser musterhaften Analyse muss ich auf die Originalarbeit verweisen.

Als zweites Beispiel wähle ich eine gerade abgeschlossene Arbeit von M. NORTON-GRIFFITHS<sup>12</sup> über die erstaunlich fein angepasste Weise, in der Austernfischer ihre bevorzugten Beutetiere, die Miesmuscheln, öffnen und «verarbeiten». Er erbeutet sie am Ebbstrand. Für das Öffnen der Muschel verfügt er über zwei Bewegungen. Bei einer unter Wasser befindlichen, leicht klaffenden Muschel treibt der Vogel den langen, scharfen Schnabel durch den Schlitz hinein («Hineinstecken»); geschlossene Muscheln werden von Substrat losgerissen, richtig hingelegt und ventral aufgehackt («Hacken»). Dabei wird sofort durch eine Scherenbewegung der grosse Adduktormuskel durchgeschnitten, so dass die Muschel ihre Schalen nicht mehr schliessen kann. Dann zwingt der Vogel die Schalen mit schnellen seitlichen Kopfbewegungen («Hebeln») weiter auf. Ganz geöffnet werden die Schalen schliesslich dadurch, dass sich der Vogel um 90 Grad dreht, und den Schnabel zwischen den Schalen mit Gewalt öffnet («Zirkeln»). Darauf fängt er an, mit erstaunlicher Geschwindigkeit das Fleisch von der Schale loszumeisseln («Meisseln»), und erst dann schüttelt er die ganze Muschel frei, und frisst sie. Diese Bewegungen werden

alle in der richtigen Folge durchgeführt, mit der richtigen Orientierung und Kraft, und genau solange wie erforderlich; es ist nur diesen ungeheuer «unwahrscheinlichen» adaptiven Verfeinerungen zu verdanken, dass der ganze Prozess einem völlig erfahrenen Austernfischer nicht mehr als dreissig Sekunden nimmt. Erst durch eine genaue Untersuchung der Ontogenie dieser Bewegungsfolge hat NORTON-GRIFFITHS festgestellt, wie fantastisch genau alle diese Bewegungen stimmen müssen, damit Austernfischer sich nicht nur durch den Winter am Leben halten, sondern darüber hinaus eine Brut aufziehen können, was noch eine viel schwerere Aufgabe bedeutet.

Die Jungtiere, die anfänglich, sehr «unlimikolisch», von den Eltern gefüttert werden, zeigen schon wenige Stunden nach dem Schlüpfen alle oben genannten Erbkoordinationen in erkennbarer Form, obwohl diese vorerst noch funktionslos sind. Sie müssen nun aber weiter unterscheiden lernen, was Beute ist und was nicht. Die anfänglich auf sehr vieles ansprechende Reaktion des Pickens wird durch das Zusammenleben mit den Eltern auf Fressbares dressiert. Weiter müssen sie lernen, alle Reaktionen der Kette richtig zu orientieren, sie nicht zu lange und nicht zu kurz auszuführen, die richtige Kraft anzuwenden, und das Fressen selber muss allmählich bis zum Ende der Operation verschoben werden. All das lernen sie durch Übung. Das Erstaunlichste von allem ist, dass sie vom Vorbild der Alten lernen, auf welche von den zwei anfangs verfügbaren Methoden des Öffnens, das Hineinstecken oder Hacken, sie sich spezialisieren werden. Austauschversuche haben bewiesen, dass sie durch das Vorbild der Eltern entweder zu «Hackern» oder zu «Hineinsteckern» werden. Dies ist eine sonst nur aus der Akustik bekannte, primitive Form der imitierenden Einschränkung der ursprünglichen Potenz.

Mit Hilfe dieser höchst raffinierten, durch mühsames Lernen erworbenen Spezialisierung hat sich die Art eine nahezu unerschöpfliche Nahrungsquelle eröffnet. Sie hat aber damit zu bezahlen, dass sie, als Ausnahme unter den Limikolen, ihre Jungen zuerst füttern muss, und ihnen dann noch monatelang, allmählich nachlassend, helfen muss. Und sogar nachdem die Jungen unabhängig geworden sind, dauert es drei bis vier Jahre, bevor sie imstande sind, im Winter soviel Reservefett aufzuspeichern (wie die Altvögel es tun), dass sie den schweren Gewichtsverlust der anstrengenden Brut-saison ertragen können. Der Austernfischer, der erst im 4. Lebensjahr zur Brut schreitet, macht dies gewiss nicht aus «Altruismus» – er kann das Brutgeschäft einfach nicht früher beginnen.

<sup>11</sup> E. CULLEN, *Ibis* 99, 275 (1957).

<sup>12</sup> M. NORTON-GRIFFITHS, Doctoral Thesis, Oxford 1969.

Sie sehen daraus, wie viele merkwürdige Verzweigungen im Verhalten das Erobern einer neuen Nische für die Anpassung einer Art mit sich bringt. Die Parallele mit dem aus der funktionellen Anatomie schon längst bekannten Prozesse der Umkonstruktion ist hier auffallend.

Dazu hat NORTON-GRIFFITHS noch im einzelnen untersucht, wie genau die Beziehungen zwischen Altvögeln und Jungen koadaptiert sind, und wie sich sogar diese Koadaptation im Laufe des Brutzyklus ändert. So ist der Altvogel beinahe automatisch empfindlich für die Zeit, die er warten muss, bevor ein Junges die dargebotene Nahrung annimmt. Erfolgt das nicht innerhalb einer «kritischen Wartezeit», so wirkt dies als negative (soziale) Rückkoppelung: der Altvogel bricht das Nahrungssammeln ab. Diese kritische Wartezeit ist anfänglich lang, und wird – gemäss der wachsenden Gewandtheit der Jungen – allmählich kürzer. Man fragt sich dann natürlich: Wie erfolgt das? Wir wissen es noch nicht. Auf Schritt und Tritt hat aber auch hier, wie Sie sehen, die Funktionsforschung uns auf die wesentlichen Fragen der Verursachung gelenkt.

Das ganze System, und zwar sowohl das vollendete Können der Altvögel und die Steuerung der Verhaltensentwicklung, wird weitgehend von Aussenreizen – auslösenden, richtenden, hemmenden und fördernden – beherrscht, und mit Recht weist NORTON-GRIFFITHS darauf hin, dass dem so sein muss: Erstens kann nur so der Jungvogel eine solche Spezialisierung erwerben; zweitens ist es nur so möglich, dass es unter den Austernfischern verschiedene Spezialisten gibt: es fressen ja viele ausschliesslich Miesmuscheln, es gibt aber auch Hartmuschel-, Krabben-, *Scrobicularia*- und *Patella*-Spezialisten, und es versteht sich ohne weiteres, dass solche Spezialisierung individuelle Meister schafft. Darüber hinaus haben aber alle die einfachere, uralte Limikolenmethode beibehalten (die nicht oder kaum durch Lernen erworben wird): das Bohren nach Würmern, Insekten und so weiter. Hier wiederum hilft uns ein Blick in die Umwelt: Es gibt Sturmperioden, in denen die ja ziemlich tief sitzenden Miesmuscheln nicht oder nur schwer erreichbar sind, und dann können die Vögel auf die alte Nahrungsquelle ihrer Vorfahren zurückfallen.

Mein drittes Beispiel betrifft wieder die Wechselwirkung zwischen Raubfeind und Beutetier. Jetzt aber handelt es sich um eine Verfeinerung im Verhalten des Raubfeindes, die erst neuerdings wieder in den Vordergrund gerückt ist: die Gewohnheit vieler Räuber, während der Nahrungssuche mittels «Wahl nach Muster» vorzugehen, oder, wie es unter Biologen besser bekannt geworden ist, mittels «Jagen mit Suchbild». Wiederum wurde die Verursachungsforschung von Freilandarbeiten angeregt. In einer eingehenden Untersuchung der Ernährung von Kohlmeisen hatte schon um 1950 mein verstorbener Bruder L. TINBERGEN gefunden<sup>13</sup>, dass Kohlmeisen zwar, wie viele andere

Vögel, imstande sind, die gut getarnten Insekten aufzufinden, dass es aber trotzdem eine gesetzmässige Diskrepanz gibt zwischen dem, wieviel vorhanden ist und dem, wieviel gefressen wird. Jedesmal, wenn eine neue getarnte Beuteart in grösserer Anzahl im Biotop heranwächst, wird sie zuerst nicht erbeutet und wohl einfach übersehen. Mit einer Verzögerung (die individuell sogar für die Partner eines Brutpaares verschieden sein kann) wird die neue Beuteart dann plötzlich sprunghaft in grosser Anzahl angenommen, und zwar jetzt viel mehr, als auf Grund ihrer zahlenmässigen Verfügbarkeit erwartet werden sollte. Die einzige Deutung, die mein Bruder damals vorschlagen konnte, war die, dass jede Meise sich sofort auf eine neue Beuteart konzentriert, wenn sie einmal erfahren hat, wie sie aussieht – bildlich gesagt, sich ein Suchbild geformt hat. Jahre später, und zwar besonders unter dem Eindruck unserer vielen seitdem angestellten Versuche über die Funktion verschiedener Tarnmethoden, kam mir der Gedanke<sup>14</sup>, dass diese Hypothese, etwas erweitert, vielleicht die merkwürdige Tatsache erklären könnte, dass soviele gut getarnte Tierarten sich, jede in ihrer Weise, soviel Mühe geben, zerstreut zu leben, das heisst, nicht zu nahe bei Tieren ihrer eigenen Art. Damit «Jagen mit Suchbild» als der hierfür verantwortliche Selektionsdruck in Betracht kommt, sollte man nicht nur prüfen, ob eine oder wenige Erfahrungen die Reaktionsbereitschaft des Raubfeindes für eine neue Beuteart spezifisch stark erhöhen, sondern, darüber hinaus, auch, ob der Raubfeind hierbei plötzlich stark an den Ort gebunden wird. Dafür gab es zwar allerhand Hinweise, systematische Versuche standen aber noch aus.

Als ersten Schritt untersuchten wir, ob die Mortalität durch Predation von Populationen von getarnten (natürlichen oder künstlichen) Beutetieren wirklich proportional mit der Bevölkerungsdichte ansteigt. In mehreren Versuchsreihen mit künstlichen Raupen und mit getarnten Eiern, wobei wir wilde Rabenkrähen als Raubfeinde benutzten, zeigte es sich, dass das tatsächlich der Fall war. Dann wandte sich mein Schüler H. J. CROZE<sup>15</sup> der Frage zu, wie das Verhalten des Raubfeindes organisiert ist. Wilde, freilebende sowie handaufgezogene Rabenkrähen wurden darauf dressiert, auf einer bunten Kiesfläche ausgelegte, getarnt gefärbte Muschelschalen umzudrehen und die darunter ausgelegten Fleischstückchen zu fressen. Es wurde dann systematisch untersucht: 1) wie schnell die Krähen ein Suchbild für einen bestimmten Muscheltyp

<sup>13</sup> L. TINBERGEN, *Archs neerl. Zool.* 13, 259 (1960).

<sup>14</sup> N. TINBERGEN, M. IMPEKOVEN und D. FRANCK, *Behaviour* 28, 307 (1967).

<sup>15</sup> H. J. CROZE, Doctoral Thesis, University Oxford 1967. (*Z. Tierpsychol.*, in press.)

entwickeln konnten; 2) wie spezifisch das Suchbild war, und 3) ob die Krähen tatsächlich nach den ersten Funden an Ort und Stelle weiter suchten. Die Ergebnisse stimmten mit der Gesamthypothese überein, und es war wirklich erstaunlich zu sehen, wie schnell sich eine Krähe auf einen neuen Typ umstellen konnte: Meistens bewirkte schon bei einer etwa drei Monate alten Jungkrähe ein-, zwei- oder dreimaliges Anzeigen einer neuen Muschelart einen Umschwung in der Beutewahl!

Diese Arbeiten bestätigten also die Vermutung, dass das hochentwickelte Verhalten mancher Raubfeinde einen starken Selektionsdruck auf verschiedene Eigenschaften ihrer Beutetiere ausübt. Davon habe ich bis jetzt nur das Zerstreut-Leben betont. Hiefür gibt es ja bei Tieren die verschiedensten Mechanismen, die alle jetzt plötzlich der Mühe der Feinanalyse wert erscheinen. Es versteht sich aber von selbst, dass in Anbetracht der Spezifität der «Wahl nach Muster» auch Polymorphismus der Beutearten zur Verteidigung beitragen muss – wenigstens, wenn das Biotop gleichfalls polymorph ist – denn jede Form muss ja gleich gut getarnt sein. Auch das hat CROZE<sup>15</sup> experimentell bestätigt.

In diesem Zusammenhang ist es, nebenbei gesagt, auch von Bedeutung, dass dieser Type des Selektionsdruckes sehr wohl dazu beigetragen haben kann, die Reviersysteme mancher Vogelarten mir getarnter Brut zu begünstigen. Daneben gibt es natürlich viele andere, von Art zu Art verschiedene Vorteile der Territorialität.

Betrachten wir jetzt noch einmal, was diese kurz behandelten Beispiele eigentlich bedeuten. Erstens hoffe ich gezeigt zu haben, was ich meinte, als ich sagte, dass die Erforschung des arterhaltenden Wertes, der Wechselwirkung zwischen Tier und Umwelt, befruchtend auf die Verursachungsforschung wirkt. *Alle* genannten Untersuchungen wurden von der Frage angeregt: «was leistet das Tier?» – im Sinne von: Was ist erforderlich, damit es in seinem Biotop Erfolg hat? Und immer wieder deckten wir dank diesem Vorgehen bisher ganz und gar unbeachtete Fragen der Verursachung auf. Hätten wir diese Forschungen nicht im Freiland angefangen, so wären wir wahrscheinlich verschwenderisch vorgegangen, und hätten uns nicht so schnell auf Wesentliches konzentrieren können. Und das Wesentliche für den Biologen ist wie gesagt die Tatsache, dass Organismen, physisch höchst unwahrscheinliche Systeme, sich in einer feindlichen Welt erhalten.

Darüber hinaus erlaubte uns diese Forschungsart auch tiefere Einsicht in die Ergebnisse der natürlichen Auslese als richtunggebenden und stabilisierenden Evolutionsfaktor. Schon jetzt, nach wenigen, ziemlich vereinzeltten Arbeiten, bekommen wir einen guten Eindruck des ungeheuer verwickelten Systemcharakters des Anpassungs geschens: in jeder Art ist sozusagen alles mit allem funktionell verbunden.

Dann hoffe ich gezeigt zu haben, mit wie äusserst einfacher Technik und Apparatur wir auskommen; was verlangt wird, ist vor allem Denkdisziplin. Alle Versuche waren technisch so primitiv, dass sie leicht hundert Jahre früher hätten angestellt werden können; es fehlte aber bis vor kurzem das Vermögen, unscharf formulierte Spekulation mittels zielgerichteter, sinnvoller Versuche zu prüfen. Die Anwendbarkeit des Versuches ist natürlich nicht verwunderlich, wenn man bedenkt, dass man es, genau wie in der Erforschung der Verursachung des Verhaltens, bei der Erforschung seiner Konsequenzen mit einer Kausalbeziehung zu tun hat – bloss wird bei der Analyse des arterhaltenden Wertes das Verhalten als Ursache, nicht als Wirkung betrachtet.

Es kann meines Erachtens nicht zu oft betont werden, dass es darauf ankommt, Tier und Umgebung im Zusammenhang zu untersuchen. Der erste Schritt ist, durch lang anhaltende, oft wiederholte, und dazu vergleichende Beobachtung allmählich Korrelationen zwischen Verhaltensweisen jeder Art einerseits und Eigentümlichkeiten ihrer Nische andererseits festzustellen, wie es zum Beispiel die Vogelökologen gegenwärtig musterhaft treiben. Es ist dabei aber merkwürdig, wie wenig in der Praxis solcher Untersuchungen die schon von v. UEXKÜLL betonte begriffliche Unterscheidung zwischen «Umgebung» und «Umwelt» wirklich angewandt wird. Nach nahezu vierzigjähriger Freilandforschung bin ich mir heute mehr denn je bewusst, wie wenig wir noch von der Umwelt irgendeiner Tierart wissen.

Dass nur diese rein beobachtende Vorarbeit (die sehr viel Zeit, und dazu eine besondere Empfänglichkeit für die Erscheinungen des Angepasstseins erfordert) überhaupt die Hypothesenbildung ermöglicht, die zur endgültigen experimentellen Prüfung führt, gilt gar nicht nur für die Verhaltensforschung. Wie fruchtbar die koordinierte, parallele Untersuchung von Umwelt und Tier auch für die Physiologie sein kann, zeigen uns die schönen Arbeiten von K. D. ROEDER und seinen Mitarbeitern über das Hörvermögen von Nachtschmetterlingen als Teil ihrer Verteidigung gegen Fledermäuse. Kurzfristig betrachtet, scheint es oft, dass langes Nurbeobachten verschwenderisch ist, aber auf lange Sicht ist es genau umgekehrt: ohne sie verliert unsere Forschung Ziel und Richtung.

Wenn ich die Notwendigkeit der Funktionsforschung innerhalb der Tierethologie so stark betont habe, hat das letzten Endes darin seinen Grund, dass – wie gerade in den letzten Jahren klar geworden ist – die vergleichende Verhaltensforschung nicht nur potentiell, sondern tatsächlich schon zum Verständnis des menschlichen Verhaltens beizutragen imstande ist. Wie dringend diese Aufgabe ist, wird heute beinahe täglich klarer, wenn wir uns deutlicher darüber bewusst werden, dass unsere eigene Art sich in einer schwierigen, ich zögere nicht zu sagen, in einer verzweiferten Lage befindet. Es häufen sich immer mehr die Beweise, dass

jene kulturelle Evolution, die es uns ermöglicht hat, uns mit noch nie dagewesenem Erfolg in unserer Umwelt zu behaupten, ja, darüber hinaus die Umgebung buchstäblich zu bewältigen, zu unserer fatalen Bevölkerungsexplosion geführt hat. Die technologische und medizinische Meisterschaft, die uns das möglich gemacht hat, schleppt entsetzliche Folgen nach sich: Wir haben die Grenzen unserer ökologischen Nische gesprengt und sind in die Nischen von nahezu allen anderen Arten eingedrungen. Damit haben wir unserer eigenen Umgebung schwer geschadet: Raubbau und Verunreinigung, sozialer Druck und Kernwaffenkrieg bedrohen unsere ganze Art. Wir müssen uns dessen bewusst sein, dass diese letalen Entwicklungen alles Konsequenzen unseres Verhaltens sind; es ist das Fehlschlagen der Folgen unseres Verhaltens, das uns bedroht. Genauer gefasst: Es handelt sich nicht um das Verhalten an sich – wie das Wort «Fehlschlagen» sagt, betrifft es unser Verhalten in Beziehung zu unserer jetzigen Umgebung. Wir stehen als vor einem Problem der ökologischen Verhaltensforschung. Und von solcher umweltbezogener Verhaltensforschung habe ich ja die ganze Zeit gesprochen.

Verschiedene meiner Kollegen<sup>16,17</sup> haben neulich davon geschrieben, wie die Tierethologie zum besseren Verständnis unseres eigenen Verhaltens beitragen könnte, falls bloss unsere Mitmenschen bereit wären zu akzeptieren, dass wir die Antriebe, und mehr allgemein, die Mechanik des menschlichen Verhaltens noch nicht verstehen, und daher noch nicht die Macht besitzen, unser Verhalten zielbewusst zu ändern. Zu ihren Auseinandersetzungen möchte ich zweierlei hinzufügen. Erstens ist es meines Erachtens nicht so sehr unsere Aufgabe zu zeigen, was wir schon wissen oder zu wissen glauben; das ist ja eigentlich verschwindend wenig. Vielmehr sollten wir Ethologen nachdrücklich betonen, wieviel wir noch nicht wissen, und zu gleicher Zeit, wieviel wir trotzdem beitragen könnten; denn die Methoden der Tierethologen sind bis jetzt kaum auf den Menschen angewandt worden. Zweitens wiederhole ich, dass ich der Meinung bin, dass die Ethologie es sich nicht erlauben kann, bei ihrer künftigen Anwendung auf menschliche Probleme die umweltbezogene Forschung zu vernachlässigen. Es beunruhigt mich, dass, gerade wenn wir uns bewusst werden, dass es für unsere Art lebenswichtig sein wird, unsere eigene Verhaltensökologie verstehen zu lernen, die Tierethologie selbst sich einseitig in Richtung der ausschliesslichen Ursachenforschung zu entwickeln beginnt, und die umweltbezogene Verhaltensforschung vernachlässigt.

Betrachten wir kurz, wie man die Aufgabe einer umweltbezogenen Verhaltensforschung des Menschen in Angriff nehmen könnte. Ich habe soeben kurz unsere kulturelle Evolution erwähnt. Im Gegensatz zur genetischen Evolution beruht die kulturelle Evolution auf der Akkumulation von Erfahrung, die von jeder Generation auf die nächste übertragen wird, und das Ver-

halten jeder Generation phänotypisch, durch Lernvorgänge, ändert. Das kommt zwar (wie wir ja am Beispiel des Austernfischers gesehen haben) schon bei relativ niedrigen Wirbeltieren vor, hat aber bei keiner Art, auch nicht bei Affen, zu einer so schnell und beinahe exponentiell wachsenden Änderung geführt wie beim Menschen. Es ist die Kombination dieser kumulativen kulturellen Änderung unseres Verhaltens und der weit fortgeschrittenen, ebenfalls kumulativen Änderung unserer Umgebung als Folge unserer Kultur, die es auch so schwierig macht, das präkulturelle Verhalten des Menschen zu rekonstruieren. Dazu hätten wir zu untersuchen, worin sich die Verhaltensökologie des modernen Menschen von der Verhaltensökologie unserer Vorfahren unterscheidet, die noch in der Nische lebten, in der natürliche Auslese sie ausgebildet hatte. Abgesehen davon, dass wir unser jetziges Verhalten noch nicht verstehen, sind uns sowohl das präkulturelle Verhalten als auch die präkulturelle Umgebung ganz und gar unbekannt und das ist es wohl, was es uns so schwierig macht, die bei Tieren so erfolgreich angewandte vergleichende Methode auf das Verhalten des Menschen anzuwenden.

Das bisher Gesagte dürfte pessimistisch und sogar defeatistisch anmuten. Mit LORENZ<sup>18</sup>, MORRIS<sup>17</sup> und anderen Ethologen bin ich aber der Meinung, dass es trotz aller dieser Schwierigkeiten doch möglich sein sollte, durch geschicktes Anwenden ethologischer Methoden unser Urverhalten einigermaßen zu rekonstruieren. Wir sind nämlich davon überzeugt, dass es trotz der weitgehenden Umgebungsabhängigkeit unserer individuellen Verhaltensontogenie möglich ist, viele Züge unseres Urverhaltens sozusagen durch den Deckmantel der erworbenen Verhaltensweisen hindurch zu erkennen; dass wir diesen Mantel sozusagen abschälen können. Dass unsere Vorfahren einmal ein solches Urverhalten besaßen – ein Verhalten, das, bevor es sozusagen kulturell verzerrt wurde, wie das von anderen Tierarten hauptsächlich von genetischer Evolution gebildet war – daran kann man ja nicht zweifeln: unser jetziges Verhalten ist ja nicht aus nichts entstanden.

Zwei Wege stehen uns zu einer solchen Rekonstruktion des Urverhaltens offen. Erstens kann man, wie das bei Tieren schon systematisch gemacht wird, die Umgebung, in der ein Individuum aufwächst, wechseln und herausfinden, inwieweit und in welcher Weise die Entwicklung des Verhaltens phänotypisch beeinflusst wird. Das kann einerseits mittels des Deprivationsversuches gemacht werden, andererseits kann man einem Individuum eine abnorme Umgebung aufzwingen. Bei Tieren entdeckt man dann oft, dass sehr viele arttypische Verhaltensweisen merkwürdig resistent

<sup>16</sup> H. KRUK, *Behaviour*, Supplement 11, 1 (1964).

<sup>17</sup> D. MORRIS, *The Naked Ape* (Jonathan Cape, London 1967).

<sup>18</sup> K. LORENZ, *On Aggression* (Methuen, London 1966).

sind und sich sogar unter höchst abnormen Aufzuchtbedingungen doch normal entwickeln; das sind diejenigen Verhaltensweisen, die wir «angeboren» nennen. Beim Menschen sind solchen Versuchen natürlich oft eine Schranke gestellt, die wir aus ethischen Gründen nicht überschreiten dürfen. Ungeplante Versuche, klinische Erfahrung im weitesten Sinne helfen aber aus.

Zweitens können wir, indem wir uns auf solche «umgebungsresistente» Verhaltenszüge konzentrieren, die in der Anatomie und der Tierethologie schon so oft bewährte vergleichende Methode auf sie anwenden. Es sind hauptsächlich diese zwei Methoden, die, mit funktioneller Forschung gekoppelt, unsere Einsicht in die durch natürliche Auslese gelenkte Evolution des Tierverhaltens so vertieft haben. Wir Ethologen sind davon überzeugt, dass sie beim Menschen, falls mehr systematisch und auf die am meisten kulturreisistenten Verhaltensweisen angewandt, ebenfalls fruchtbar sein könnten. Allerdings fehlt uns bisher eine befriedigende faktische Grundlage. Wie unsicher unsere Kenntnisse noch sind, kann man daraus ersehen, dass in bezug auf eine unserer gefährlichsten Verhaltensweisen, der Aggression, der Ethologe RUSSELL<sup>19</sup> zum Schluss kommt, dass sie beim Menschen und anderen Primaten völlig umgebungsbedingt ist, während, wie ja allgemein bekannt, LORENZ<sup>18</sup> von einem angeborenen und dazu im Erwachsenen «spontanen» Aggressionsdrang überzeugt ist. Ich selber glaube, die Wahrheit liegt in der Mitte. Wenn auch Aggression stark umgebungsbedingt ist, gehört sie meines Erachtens zweifellos zu den tiefen, umgebungsresistenten menschlichen Trieben. Es scheint mir kein Zufall zu sein, dass der Psychiater ANTHONY STORR<sup>21</sup> und der Ethologe LORENZ trotz ihrer sehr verschiedenen Methoden zum selben Schluss gelangen, nämlich, dass die Aggression unserer Art nicht ganz erlernt ist und im Erwachsenen einen Ausweg sucht, mit anderen Worten nicht nur auf Provokation anspricht<sup>21, 22</sup>.

Fassen wir diesen kurzen, und leider viel zu schematischen Ausflug in die Humanethologie kurz zusammen. Die ökologisch orientierte Ethologie hat sich als Quelle der Inspiration für die Ursachenforschung als fruchtbar erwiesen; sie beginnt, es uns auch zu ermöglichen, die Evolution des Verhaltens zu rekonstruieren, und als Folge der natürlichen Auslese zu erklären. Beim Menschen ist das zwar durch die kulturell bedingte Umbildung unseres (phaenotypisch ja so stark beeinflussbaren) Verhaltens sowie durch die ebenfalls kulturell bedingte Veränderung unserer ökologischen und sozialen Umgebung unvergleichlich viel schwieriger, aber (weil es auch in unserem Verhalten «kultur-resistente» Verhaltenszüge gibt) nicht grundsätzlich unmöglich. Die Entwicklung einer «Öko-Ethologie» des Menschen ist deshalb eine so dringende Aufgabe, weil Verhalten und Umgebung sich nicht harmonisch, sondern divergent entwickelt haben, und zwar bis zu einem Punkt, wo wir von «Fehlschlagen» reden müssen, das heisst

von einem richtigen Zusammenbrechen unserer Ökologie und Soziologie. Wir Biologen finden uns mit einem Schlag in der Lage, in der wir unsere Mitmenschen dringend davon überzeugen müssen, dass wir nicht nur die Pflicht, sondern auch das Vermögen haben, bei der Suche nach einem neuen ökologischen Gleichgewicht für unsere Art die Führung zu übernehmen. Denn ein neues Gleichgewicht ist es, was wir anstreben müssen – ob wir dazu imstande sein werden, ist natürlich eine zweite Frage.

Zum Schluss möchte ich jetzt das Gesagte auf uns Biologen selbst, und besonders auf Ethologen anwenden. Sind wir uns darüber einig, dass umweltbezogene Verhaltensforschung, einschliesslich Evolutionsforschung, sowohl möglich wie notwendig ist, so befremdet es uns umsomehr, dass sogar die Tierethologie, die ja von der Freilandbeobachtung inspiriert worden ist, so schnell in einseitige Ursachenforschung abgleitet. Woher stammt wohl, hier wie in vielen anderen biologischen Unterwissenschaften, diese Präokkupation mit Ursachenforschung? Ich glaube, dass wir Wissenschaftler, ja die ganze Menschheit, in Gefahr sind zu vergessen, dass Wissenschaft (an sich sowieso nur ein Typ der Naturbetrachtung) uns zwar die Macht erteilt, durch Kenntnisse des ursächlichen Zusammenhangs das Naturgeschehen in die von uns erwünschte Richtung zu zwingen; dass aber diese Beherrschung nur ein Ergebnis, und nicht das wirkliche Ziel der Wissenschaft ist. Das Ziel ist Einsicht und Verständnis. Die Macht als höchstes Ziel zu betrachten, ist nicht nur unserer Art unwürdig; eine solche Weltanschauung verhindert uns auch daran, evolutionistisch zu denken und erschwert daher die Aufklärung typisch menschlicher Probleme. Leider aber begünstigt die immer fortschreitende Verstädterung unserer Art die jugendliche Prägung auf allem vom Menschen Konstruierten. Das führt schon im Kinde zur unbewussten Annahme, dass wir die Natur schon ganz beherrschen, einer Annahme, die letzten Endes zu solchen lächerlichen, gar nicht seltenen Vorkommnissen führt, als wenn Ausfüglar dem Wettermann buchstäblich vorwerfen, dass es regnet – als ob wir wieder, wie unsere primitiven Vorfahren, meinten, er sei der Wettergott. Eine solche Einstellung kann nur darauf beruhen, dass der Stadtmensch nicht nur wirklich glaubt, dass wir Menschen die Natur völlig beherrschen, sondern auch, dass wir zu solcher Herrschaft berechtigt sind – eine mir widerliche, arrogante Einstellung.

Ist es schon beunruhigend, dass die meisten unserer Mitmenschen, und besonders viele Politiker, keine

<sup>19</sup> C. RUSSELL und W. M. S. RUSSELL, *Violence, Monkeys and Man* (MacMillan, London 1968).

<sup>20</sup> N. TINBERGEN, *Science* 160, 1411 (1968).

<sup>21</sup> A. STORR, *Human Aggression* (The Penguin Press, London 1968).

<sup>22</sup> I. J. PATTERSON, *Ibis* 107, 433 (1965).



Ahnung davon haben, dass wir aktiv – und zwar mit vollem Einsatz unseres Könnens – unserem eigenen Untergang zustreben (gar nicht davon zu reden, dass solche Politiker der Hilfe der Ökologen und Ethologen entbehren zu können glauben), so ist es noch schlimmer zu bedenken, dass so viele zeitgenössische Biologen und sogar Verhaltensforscher sich der vitalen Rolle der funktionellen Forschung nicht bewusst sind. Wie kommt es, dass schon im Vergleich mit den dreissiger Jahren so viele Zoologiestudenten nie das Bedürfnis verspüren, der Induktionsbasis ihrer Wissenschaft, dem Tier in seiner Umgebung, auch nur einen Blick zu gönnen? Wenn ich mich erinnere, wie sehr meine eigene Forschung, und die vieler meiner Schüler, nur dadurch überhaupt die richtigen Forschungsziele gefunden hat, dass ich seit meiner Jugend ohne Ablassen meine Zeit damit «verschwendet» habe, Tiere intensiv zu beobachten; wenn ich jetzt positiv dankbar bin, dass mir die Gelegenheit zum «Schwänzen» so überreich (obwohl unbeabsichtigt) geboten wurde – so dass ich, während meine Freunde in der Schule eingesperrt waren, wenigstens ein bisschen Naturgeschichte aus ersten Hand lernen konnte – und wenn ich dann sehe, dass meinen jüngeren Kollegen nicht nur diese Gelegenheit fehlt, sondern dass, wenn die Chance einmal einen Moment kommt, sie dieselbe nicht nutzen, dann empfinde ich das nicht als Fortschritt. Sicher sollten wir Zoologieprofessoren, anstatt Studenten immer mehr aus dem Freiland ins Labor zu schleppen, ihnen wenigstens dann und wann ein winziges Stückchen ihres wahren Forschungsgegenstandes zeigen: das Tier in seinem Biotop.

Die Lage ist deshalb so entmutigend, weil nicht nur jedes Kind in seinen frühen, für Prägung so empfindlichen Jahren nicht mehr wie ehemals seinem natürlichen Biotop ausgesetzt ist und sozusagen in einem technologischen Tempel aufwächst, sondern dass dazu noch im Unterricht durch die Darbietung der Endergebnisse der Forschung sein eigener Forschungsdrang erstickt wird. Bezeichnend scheint mir die folgende Beobachtung an einem bloss 12 Monate alten Bübchen, das als jüngster Bewohner unseres Zeltlagers täglich stundenlang im Dünenand umherkroch. Dabei kam es oft an Pflanzen vorüber. Einmal kroch es über eine Distel, deren scharfe Dornen leicht seinen Fuss kratzten. Es zuckte kurz, kroch aber weiter. Nach etwa einer Sekunde hielt es aber an, schob, über die Schulter zurückschauend, etwas rückwärts, und rieb den Fuss noch einmal über die Distel. Dann wandte es sich der Pflanze zu, betrachtete sie aufmerksam, und rieb die Hand über sie hin und her. Darauf kam erstaunlicherweise der Kontrollversuch: es schaute sich nach einer anderen Pflanze um, wählte sich eine Senecio-Rosette, und betastete sie. Als sie harmlos befunden wurde, berührte es noch einmal die Distel. Und erst dann – «a sadder but a wiser man» – setzte es seine Entdeckungsreise fort. Obwohl so etwas gar nicht selten

ist, fesselt es mich als Ethologen immer wieder. Schon sehr junge Kinder zeigen (wie das hier erwähnte, noch total sprachunfähige, also, wie O. Koehler es genannt hat, «unbenannt denkende» Kind) nicht nur sehr schön den Drang zur selbständigen Forschung, sondern sie experimentieren fachgemäss und ziehen die richtigen Schlüsse. In vielen Schulen und Universitäten wird noch immer dieser Forschungsdrang erstickt statt entwickelt; wie schon die grosse Kinderethologin Maria Montessori betont hat, müssen Kinder viel mehr als in der westlichen Welt gebräuchlich ist alleine gelassen werden; sie brauchen zwar wenn nötig Überwachung, Ermutigung oder Abbremsung; vor allem aber muss ihr Verhalten erforscht werden. Dasselbe gilt, vielleicht noch mehr, für unsere Studenten. Aufgewachsen in einer einseitig technologisch gestalteten Umgebung, überfüttert mit Tatsachen, am Explorieren verhindert, werden viele verheissende junge Forscher fürs Leben geschädigt.

Sind wir uns einmal dieser Verstümmelung der Umgebung des Kindes und seines Forschungsdranges bewusst, so drängt sich immer stärker die Frage auf: Woher werden wir in Zukunft junge, nicht schon schiefgewachsene Biologen herholen? Wir brauchen ja Rekruten – künftige Kollegen, die nicht schon als Kinder einseitig auf rein Technisches umgeprägt worden sind, die die Technologie nicht als Endziel, sondern als (allerdings unentbehrliches) Werkzeug sehen; als Werkzeug zur Erforschung von kaum verstandenen Lebewesen.

Sie werden vielleicht meinen, dass ich den Sachbestand zu schwarz male; dass in Wirklichkeit die Biologie und die Ethologie gesund und in einem vielversprechenden Fortschritt begriffen sind. Ich wünschte, ich könnte diesen Optimismus teilen.

Trotzdem aber muss ich zugeben, dass ich nicht so desperat bin wie Sie vielleicht meinen – mein (gemässigter) Optimismus hat aber andere Gründe als derjenige, den ich bei der Mehrzahl meiner Mitmenschen beobachte.

Wenn wir auch noch wenig von den nicht-erlernten Verhaltensgrundlagen des Menschen wissen, lange Beobachtung von Kindern (jung und alt) hat mich davon überzeugt, dass viele einen nicht erlernten, nicht erstickten Drang besitzen, sich für Tiere und ihr Tun zu interessieren. Mit unserem fehlgerichteten Unterricht zwingen wir zwar die meisten Kinder frühzeitig von ihrem natürlichen, ökologisch orientierten Interesse weg. So widerstandsfähig sind aber diese Neigungen, dass es noch immer gar nicht wenige gibt, die auch als Erwachsene nicht ganz zu Zirkustieren gewor-

<sup>23</sup> N. TINBERGEN, G. J. BROEKHUYSEN, F. FEEKES, J. C. W. HOUGHTON, H. KRUIK und E. SZULC, *Behaviour* 19, 74 (1962).

den sind und, berufsmässig oder nicht, Ökologen sind. Es sind diese Einzelgänger, die wir uns nach wie vor anzuziehen bemühen müssen, denn die Zeit kommt rasch herbei, da wir sie dringend brauchen werden.

Ich habe mich mit Absicht provozierend ausgedrückt, und habe versucht, Sie zum Widerspruch zu reizen. Ich habe meine Ansichten nur sehr skizzenhaft darbiehen können, und es Ihnen leicht gemacht, sie mit einem Achselzucken abzuschütteln. Den Kern meiner Proposition möchte ich Ihnen doch zu ernsthafter Überlegung darbiehen: Die Behauptung, dass die Humanpsychologie dringend mehr Ethologen, und dass die Ethologie mehr Ökologen braucht. Mehr als jede andere Tierart behauptet der Mensch sich in seiner Umgebung mittels seines Verhaltens; er macht das nicht so erfolgreich, wie man es im vorigen Jahrhundert gerne geglaubt hat; er muss sich besinnen; muss an sich selbst zu zweifeln lernen, sich selbst erforschen

und dazu besonders Verhaltensökologie treiben. Die Ethologie ist eine junge, man könnte sagen, adoleszente Wissenschaft; sie ist aber eine Wissenschaft der Zukunft. Wir Zoologen sollten uns fragen, ob wir in Forschung und Unterricht der Forderung Rechnung tragen, geschulte Verhaltensökologen zu liefern. Das ist nicht länger eine akademische Frage – es handelt sich darum, ob wir für unsere Art das für immer zerstörte ursprüngliche ökologische Gleichgewicht durch ein neues ersetzen können. Das wird eine überaus schwierige Aufgabe sein, und die Zeit drängt. Wir müssen alle Kräfte dafür einsetzen<sup>24</sup>.

<sup>24</sup> Ich danke Frl. L. GOMBRICH für die Korrektur des deutschen Textes.

## CONGRESSUS

### **The Netherlands Symposium of the International Atomic Energy Agency IAEA**

*in Rotterdam 31 August–4 September 1970*

The Symposium will be concerned with Dynamic Studies with Radioisotopes in Clinical Medicine and Research.

Scientific Secretaries: Dr. T. Nagai and Dr. E. H. Belcher, Internat. Atomic Energy Agency, Kärntnerring 11–13, P.O. Box 590, A-1011 Wien (Austria).

### **Romania Regional Congress of Physiological Sciences**

*in Braşov 10–16 August 1970*

This congress will be organized under the sponsorship of the International Union of Physiological Sciences

(IUPS). Information concerning participation may be obtained from: Romanian National Organizing Committee, Institute of Physiology, Boulevard 1 Mai No. 11, Bucuresti 8 (Romania).

## ACTUALITAS

### **International Cell Research Organization (ICRO)**

1. *Training Courses.* One of the main activities of ICRO is the organization of training courses on topics of high novelty and on modern techniques in cellular and molecular biology: Principles and techniques of tissue and organ culture; Genetics and Physiology of Bacterial viruses; Energy transducing systems on the sub-cellular level; Methods in mammalian cytogenetics; Membrane Biophysics; DNA-RNA Hybridization; Biogenesis of Mitochondria; Embryology and Epigenetics; Interaction between Animal Viruses and host cells, application of computers to experimental work in biology and chemistry; Methods in molecular biology, etc. The courses generally last 3–5 weeks, and include 16–20 young participants (sometimes more). The ICRO courses are fully inter-

national, both the teaching staff and the participants coming from the largest possible number of countries.

2. *The Problem of Developing Countries.* Most of the past ICRO courses have been organizing in European countries – east and west – but the demand from developing countries is increasing steadily. ICRO activities in developing countries may tend to give preference to topics of potential economic usefulness, such as applied microbiology, microbial protein production, fermentation industries, soil microbiology, plant genetics, etc.

Inquiries for more information should be addressed to: Dr. Adam Kepes, International Cell Research Organization, c/o Unesco – AVS, Place de Fontenoy, 75 Paris 7<sup>e</sup>, France.