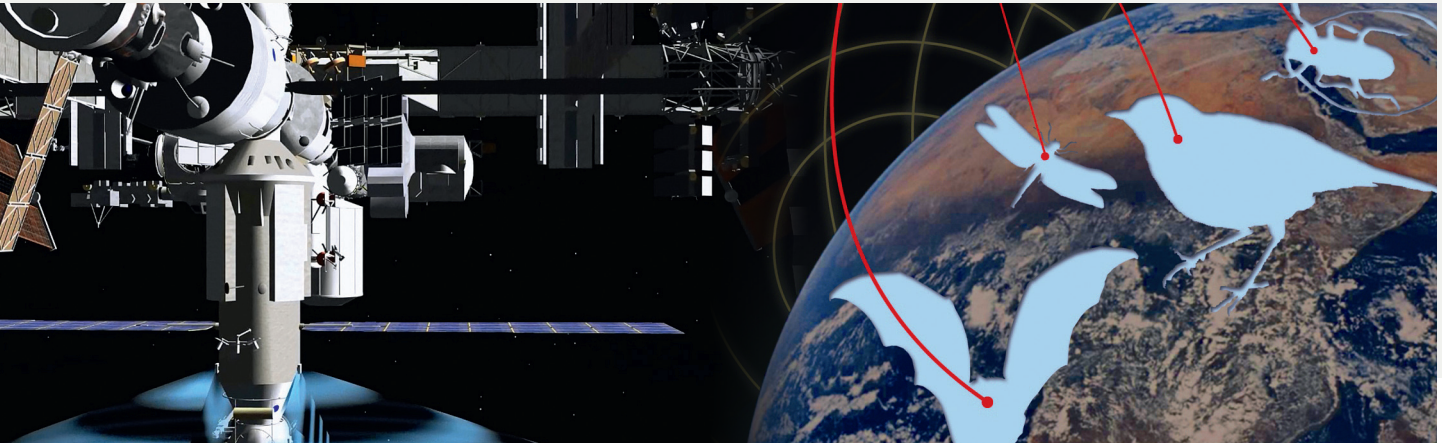


MARTIN WIKELSKI

MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR ORNITHOLOGIE, TEILINSTITUT RADOLFZELL

Erdbeobachtung durch Tiere



Der große deutsche Naturforscher Alexander von Humboldt hatte vor gut 200 Jahren eine ebenso einfache wie geniale Idee. Wenn man die einzelnen Teile eines Systems kennt und deren Zusammenspiel beschreiben kann, sollte man das Gesamtsystem verstehen können. Während in der Physik und Chemie diese Ansätze sehr weit fortgeschritten sind, klafft in der Ökologie hier eine große Lücke. Der Hauptgrund hierfür ist, dass die Beobachtung der einzelnen Teile in der Ökologie sehr schwierig bis unmöglich ist, beziehungsweise war. Vor allem die zum Teil globalen Bewegungen von Individuen machen den Wissenschaftlern zu schaffen. Man muss sich nur einmal vorstellen, die Bewegungen von Planktonorganismen im Meer oder den Zug von etwa 20 Milliarden Singvögeln beobachten zu wollen.

In den letzten Jahren hat es in der Bewegungsökologie, also dem Studium der globalen Bewegung von Organismen, jedoch fundamentale Fortschritte gegeben. Zum einen sind die theoretischen Grundlagen für die Beschreibungen der Bewegungen sehr stark verbessert und an physikalische Grundgesetzmäßigkeiten angepasst worden. Zum anderen entstehen gerade vielfältige neue Technologien basierend auf der Verbrauchermikroelektronik, die auch zum Studium von Tierbewegungen eingesetzt werden können.

Außerdem wird es ab Frühjahr 2017 eine neue globale, welt-raumbasierte Erdbeobachtungsplattform geben, das ICARUS-System. Mit diesem System können kleine, autonom operierende Sensoreinheiten auf Tieren weltweit ausgelesen und programmiert werden. ICARUS steht als Kurzform für ‚International Cooperation for Animal Research Using Space‘, also einen weltweiten Zusammenschluss von Tierökologen, die Weltraumtechnologie für ihre Forschung einsetzen.

Solche Technologien besitzen auch viele praktische Anwendungen, z.B. für die Voraussage von zoonotischen Krankheiten wie Ebola, Vogelgrippe oder West-Nile-Virus und Naturschutzmaßnahmen von NGOs und GOs. So besteht zum Beispiel ein Memorandum of Understanding zwischen der Welternährungsorganisation FAO und dem Max-Planck-Institut für Ornithologie/Teilinstitut Radolfzell zum Studium der Ausbreitung globaler Tierseuchen, die auch für Menschen gefährlich werden können. Weiterhin unterstützen die 121 Nationen in der Bonner Konvention zum Schutz der wandernden Tierarten die Entwicklungen der ICARUS-Initiative sowie der von unserem Institut initiierten globalen Tierbewegungsdatenbank Movebank.

ICARUS entwickelt damit sowohl eine Technologieplattform, steht aber auch für eine Globalisierung des Forschungsansatzes in der Bewegungsökologie der Tiere. Voraussetzung hierfür ist auch ein formeller Zusammenschluss der im Freiland arbeitenden Tierökologen. Dies ist gerade in der ‚International Bio-Logging Society‘ geschehen, die im September 2017 ihre 6. bi-annuale Weltkonferenz in Konstanz, organisiert durch das MPIO Teilinstitut Radolfzell, abhalten wird. Während dieser Konferenz wird die „Dekade des Bio-Loggings“ ausgerufen, in der weltweit alle Tier- und Bewegungsdaten zusammengeführt werden und in der mit einheitlichen Datenstandards und globaler Vergleichbarkeit gearbeitet wird. Zudem werden auch die Datenanalysen automatisiert und automatisch mit Erdbeobachtungsdaten verknüpft, z.B. aus dem europäischen Copernicus-Programm bzw. von der NASA.

Für die zukunftsreiche Verbreitung und Anwendung dieses wissenschaftlichen Ansatzes wird an der Universität

Konstanz jetzt ein Cluster zur Bewegungsökologie mit derzeit vier neuen Professuren in diesem Feld eingerichtet. Damit sind die strukturellen Voraussetzungen gegeben, diese enorm expandierende Wissenschaftsrichtung in Zukunft global zu unterstützen und anzuführen.

Ein wesentlicher Bestandteil dieses neuen Forschungsfeldes ist auch das Verständnis des Kollektivverhaltens von Tieren, was durch die Abteilung von Iain Couzin am MPIO Teilinstitut Radolfzell in Zusammenarbeit mit seiner Professur an der Universität Konstanz ermöglicht wird. Denn bisher wurden in der Tierökologie vor allem individuelle Optimierungen bzw. nur lokale Interaktionen von Individuen betrachtet. Der Hauptgrund dafür war das Fehlen technischer Möglichkeiten, die Interaktionen von Tieren im Freiland zu beobachten. Durch den Fokus auf das Kollektivverhalten und den Einsatz moderner Beobachtungsmethoden können jetzt die Interaktionen von Tieren wie z.B. einer gesamten Paviangruppe in Höchstauflösung im Freiland beobachtet werden und mit Umweltdaten verknüpft werden. So können Tiere mit ihren Interaktionen zum ersten Mal wie physikalische Teilchen behandelt werden, deren gesetzmäßiges Verhalten beschrieben und vorausgesagt werden kann.

Mit diesen neuen globalen Möglichkeiten und Entwicklungen in der wissenschaftlichen Theorie der Tierbewegungen hat sich auch die Ausrichtung der ehemaligen Vogelwarte Radolfzell erweitert. Nach wie vor ist die Beringung von Vögeln ein wichtiges Standbein für das Populationsmonitoring und das Verständnis globaler Wanderbewegungen sowie deren Veränderungen im Anthropozän und durch Klimawandel.

Erweitert wurden an der Vogelwarte in Radolfzell auch die Methoden der Öffentlichkeitsarbeit, die jetzt nicht mehr nur Amateure in der Vogelberingung einschließen, sondern über die digitale „Animal Tracker“-App auch eine globale Öffentlichkeit oder Citizen Scientists (Bürgerwissenschaftler) ansprechen. In dieser App können „Citizen Scientists“ weltweit Tierbeobachtungen mit Daten von elektronischen Tierseindern verknüpfen und damit einen wesentlichen Beitrag zum Verständnis des Tierverhaltens liefern. Wichtig ist dies vor allem in den Gegenden der Welt, die nicht dauernd von Biologen besucht werden, wie die Sahelzone oder Zentralafrika, wo viele unserer europäischen Vögel die Nicht-Brutzeit verbringen.

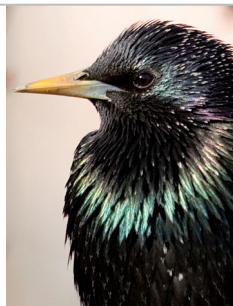
Aus wissenschaftlicher Sicht können mit diesem Ansatz vor allem zwei der ganz großen offenen Fragen in der Tierökologie und Evolution endlich beantwortet werden: Erstens,

die Jugendentwicklung von Tieren und die Ausbildung von Merkmalen und Verhaltensweisen in dieser Jugendentwicklung. Von uns Menschen wissen wir, dass unsere individuellen Entscheidungen sehr stark auf unserer eigenen Lebensgeschichte basieren. Bei Tieren ist dies nicht anders und nur eine lebenslange Beobachtung individuellen Tierverhaltens kann hierüber Aufschluss geben.

Der zweite wesentliche Punkt ist das Überleben bzw. Sterben von Tieren. Bisher war es praktisch unmöglich festzustellen, wo individuelle Tiere sterben beziehungsweise wo sie auf ihren lebenslangen Wanderungen Probleme haben. Für ein Verständnis von Tierphysiologie und Ökologie sind diese Selektionsergebnisse essenziell, da nur dann die Ausprägung von Merkmalen als evolutionäre Antwort auf Selektionsergebnisse verstanden werden kann.

Ein weiterer Punkt ist die Tierphysiologie, denn wir können jetzt viele physiologische Parameter während des normalen Lebens eines Tieres dauerhaft und weltweit beobachten. Die Wichtigkeit dieses Neuansatzes in der globalen Tierökologie kann nicht stark genug betont werden, denn bisher konnte man zur Jugendentwicklung und zu den ultimativen Gründen für Merkmalsausbildungen bei Tieren sehr wenig aussagen.

AB DEM FRÜHJAHR 2017 WIRD ES EINE NEUE GLOBALE, WELTRAUMBASIERTE ERDBEOBACHTUNGSPLATTFORM GEBEN, DAS ICARUS-SYSTEM.



Auch in diesem Zusammenhang wird klar, dass die Forschungen an globalen Tierbewegungen direkte Anwendungen haben, zum Beispiel im Naturschutz und in der Bekämpfung globaler zoonotischer Krankheiten. In Projekten mit der FAO untersuchen wir beispielsweise, wie Flughunde sich in Südostasien oder Afrika bewegen. Wir schaffen damit die Voraussetzungen, den Wirt und den Aufenthaltsort des Ebola-Erregers zwischen den Ausbrüchen zu ermitteln. Dies kann idealerweise über Sentinels, also Anzeigorganismen wie die Flughunde, geschehen, die als Erdbeobachter mit inhärenter tierischer Intelligenz zu Millionen den afrikanischen Kontinent abfliegen.

Weitere Anwendungen sind die Bestimmung von Vogelgrippe-Ausbrüchen in den Ausbruchsgebieten Südwestchinas. Dort werden Enten und Gänse mit Sensoren ausgestattet und können dann einen Krankheitsausbruch anzeigen. Auch hier sind Enten und Gänse also unsere besten Verbündeten in der Früherkennung globaler zoonotischer Krankheiten und somit in-situ-Erdbeobachter in einem globalen Netzwerk intelligenter Sensoren.

Ein weiteres Beispiel ist die Verknüpfung von wissenschaftlicher Innovation und wirtschaftlich-technischer Anwendung. Seit etwa 30 Jahren werden von der Vogelwarte Radolfzell Störche mit Satellitensendern versehen, um ihre Wanderungen zu beobachten. Dies schließt an eine hundertjährige Beringung der Störche an, die noch in Rossitten von der ehemaligen Vogelwarte und später der Vogelwarte der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft initiiert wurde. Heute werden hunderte von Jungstörchen schon im Nest besendert, um ihre Jugendentwicklung und ihre Überlebensstrategien sowie ihre Physiologie zu verstehen.

Zum einen trägt dies zum Naturschutz bei, zum anderen aber auch zu einem Verständnis der Evolution des Vogelzugs im Klimawandel, denn die Beobachtungen der schon 1910 beringten Störche können jetzt mit denen von 2010 verglichen werden. Heute nehmen wir aber ihre GPS-Positionen im Sekundentakt auf und messen gleichzeitig das 3D-Windfeld, die Windturbulenz und die Thermik. Solche Informationen können in Zukunft in Wetter und Klimavorhersagen einfließen.

Weiterhin ist durch die Beobachtung der Störche in Afrika klar geworden, dass viele Fressgebiete der Störche in den Ablagefeldern der Wanderheuschrecken liegen. Störche können so als Bio-Indikatoren unsere „Spürhunde“ für die meist unbekannten räumlichen Verteilungen der Eiablagefelder einer der größten Plagen der Menschheit sein.

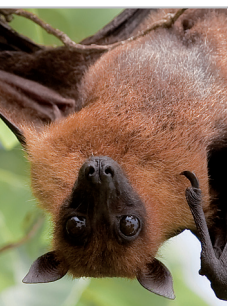
Durch unsere Messungen verstehen wir also die Evolution von Tierbewegungen, schützen diese Tiere und nutzen die Information individueller Störche als Umweltbojen.

Durch die Anwendungen der neuen globalen Beobachtungstechnologien werden jetzt auch zum ersten Mal Freilandexperimente zur Evolution des Vogelzugs möglich. An unserem Institut kann in der Arbeitsgruppe von Jesko Partecke der Teilzug der Amseln von Spanien über Deutschland nach Russland beobachtet und experimentell verändert werden. Hierzu werden wie in den klassischen Experimenten meines Vorgängers Peter Berthold Vögel in Gefangenschaft gezüchtet, die bestimmte Merkmale hinsichtlich des Vogelzugs besitzen.

Spanische Amseln sind Standvögel, deutsche Amseln Teilzieher und russische Amseln sind ausschließlich Zugvögel. Gruppen dieser Amseln können jetzt in den Volieren am Institut so zusammengestellt werden, dass entweder reine Zieher oder Nicht-Zieher, oder Mischungen dieser Merkmalsausprägungen entstehen. Danach kann der Nachwuchs dieser Amseln ins Freiland gebracht werden und wir können zum ersten Mal beobachten, wie Individuen aus einer bekannten Herkunftsgegend im Freiland entscheiden: ziehen oder nicht ziehen? Somit können die Nachkommen russischer Zug-Amseln in Deutschland, Spanien und Russland in die Freiheit entlassen werden bzw. die Nachkommen spanischer Stand-Amseln ebenso in Deutschland, Spanien oder Russland beobachtet werden. Gleichzeitig können wir durch eine Zusammenarbeit mit der Universität Konstanz und dem MPI für Evolutionsbiologie in Plön die genetische und genomische Grundlage dieses Verhaltens untersuchen.

Über die neuen Sender, die das Verhalten der Amseln aufzeichnen, können auch zusätzliche Parameter, wie Jahresrhythmus, Orientierung und Navigation im Freiland bestimmt werden. Dies ist wichtig, denn bisher konnten solche Experimente praktisch ausschließlich im Labor ausgeführt werden. Den Amseln wird gleichzeitig ein miniaturisierter Chip implantiert, der ihren Energieverbrauch misst und der aufzeichnet, wie die russischen Amseln im Vergleich zu anderen Amseln ihren Fettstoffwechsel während der Zugzeit und danach regulieren.

Mit diesem integrierten Ansatz können jetzt also erstmals viele der großen noch offenen Fragen des Vogelzugs erforscht werden. Gleichzeitig dient die Beantwortung solcher Fragen dem biologischen Grundlagenverständnis von



WIR UNTERSUCHEN MIT DEM TRACKING ZWEI GROSSE WISSENSCHAFTLICHE FRAGEN: DIE DER JUGENDENTWICKLUNG VON TIEREN UND DAS ÜBERLEBEN UND STERBEN VON INDIVIDUELLEN TIEREN.

komplexen Merkmalen in der Lebensgeschichte von Organismen. Schließlich gibt es wohl wenig wichtigere Entscheidungen im Leben eines Organismus, als den Heimatort zu verlassen und in einen neuen Kontinent zu wandern ohne zu wissen, was einen dort erwartet.

Insgesamt können die konzeptionellen sowie technologischen Innovationen in unserem Forschungsbereich eine neue Ära der globalen Tierökologie einleiten, die das Potenzial besitzt, die menschliche Gesellschaft zu verändern. Die in diesem Bereich arbeitenden Wissenschaftler sprechen derzeit von einem ‚Goldenen Zeitalter‘ der Bewegungsökologie. Tiere werden bald unsere besten Erdbeobachter sein. Ein weltweiter Verbund von evolvierten, intelligenten Sensoren – den tierischen Augen, Ohren und Nasen – wird uns über die Lebensvorgänge auf dem Planeten Erde informieren. Die kollektive Intelligenz des globalen Tier-Schwarms wird uns erlauben, Phänomene zu beobachten und vorherzusagen, die sich bisher einer technischen Beobachtung entziehen.

Der enorme Wert dieser tierischen Beobachtungen für die menschliche Gesellschaft wird derzeit im Weltbiodiversitätsrat, der „Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services“ evaluiert. Tiere und Menschen werden auf diese digitale Art stärker zusammenrücken, und Menschen werden Tiere als ihre „globalen Spürhunde“ besser schützen und bewahren. Humboldts Vision könnte sich in den nächsten zwei Jahrzehnten auch in der Ökologie umsetzen lassen.

WISSENSCHAFTLER, DIE SICH MIT TIERWANDERUNGEN BESCHÄFTIGEN, SPRECHEN VON EINEM „GOLDENEN ZEITALTER“ DER BEWEGUNGSÖKOLOGIE.

