

## Gewusst wohin

### Orientierung und Navigation – Ein Wissenschaftsreport, Teil 1

*Ein Wissenschaftsreport von Dieter E. Zimmer*

JEDES JAHR um die Zeit der Sommersonnenwende kommt bei dieser Spezies eine sonderbare Nervosität über die Populationen der höheren Breiten. Wo immer sie leben, hält es sie nicht mehr. Einzelnen, in kleinen Gruppen oder dichten Schwärmen brechen sie auf in Richtung Äquator. Was sie dort zu tun haben, ist unklar; nach einigen Wochen ziehen sie denn auch schon zurück in ihr Reproduktionsgebiet.

So etwa könnte ein Beobachter aus dem All menschliches Migrationsverhalten beschreiben, und sein Kollege, der den irdischen Dingen auf den Grund gegangen ist, fügte vielleicht hinzu: Diese Wanderungen sind seltsam in zweierlei Hinsicht. Einmal wegen ihrer Irrationalität. Sie selber reden von «Sonne» oder «Wärme», aber davon hätten sie gerade um diese Zeit zu Hause reichlicher als sonst. Zum anderen, weil sie völlig außerstande wären, jene Sommergebiete aus eigener Kraft zu erreichen; ohne weiteres wüßten sie nicht einmal die Richtung anzugeben, in die sie losmarschieren müßten. Tatsächlich haben sich diese Wanderungen auch erst dann herausgebildet, als sie sich technische Prothesen gebaut hatten, die es ihnen möglich machten, ihre Ziele fast ohne Aufwand an Energie und Know-how zu erreichen. Zahlreiche andere Arten, die zu anderen Zeiten und Zwecken auf ähnlichen Routen nach Süden ziehen, sind ihnen nicht nur in der Stärke ihrer Motivation, sondern auch in ihren Fähigkeiten der Orientierung und Navigation haushoch überlegen.

Genau so ist es. In den Elementen Wasser und Luft, wo ihnen kaum natürliche Hindernisse den Weg versperren, gehen viele Tierarten in regelmäßigen Abständen auf die Wanderung, einige sehr weit. Warum sie es tun, ist klar: weil die Lebensbedingungen an dem Ort, wo sie waren, zu ungünstig werden – es fehlt an Nahrung, es wird zu kalt, es treten andere lebensbedrohende Unbilden auf. Wie sie es machen, wie sie – teils über

---

\* Dieser 1990/92 geschriebene dreiteilige «Wissenschaftsreport» wurde vom ZEITmagazin erst nach langem Zögern und stark gekürzt in zwei Folgen veröffentlicht: «Immer dem Schnabel nach?» (DIE ZEIT/ZEITmagazin, Nr.42, 15.Oktober 1993, S.52-58, 60, 62) und «Die Karten im Kopf» (DIE ZEIT/ZEITmagazin, Nr.43, 22.Oktober 1993, S.48-55).

die halbe oder die ganze Erdkugel – ihren Weg finden, war und ist ein viel größeres Rätsel.

Bis weit in unser Jahrhundert hinein mußte man sich mit der nichtssagenden Auskunft begnügen, daß sie irgendwie «einen sechsten Sinn» oder einen entsprechenden «Instinkt» hätten. 1873 brachte Charles Darwin in der englischen Zeitschrift *Nature* eher zufällig die Frage auf (es ging eigentlich um die «Vererbung von Gefühlen» und um einen Hund, der schon in dritter Generation einen Bogen um alle Schlachterläden machte), und ein halbes Jahr lang steuerten Leser Anekdoten über wundersame Heimkehrleistungen von Hunden, Pferden, Eseln bei und rätselten herum, was sie dazu befähigte. Orientierten sie sich an vertrauten Wegmarken? (Seefahrer nennen die Methode Sichtpeilung.) Gingen sie durch Wolken von Gerüchen? (Und wie wüßten sie dann, in welche Richtung sie so eine Wolke verlassen müssen?) Darwin selber meinte, sie verließen sich auf das, was Fahrende Koppelnavigation oder Giß nennen: Sie merkten sich, wie weit sie jeweils in welche Richtungen gegangen waren und errechneten aus ihren verschiedenen Kursen Richtung und Entfernung (eine Methode immerhin, die einige Insektenarten tatsächlich verwenden).

Wissenschaftler betonen bei jeder Gelegenheit gern, was man alles noch nicht weiß; und wirklich wirft fast jede beantwortete Frage zwei neue auf. Gemessen an der Ahnungslosigkeit jedoch, die in Sachen Orientierung noch bis zur Mitte des zwanzigsten Jahrhunderts herrschte, wurde erstaunlich vieles geklärt.

Wenn die Orientierung im Tierreich so lange ein einziges Rätsel war, dann lag es nicht nur daran, daß die nötigen Untersuchungstechniken noch nicht zur Verfügung standen. Es lag auch daran, daß der Mensch den Tieren von vornherein zu wenig zutraute und viel zu phantasielos und selbstbezogen war. Immer glaubte er entweder, daß Tiere es schon nicht viel anders machen werden er selber: sehend, hörend, riechend, tastend; allenfalls wäre der eine oder andere ihrer Sinne etwas schärfer. Oder man nahm irgendeinen einzigen unbekanntem Sinn an, den der Mensch selber nicht habe, einen «sechsten» eben (da er noch nicht einmal seine eigenen richtig zählen konnte). Zwar tauchten schon Mitte des vorigen Jahrhunderts erste Vermutungen auf, daß manche Tiere sich wie Seefahrer am Magnetfeld der Erde orientieren könnten, aber es wurde das lange für pure Science-fiction gehalten: Hatte der Mensch nicht eben erst festgestellt, daß es so etwas überhaupt gab?

Heute ist klar: Tiere setzen nicht *einen* zusätzlichen Sinn ein, sondern viele und unterschiedliche. Die Vielfalt ist so groß, daß man von einer Art nicht einmal ohne weiteres auf eine nahe verwandte schließen kann; bei Brieftauben nicht einmal von einem Schlag auf den anderen. Und unter diesen der Orientierung dienenden Sinnen sind einige, die sich der Mensch nicht einmal im Traum vorstellen kann.

Das Komplexauge der Honigbiene hat keine Empfindlichkeit für unser Rot, reagiert aber auf ultraviolettes Licht, das wiederum für uns unsicht-

bar ist. Blüten sehen für die Biene also anders aus; vermutlich heben sich manche ihrer für sie interessanten, also süßen Teile deutlicher ab. Daß alles Rote schwarz wirkt, können wir uns noch vorstellen; aber das «Bienenpurpur», der wahrgenommene Farbton des ultravioletten Lichts, wird uns immer verschlossen bleiben.

Immerhin, es dürfte eine Farbe sein, und was das ist, wissen wir. Aber wie nimmt sich die Welt zum Beispiel für eine Fledermaus aus? In den dreißiger Jahren kam Donald Griffin in Amerika darauf, daß viele ihrer Arten bei ihren nächtlichen Beuteflügen Echoortung per Ultraschall betreiben. Durch Nase oder Mund stoßen sie ständig kurze Klicks im Ultraschallbereich aus. (Jede Art hat ihre eigene Frequenz irgendwo zwischen 20 und 50 Kilohertz, weit oberhalb dessen, was ein menschliches Ohr noch wahrnimmt.) Treffen diese Töne auf ein Hindernis, werden sie reflektiert. Die großen aufgestellten Ohren des Fledertiers registrieren das Echo und bauen sich aus diesem eine Vorstellung («Repräsentation») des vor ihm liegenden Raumes auf. Bis zu fünf Meter weit reicht dieses Sonar; mit ihm kann die Fledermaus nicht nur Hindernisse sicher umfliegen, sie benutzt es auch zum Beutefang, denn es liefert ihr ein so feines «Hörbild», daß sie damit auch fliegende Nachtfalter orten und an der Flügelschlagfrequenz sogar die Art erkennen kann. (Einige Eulenfalter haben sich darauf eingestellt und Hörorgane entwickelt, die sie vor nahenden Jägern warnen und ihnen eine Chance geben, sich schleunigst unhörbar zu machen.) Auch Delphine haben ein Ultraschall-Sonar. Wozu sie es benutzen, ist noch nicht geklärt. Wahrscheinlich zur Kommunikation untereinander; aber möglicherweise auch zur Echolotung, denn manchmal folgen sie über weite Strecken den Bergkämmen tief unter ihnen am Meeresboden.

Wie werden diese Echolandschaften erlebt? Auch das werden wir nie wissen, denn die inneren Welten anderer Wesen sind uns nicht zugänglich. Selbst die unserer Mitmenschen kennen wir im Grunde nur durch Analogieschlüsse von uns selber, aber auch wenn diese manchmal irrig sind, scheinen wir damit im großen und ganzen ganz gut zu fahren.

Wer gesehen hat, wie ihm der Arzt einen kleinen Hörer auf die Brust legt und auf dem Monitor prompt ein Sonogramm des schlagenden Herzens erscheint, kann sich immerhin noch vorstellen, daß das Sonar tatsächlich funktioniert. Schwerer fällt es bei der Elektroortung, zu der viele wasserlebende Wirbeltiere imstande sind. Manche Haie und Rochen erzeugen selber ständig hochfrequente Stromimpulse und bauen so ein elektrisches Wechselfeld um sich auf. In der Nähe befindliche Gegenstände «verbiegen» dessen Feldlinien, und über die Haut verteilte Sensoren lesen diese Verbiegungen ab. Diese „Voltmeter« sind außerordentlich empfindlich; Haie können mit ihrer Hilfe Spannungsunterschiede von bloßen 5 Millionstel Volt pro Zentimeter wahrnehmen. So bauen sich diese Fische ein Bild ihrer unmittelbaren Umgebung auf, das ein Elektrobild ist. Der „Elektroblick« ist eine Art Röntgenblick. Da bei aller Muskeltätigkeit elektrischer Strom fließt, können Jagdfische mit ihren Elektrosensoren alles aufspüren, was sich bewegt, auch wenn es sich vergraben hat: die

Flunder im Sand zum Beispiel. Tatsächlich greifen Katzenhaie zielbewußt auch Elektroden an, die der neugierige Forscher im Wasserboden versteckt hat.

Auch die Elektroortung funktioniert wie das Sonar nur auf kurze Entfernung. Trotzdem könnten die Fische ihre elektrische Empfindlichkeit auch für die großräumige Orientierung benutzen. Im Wasser, das für uns keinerlei Markierungen zu besitzen scheint, gibt es natürliche elektrische Felder, erzeugt etwa in den Grenzschichten zweier Temperaturen oder Säuregrade, also dort, wo Wasser verschiedener Art aufeinandertrifft oder aneinander vorbeiströmt. Wer sie wahrnähme, für den würde die für uns so absolut monotone Wassermasse der Ozeane zu einer gegliederten Landschaft, einer elektrischen Wasserschaft voller Wegweiser. Fische, die ihre eigenen elektrischen Ladungen mit sich herumtragen, bewegen diese immer auch durch das Erdmagnetfeld und erzeugen damit Ströme, die ihnen Aufschluß über ihre Richtung und eventuell sogar über ihre Position geben könnten; sie tragen damit also vielleicht einen Magnetkompaß in sich. Noch ist über alles dies nicht viel bekannt. Aber ob ein Fisch diese winzigen elektrischen Effekte wahrnimmt und welche physiologischen Vorgänge dabei im Spiel sind, wird sich klären lassen. Wie er sie – subjektiv – erlebt, wird dagegen immer sein Geheimnis bleiben.

Einige große Migranten unter den Tieren geben den Menschen schon seit Urzeiten zu denken. Bei einigen ist das Rätsel der Orientierung heute gelöst, oder teilweise. Nicht bei den Flußaalen Europas und Ostamerikas. Warum sie nur in weiter Ferne laichen, wo niemand sie je dabei beobachtet hat, weiß man nicht; und ebensowenig, wie sie den weiten Weg in jene atlantische Sargassosee südwestlich der Azoren finden, aus der nicht sie selber, sondern ihre weidenblattförmigen Larven dann im Laufe mehrerer Jahre wieder zurück in die Flüsse ziehen oder vielleicht auch einfach treiben.

Das Rätsel der Wüstenheuschrecken dagegen wurde gelöst, vor allem darum, weil sie seit biblischen Zeiten in Afrika und im Nahen Osten eine große Plage sind, und es war zur Abwechslung einmal nicht besonders schwer. Gibt es zu viele ihrer Art in einem Gebiet, so kommt eine Veränderung über sie. Ihre Färbung wechselt von Grün zu Oranengelb, sie werden aggressiv und bilden riesige Schwärme, die tagsüber in ein- bis zweitausend Meter Höhe mit knapp zwanzig Stundenkilometern fliegen und von unten wie eine große Haufenwolke aussehen. Bis zu zwanzig Stunden lang fliegen sie nonstop; irgendwann aber gehen sie nieder und fressen in kürzester Zeit ganze Landschaften kahl. Der größte aller Heuschreckenschwärme wurde 1958 in Äthiopien gesichtet, wo er einen Teppich von tausend Quadratkilometern bildete und um die vierzig Milliarden Tiere zählte. Es ist nicht ausgeschlossen, daß diese Heuschrecken sich auch an der Sonne orientieren können; im wesentlichen aber fliegen sie einfach mit dem Wind. Es ist gar nicht so dumm: Winde wehen in Tiefdruckgebiete hinein, in Tiefdruckgebieten gibt es Regen, und wo es regnet, gibt es

frisches Grün, das sich abfressen läßt. Diese schlichte Methode aber führt sie schließlich auch in den Untergang: Irgendwann weht der Wind sie aufs Meer hinaus.

Verglichen mit Fischen und Vögeln, sind Säugetiere im allgemeinen keine Orientierungsvirtuosen und müssen es auch nicht sein: Ihr hinderreiches Element macht weite Wanderungen unmöglich. Relativ weit wandern die riesigen Herden der Weißschwanzgnus Ostafrikas, und sie scheinen es ähnlich wie die Heuschrecken zu machen: Sie ziehen auf Gewitter zu; dort sprießt wahrscheinlich neues Gras.

Manche Schmetterlinge scheinen zwar über einer Waldwiese zu Hause zu sein, wandern aber in Wirklichkeit – ihr ganzes Leben lang in etwa einer Richtung. Sie orientieren sich dabei an der Sonne, zu der sie einen bestimmten, genetisch programmierten Winkel einhalten. Da auch die Sonne sich bewegt, beschreibt ihr Zug natürlich eine Schlangenlinie; aber eben eine mit einer Gesamtrichtung.

Nun aber gibt es mitten in dieser Tierordnung plötzlich einen erstaunlichen Fall: den Monarchen. Der Monarch ist der berühmteste Falter Nordamerikas, ein hübsches, unverkennbares Insekt mit schwarzgefaßten Flügeln wie dunkler Bernstein. Diese Unverkennbarkeit ist ihm nützlich. Er frißt auf Schwalbenwurz, und die enthält, was ihn für Vögel giftig macht: In kleiner Dosis wird ihnen speiübel, wenn sie Monarchen fressen, in großer sterben sie an Herzversagen. Seine Giftigkeit verschafft dem Falter einen schlechten Ruf in der Vogelwelt, und der schützt ihn. Dieser Schutz funktioniert aber besser, wenn die Vögel es gar nicht erst probieren, wenn sie ihn also mit Sicherheit erkennen – darum sein charakteristisches Äußere. Der Monarch ist auch ein kräftiger und so ausdauernder Flieger, daß versprengte Exemplare im Laufe des letzten Jahrhunderts über die Kanaren in Südwesteuropa und in Australien Fuß gefaßt haben.

In seiner Heimat lebt er im Sommer vor allem im Gebiet der Großen Seen. Im September aber stellt er seine Fortpflanzung ein, frißt sich dick und bricht dann in großen Scharen Richtung Süden auf. Manche Städte auf seiner Route feiern Feste, wenn der Monarch erscheint. Wohin er zieht, war lange ein Geheimnis. Gelüftet hat es Fred Urquhart 1975. Er fand das Winterquartiere im zentralmexikanischen Hochland, wo der Schmetterling, dicht an dicht gepackt, den Winter auf Kiefern in einer Art Halbtorpor verbringt. Im Februar erwacht er aus seiner Starre, beginnt wieder mit der Begattung und bricht einzeln auf in Richtung Norden. Im Sommer ist er wieder an den Großen Seen. Aber die Monarchen, die im Herbst nach Süden aufbrechen, sind seine Nachkommen und selber die Strecke noch nie geflogen. Sie müssen genetisch Bescheid wissen. Aber wie finden sie den Weg? Man hat gemeint, daß sie einfach auf die Sonne zufliegen. Da sie immer nur in den vier Mittagsstunden unterwegs sind, würde die Sonne sie tatsächlich in die richtige Richtung locken. Aber nie und nimmer könnten sie mit dieser groben Methode bestimmte Bäume in einem kleinen, dreitausend Kilometer entfernten Areal erreichen; für eine solche Leistung

reicht eine bloße Kompaßorientierung nicht. Wie also dann? Man weiß nur, daß sie ohne ihre Antennen jede Orientierung verlieren. Möglicherweise befindet sich in denen ein (vielleicht magnetisches) Navigationsinstrument.

Ein anderer berühmter Fall ist der Lachs, der atlantische wie der pazifische, der den Menschen nicht nur fasziniert, weil sein Fleisch ihm so gut schmeckt, sondern weil er irgendwie die Weise von Liebe, Sehnsucht und Tod in ganzer Konsequenz zu verkörpern scheint.

Der Lachs schlüpft in kleinen fließenden Gewässern tief im Binnenland. Nach einigen Monaten lassen sich die Jungfische flußabwärts tragen. Dann geht eine Verwandlung mit ihnen vor, bei einigen Arten sofort, bei anderen erst nach ein oder zwei Jahren: Sie werden silbrig, aus Junglachsen werden Blanklachse, sie stellen sich auf Salzwasser um und schwimmen mit den Gezeiten schließlich ins offene Meer, wo sie sich mehr oder weniger aufs Geratewohl verteilen. Hier wachsen sie, denn nun finden sie Nahrung genug: Krill, Kalmare, kleinere Fische. Aber nach ein paar Jahren des Fressens in den Weiten der Ozeane überkommt sie plötzlich etwas. Aus allen Richtungen beginnen sie zu den Mündungen ihrer Heimatflüsse zurückzuschwimmen, wo sie etwa gleichzeitig eintreffen. Und von dortaus ziehen sie flußauf, allen Hindernissen wie Stromschnellen, Wasserfällen oder Staudämmen zum Trotz, bis sie wieder genau im Gewässer ihrer frühesten Jugend eintreffen. Auf diesem Weg verändern sie sich abermals stark. Männchen kämpfen um Weibchen, Weibchen um Laichplätze. Und nach dem Abbläuen sind die meisten Arten von der Wanderung, vom Nahrungsmangel, von den Kämpfen und dem Geschäft der Fortpflanzung derart geschwächt, daß sie kurz darauf sterben.

Wie sie den Weg flußaufwärts finden, konnte experimentell geklärt werden: in der Hauptsache durch einen chemischen Sinn. Sie erinnern sich an bestimmte Moleküle, die während einer sensiblen Phase in ihrem Kindheitsgewässer vorhanden waren, und sobald sie deren aquatischen «Geruch» oder «Geschmack» an den Mündungen ihrer Flüsse wieder erspüren, folgen sie ihm wie einem Ariadnefaden, manchmal Tausende von Kilometern weit. Schwimmen sie in den falschen Flußarm, wo er wieder schwächer wird, so machen sie kehrt und versuchen es in einem anderen.

Aber wie finden sie aus dem offenen Ozean zu der richtigen Flußmündung? Manche meinen: nur durch Zufall; auch wenn sie einfach in alle möglichen Richtungen losschwömmen, käme ein gewisser Prozentsatz richtig an. Tatsächlich aber schwimmen sie im offenen Meer mit Beginn der Heimkehrphase ungefähr in einer Richtung, etwa 60 Kilometer pro Tag. Auch müssen sie teilweise gegen starke Strömungen anschwimmen und besonders vor der Nordwestküste des amerikanischen Kontinents ihren Weg durch labyrinthische Archipele suchen oder große Landmassen umschwimmen, also mehrfach die Richtung ändern – es genügte also nicht, wenn sie bloß eine Richtung einhalten könnten. Entweder leitet sie

auch im Meer irgendeine Fährte; oder aber sie verstehen sich auf die höhere Kunst der Navigation.

Daß es Tiere gibt, die zum Navigieren durchaus in der Lage sind, wurde mit viel List und Geduld an der Klasse der Vögel aufgezeigt, den Champions der Langstreckenmigration. Von ihnen und ihren erstaunlichen Leistungen ist im nächsten Teil die Rede.

Ein Literaturverzeichnis zu diesem dreiteiligen Wissenschaftsreport findet sich am Ende von Teil 3.