

Auswirkungen menschlicher Aktivitäten auf die Physiologie von Wildtieren

Autor(en): **Hüppop, Ommo**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern**

Band (Jahr): **56 (1999)**

PDF erstellt am: **14.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-318618>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

OMMO HÜPPOP*

Auswirkungen menschlicher Aktivitäten auf die Physiologie von Wildtieren¹⁾

Mit der gestiegenen Nutzung der Lebensräume wildlebender Tiere durch den Menschen haben auch die Konflikte zwischen diesen beiden «Interessengruppen» zugenommen. Vielfältige menschliche Aktivitäten können zur Beunruhigung von Wildtieren führen, Freizeittätigkeiten in der Natur ebenso wie Landwirtschaft, Fischerei, Jagd, militärische Übungen und Waffenerprobungen bis hin zu militärischem und zivilem Luftverkehr, Windkraftanlagen und gezielten Vergrämungen. Einige Gesetze, Verordnungen und Richtlinien verschiedener Staaten ebenso wie der Europäischen Gemeinschaft sehen inzwischen besondere Massnahmen zum Schutz gefährdeter Tierarten vor «Störungen» vor. In der Praxis ist allerdings häufig kaum zu entscheiden, ob sich menschliche Aktivitäten negativ, also «störend» im engeren Sinne, auf Wildtiere auswirken. Im Extremfall können Ursache und Wirkung räumlich und zeitlich sehr weit voneinander entfernt sein.

In der vorliegenden Übersicht sollen Effekte menschlicher Beunruhigungen auf physiologischer Ebene, vor allem hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Energiehaushalt, Kondition sowie letztlich Fortpflanzungserfolg und Lebenserwartung von Vögeln und Säugern betrachtet werden (hinsichtlich Quellen s. auch die umfangreiche Literaturliste in HÜPPOP 1995).

Menschliche Tätigkeiten in der Natur beeinflussen den Energiehaushalt von Wildtieren unter Umständen negativ durch:

- erhöhte körperliche Aktivität aufgrund von Flucht und/oder Angriff,
- eine Steigerung des Energieumsatzes durch «Stresshormone»,
- eine erhöhte Muskelanspannung,
- thermoregulatorische Effekte,
- störungsbedingte Zeitverluste bei der Nahrungsaufnahme.

Alle diese Reaktionen mögen sich negativ auf das Individuum, die Population oder vielleicht sogar auf ein Ökosystem auswirken. Natürlich beeinflussen noch viele andere Faktoren die Populationsdynamik einer Art, so dass einzelne Parameter in ihren Folgen kaum zu isolieren sind, zumal sie oftmals kumulativ wirken. Störungseffekte können zudem schwer zu entdecken sein, da sie zum Beispiel bei wandernden Wasservögeln unter Umständen erst Tausende von Kilometern entfernt in den Brutgebieten

¹⁾ Gekürzte und aktualisierte Fassung eines Beitrages in: Ornithol. Beob. 92: 257–268.

* Adresse des Autors: Dr. OMMO HÜPPOP, Institut für Vogelforschung «Vogelwarte Helgoland», Inselstation, Postfach 1220, D-27494 Helgoland

sichtbar werden oder über Konditionsverluste erst in späteren Jahren zum Tragen kommen. In vielen Fällen müssen deshalb noch theoretische Überlegungen an die Stelle von Belegen aus dem Freiland treten.

Psychischer und physischer «Stress» können sich natürlich auch noch auf andere Parameter des Kreislaufs und der Verdauung sowie auf Reproduktionsfähigkeit, Immunsystem, Parasitenbefall und anderes auswirken. Dies darf auch bei Wildtieren nicht unbeachtet bleiben, soll hier aber ebenso wie die Neurophysiologie nicht behandelt werden.

1. Die Herzschlagrate als Mass für Erregung

Ein zentrales Problem der «Störungsbewertung» ist eine möglichst objektive Beurteilung der Reizwirkung. Die Herzschlagrate (HR) hat sich als äusserst empfindlicher Erregungsindikator erwiesen. Mit ihrer Hilfe kann die Erregung eines Tieres häufig einem Einzelreiz zugeordnet werden. Die HR ist zudem mit vertretbarem Aufwand über EKG-Sender oder über Körperschall-Mikrophone an gekäfigten Tieren und auch im Freiland zu erfassen. EKG-Sender erfordern allerdings eine Ableitung über Haut- oder implantierte Elektroden, wobei die Sender ebenfalls implantiert oder den Tieren umgeschmalt werden. Herztöne können dagegen auch «unblutig» durch Körperschall-Mikrophone über die Eier brütender Vögel erfasst werden. Nach der Darbietung eines Reizes sind folgende Reaktionen möglich:

- keine HR-Änderung,
- eine abrupte HR-Erhöhung mit anschliessendem Rückgang auf die Ausgangs-HR oder ein anderes Niveau,
- eine abrupte HR-Erniedrigung mit anschliessendem Anstieg auf die Ausgangs-HR oder ein anderes Niveau,
- eine biphasische Reaktion: Sie beginnt mit einer HR-Erhöhung, auf die dann eine deutliche Erniedrigung unter die Ausgangs-HR folgt, bevor die HR wieder auf den Ruhewert (oder ein anderes Niveau) ansteigt.

Bei massiver Erregung kann die HR noch Stunden nach dem Reiz erhöht sein, bei Dauerstress sogar über Tage. Die sicherlich verbreitetste Reaktion ist eine akute HR-Erhöhung. Sie ist auch uns Menschen als Teil einer Schreckreaktion hinlänglich bekannt und erfolgt sehr rasch. Eine HR-Erniedrigung tritt vor allem bei Arten mit Tarnfärbung auf. Durch Drückreaktionen versuchen sie, so unauffällig wie möglich zu sein. Dazu pressen sie sich eng an Boden oder Nest und reduzieren Atmung und Herzschlag. Beispiele sind verschiedene Enten- und Hühnervögel, Limikolen und Trappen unter den Vögeln sowie Hirschkälber, Nager, Hasenartige, Opossums, aber auch Robben und Seekühe unter den Säugern. Werden die Tiere aber trotzdem aufgestöbert, so reagieren auch sie als Vorbereitung auf Flucht oder Angriff mit abrupten HR-Erhönungen. Hinsichtlich der HR-Reaktion gibt es grosse individuelle Unterschiede. Selbst ein und dasselbe Tier kann zu verschiedenen Tages- oder Jahreszeiten unterschiedlich heftig reagieren. Aufeinander folgende Reize können sowohl zu einer erhöhten Empfindlichkeit als auch zu einer Gewöhnung führen.

In aller Regel gibt die HR den Erregungszustand eines Tieres weit besser wieder als eine bloße Verhaltensbeobachtung, die unter Umständen nicht vorhandene «Gewöhnungseffekte» vortäuschen kann: Bei Küstenseeschwalben beispielsweise gibt es zwar einen statistisch gesicherten Zusammenhang zwischen der HR und dem (sichtbaren) «Aufmerksamkeitsstatus», doch ist nur etwa die Hälfte aller erregungsbedingten HR-Erhöhungen auch mit einer sichtbaren Verhaltensänderung gekoppelt.

Über die HR sind auch sehr gut Lern- und Gewöhnungseffekte nachweisbar: Die HR von verschiedenen Küstenvögeln, Waldohreulen und Dickhornschafen stieg beispielsweise stark an, wenn Menschen die den Tieren vertrauten Wege verliessen. Bei Silbermöwen und Austernfischern wurde zudem die lange bekannte Fähigkeit zum individuellen Erkennen von Personen durch die Erfassung der HR experimentell untermauert.

Durch die telemetrische Erfassung der HR ist inzwischen hinlänglich bekannt, welche Faktoren Vögel und Säuger erregen und welche nicht, inwieweit Gewöhnung erfolgen kann und welche inner- und zwischenartlichen Variationen möglich sind. Die Frage, welche (energetischen) Konsequenzen diese Erregung für die betroffenen Tiere hat, bedarf aber noch weiterer Erläuterungen.

2. Energetische Folgen von Erregung

Tatsächlich steigt unter Erregung (ohne zusätzliche körperliche Aktivität) der Energiestoffwechsel zum Teil erheblich. Bei Dreizehenmöwen kommt es unter Erregung maximal zu einer Verdoppelung der HR, aber zu einer Verdreifachung des Sauerstoffverbrauchs. Bei Eisbären liess sich der Energieumsatz im Labor um 12 bis 18% erhöhen, wenn die Tiere mit einer Schneefräse erschreckt wurden, und bei Waldmäusen kann noch zwei Stunden nach dem Anfassen der Energieumsatz um bis zu 65% erhöht sein. Pingvine haben noch Stunden nach dem Anbringen eines Data-Loggers eine erhöhte Körpertemperatur, ein sicheres Indiz für eine erregungsbedingte Energieumsatz-Erhöhung.

Die Erklärung dieser zunächst unverständlich erscheinenden Steigerung des Energieumsatzes liegt wohl in der Ausschüttung von «Stresshormonen» der Nebenniere. Bei Säugern sind dies vor allem Adrenalin und Cortisol, bei Vögeln Adrenalin und Noradrenalin sowie Corticosteron. Alle diese Hormone greifen auch in den Zellstoffwechsel ein und können so den Energieumsatz beeinflussen: Adrenalin beispielsweise steigert den Energieumsatz beim Menschen um bis zu 30%, bei Huftieren sogar um 25 bis 50%. Corticosteron kann den Energieumsatz bei Vögeln erhöhen, aber auch – durch eine «Dämpfung» der Aktivität – erniedrigen. Hinsichtlich der Wirkung von Hormonen auf den Energieumsatz unter Erregung besteht zwar noch grosser Forschungsbedarf. Es ist aber wohl davon auszugehen, dass der unter Erregung erhöhte Stoffwechsel hauptsächlich auf Wirkungen von «Stresshormonen» zurückzuführen ist. Dadurch wird der Körper auf einen eventuell plötzlich erforderlichen hohen Energiebedarf für Kampf oder Flucht vorbereitet. Eine gesteigerte HR bereitet ausserdem auf eine zu erwartende Erhöhung des Sauerstoffbedarfs vor. Bei den Dreizehenmöwen wird unter Erregung pro Herzschlag weniger Sauerstoff verbraucht, als anhand der

Messungen beim ruhigen Tier zu erwarten wäre. Wenn es aber «brenzlig» werden sollte, steht der dadurch zu Organen und Muskeln transportierte Sauerstoff für energieaufwendige Reaktionen sofort zur Verfügung.

3. Energetische Folgen störungsbedingter Aktivitäten

Häufig bewirken Beunruhigungen von Tieren aber nicht nur eine veränderte HR oder die Ausschüttung von Stresshormonen, sondern natürlich auch energieaufwendige Flucht oder Angriff. Jede körperliche Aktivität erhöht den Energieumsatz (*Tab. 1*). Dies gilt besonders für Fliegen und Laufen. Bei extrem viel fliegenden Arten steigt der Energieumsatz während des Fluges zwar nur auf das Dreifache des Grundumsatzes, bei schlechten Fliegern oder hohen Geschwindigkeiten aber teilweise auf mehr als das Zwanzigfache. Flucht oder Angriff sind also stets sehr energieaufwendig. Bei Küstenvögeln wie Seeschwalben oder Limikolen ist wohl eine Steigerung auf etwa das 12fache des Grundumsatzes bei Flucht und Angriffen realistisch.

Aktivität	Dunkelente	Silbermöwe	100-kg-Säuger
Grundumsatz	1.0	1.0	1.0
Schlafen		1.1	
Liegen	1.1	1.1	
Stehen	1.6	1.2	1.1
Wiederkäuen			1.3
Picken		1.5	
Trinken		1.5	
Gehen	1.7	1.5	1.6
Gehen, 10% Steigung			2.4
Laufen			8.0
Gefiederpflege	1.6	1.8	
Aggression (am Boden)		2.3	
Fressen	1.7	2.3	1.6
Schwimmen	2.2	3.1	
Baden	2.9	2.8	
Rufen	2.9		
Spielen			3.0
Fliegen	19	4.7 bis über 20?	

Tabelle 1: Energiebedarf für verschiedene Aktivitäten als Vielfache des Grundumsatzes bei der Dunkelente (WOOLEY & OWEN 1978, Wert für Fliegen nach BERGER & HART 1974), bei der Silbermöwe und bei einem 100 kg schweren Wiederkäuer (Quellen in HÜPPOP 1995).

Je nach den Bedingungen können bereits wenige Störungen den aktivitätsbedingten Energiehaushalt eines Tieres stark beeinflussen, wie folgende Überlegung zeigt: Gämsen wiegen etwa 17 bis 50 kg, Alpensteinböcke 50 bis 125 kg. Für je ein 25, 50 und 100 kg schweres «Modellsäugetier» wurden in *Tab. 2* grob die energetischen Kosten abgeschätzt, die auftreten, wenn diese Tiere über 500 m flüchten müssen, zusätzlich 100 m Steigung überwinden oder die Flucht gar durch brusthohen Schnee erfolgt. Die schwersten Exemplare sind am stärksten betroffen. Bei ihnen macht eine einzige Fluchtreaktion dieser Grössenordnung bis zu 2,5%, bei Schnee sogar 5,4% des täglichen Gesamt-Energiebedarfs aus. Untersuchungen am Augstmatthorn im Berner Oberland erlauben eine praktische Anwendung dieser Überlegungen. Auf den alpinen Matten grasende Steinböcke flüchten nach der Sichtung von Gletschirmen über Entfernungen von 30 bis 1200 m und über Höhen von 20 bis 500 m, bevorzugt in niedrigere Bereiche (SZEMKUS, INGOLD & PFISTER 1998). Daraus ergibt sich für einen männlichen Steinbock (95 kg) ein geschätzter Energiebedarf von 0,1 bis über 4% (Mittel ca. 1,5%) des täglichen Energiebedarfs pro Fluchtreaktion. Rechnet man den für die schweren Böcke kräftezehrenden Wiederaufstieg auf die Weideflächen hinzu, kommt man sogar auf bis zu 11% (Mittel: 5%).

Noch einige weitere Beispiele sollen zeigen, wie Störungen den Energieverbrauch durch vermehrte Aktivität erhöhen: Störungen vor allem durch Jagd und Flugzeuge verringerten die Zeit der Nahrungsaufnahme rastender Schneegänse in Kanada am Tage um 4 bis 51%. Hiermit einher gingen eine aktivitätsbedingte Zunahme des Energieverbrauchs um 3,4 bis 5,3% und eine Abnahme der Energieaufnahme um 1,9 bis 19,4%. Zum Ausgleich dieser grossen Verluste wäre die nächtliche Nahrungsaufnahme um 4 bis 32% zu erhöhen. Es sind daher Auswirkungen auf die Kondition der Gänse wahrscheinlich. Im Vergleich zwischen einem stark und einem wenig gestörten Rastgebiet in Nordfriesland wurde gezeigt, dass Ringelgänse störreizbedingte

Körpermasse in kg	25	50	100
Grundumsatz in kJ/d	2463	3990	6464
FMR in kJ/d	9372	15512	25675
500 m Laufen in kJ	65	131	261
in % des FMR	0.7	0.8	1.0
100 m Steigen in kJ	93	185	372
in % des FMR	1.0	1.2	1.4
500 m Laufen und 100 m Steigen in kJ	158	316	631
in % des FMR	1.7	2.0	2.5
dgl. in brusthohem Schnee	348	695	1388
in % des FMR	3.7	4.5	5.4

Tabelle 2: Schätzung des Energiebedarfs für Fluchtreaktionen bei Gämsen und Alpensteinböcken verschiedener Körpermasse. FMR = Energieumsatz im Freiland (field metabolic rate). Quellen in HÜPPOP (1995).

Zeitverluste bei der Nahrungsaufnahme und gesteigerte energetische Kosten durch Verhaltensänderungen und eine erhöhte Nahrungsaufnahme zum Teil kompensieren können. Die Gänse erreichen aber offensichtlich die physiologischen Grenzen ihrer Kompensationsfähigkeit. Die Vögel im wenig gestörten Vorland können knapp 12% mehr Zugfett anlagern als die Gänse im stark gestörten Gebiet (STOCK 1999). Störungsbedingte Zeitverluste durch alpinen Skilauf und Skitourengehen können, neben den erhöhten energetischen Ausgaben für Ausweich- und Fluchtbewegungen, vermutlich bei Rauhfusshühnern die Wintersterblichkeit erhöhen (ZEITLER 1994).

Goldregenpfeifer in einem englischen Moorgebiet verbrachten zur Zeit der Kükenführung 11% der Zeit mit Reaktionen auf Personen. Da sie viel flogen, erhöhte dies ihren Energiebedarf um 15%. In einem englischen Nationalpark flogen brütende Flussuferläufer aufgrund von Störungen durch Angler und andere Besucher 29% mehr als sie es ohne Störungen getan hätten. Einen grossen Anteil hatten dabei kräftezehrende territoriale Auseinandersetzungen, die sich an die Störungen anschlossen. Der Energieaufwand für die zusätzlichen Flüge erhöhte die zur Nahrungssuche benötigte Zeit um 3,7%.

4. Einflüsse von Beunruhigungen auf die Thermoregulation und Embryonalentwicklung

Beunruhigungen können auch die Thermoregulation und Embryonalentwicklung beeinflussen: Wenn Altvögel ihre Eier oder Küken nicht bebrüten bzw. hüdern können, mag dies 1. Embryonen oder Küken durch zu niedrige oder zu hohe Temperaturen (Sonneneinstrahlung!) schädigen, 2. einen erhöhten Energieaufwand wegen des Wiedererwärmens des Geleges bedeuten oder 3. wegen der durch niedrige Eitemperaturen verlängerten Embryonalentwicklung das Risiko von Eiverlusten durch Räuber erhöhen.

Während der Bebrütungsphase werden die Eier in der Regel auf Temperaturen von 30 bis 40 °C gehalten. Kurzzeitig werden von den Embryonen aber auch Temperaturen zwischen 16 und 41 °C ohne Schäden überstanden. Langfristig muss jedoch bei den meisten Arten ein sehr enger Temperaturbereich eingehalten werden. Bei der Silbermöwe beispielsweise findet bei Nesttemperaturen unter 27 °C keine Entwicklung mehr statt. Schlupfrate und -geschwindigkeit sind unter 30 °C verringert. Störungsbedingte Bebrütungspausen können also die Embryonalentwicklung negativ beeinflussen. Durch niedrige Temperaturen wird diese verlangsamt oder gar gestoppt. Dadurch verlängert sich die Bebrütungszeit, was die Gefahr eines Eierraubs vergrössert.

Hinsichtlich des Energiebedarfs ist es günstiger, ein Gelege kontinuierlich auf gleicher Temperatur zu halten, als es nach einer Abkühlung wieder aufzuheizen. Erzwungene Bebrütungspausen wirken sich also negativ auf die Energiebilanz aus. Beim Austernfischer erfordert die Wiedererwärmung eines Dreiergeleges von 26 auf 32 °C rund 2,5 kJ, entsprechend 0,4% des Gesamtenergiebedarfs eines Tages. Zehn störungsbedingte Brutpausen würden also schon 4% mehr Energieverbrauch pro Tag allein für Thermoregulation bedeuten, hinzu käme natürlich immer ein erhöhter Energiebedarf für die zusätzliche Aktivität (Flucht oder Angriff) und vermutlich für die damit verbundene Erregung.

Störungen, die zum unmittelbaren «Stresstod» von Tieren führen, sind sicher die Ausnahme, doch sind mehrere Fälle bekannt, bei denen Elche und Rehe als Folge grosser Orientierungsläufe starben. Zwei Elche verendeten bereits 10 bis 15 Minuten nach dem ersten Kontakt mit den Läufern. Viele Langzeiteffekte sind wahrscheinlich, aber schwer nachweisbar.

5. Konsequenzen einer störungsbedingten Erhöhung des Energieverbrauches

In verschiedenen Gebieten Norwegens mit unterschiedlicher Jagdintensität wurde die Kondition von Rentieren zu Beginn und Ende der Jagdzeit verglichen: Im ersten Gebiet waren die Tiere zu Beginn der Jagdzeit in guter Kondition, sie nahmen dennoch während der Jagdzeit gewichtsmässig um etwa 5% ab. Die Rentiere von Gebiet 2 waren in schlechterer Kondition und nahmen sogar um mehr als 10% ab. Sie verbrachten während der Jagd weit mehr Zeit mit Umherziehen und deutlich weniger mit Grasens als vor und nach der Jagdzeit. Hingegen erhöhten die Tiere mit guter Kondition im wenig bejagten Vergleichsgebiet 3 ihre Körpermasse in der gleichen Zeit um fast 5%. Effekte schlechterer Kondition auf die Wintersterblichkeit sind nicht auszuschliessen.

In zwei seit mehreren Jahren intensiv mit Gleitschirmen befliegenen Gebieten der Schweizer Alpen wurden Gams-Geissen mit geringerer Körpermasse erlegt als vorher. In je zwei benachbarten Kontrollgebieten ohne Gleitschirmbetrieb traten diese Unterschiede nicht auf. Bei den Küken von Trottellummen führen häufige Besuche nachweislich zu einem verminderten Wachstum und zu einer schlechteren Kondition beim (verfrühten) Verlassen der Brutkolonie. Eine verminderte Überlebensrate ist wahrscheinlich.

Inzwischen ist bei vielen Vogelarten die plausible Annahme belegt, dass der Bruterfolg auch von den Energiereserven zur Brutzeit abhängt. Störungsbedingte Konditionseinbussen sollten sich also in der Nachkommenzahl niederschlagen. In ungestörten Gebieten Norwegens bilden Kurzschnabelgänse vor der Brutzeit rasch Fettdepots. Dies unterbleibt, wenn die Gänse durch Landwirtschaft gestört werden. Als Folge hiervon brüteten 46% der «ungestörten» Gänsepaare erfolgreich, aber nur 17% der «gestörten». Auch der störungsbedingte Konditionsnachteil von Ringelgänsen gegen Ende des Winters im nordfriesischen Wattenmeer, über den bereits berichtet wurde (STOCK 1999), beeinflusst sehr wahrscheinlich den Bruterfolg, denn dieser hängt massgeblich von der Kondition der Gänse zur Zeit des Abflugs aus den Winterquartieren ab. Höchstwahrscheinlich beeinflusst auch die Kondition von Caribou-Weibchen unmittelbar vor der Geburt stark die Überlebensrate der neugeborenen Kälber. Im Frühjahr befinden sich trächtige und säugende Caribou-Weibchen in einem ständigen Energiedefizit. Sie sind dann besonders sensibel gegenüber menschlichen Störungen. Auch Vögel scheinen bei schlechterer Körperkondition besonders stressanfällig zu sein (HOOD, BOERSMA & WINGFIELD 1998).

Freilebende Vögel und Säuger können über längere Zeiträume einen Energieumsatz aufrechterhalten, der je nach Art maximal bei 7,0 x Ruheumsatz liegt. Tatsächlich leben aber die meisten Vogelarten im Freiland auf weit «kleinerer Flamme» (HAMMOND & DIAMOND 1997). Bei Mehlschwalben haben Individuen mit einem mittleren Energie-

umsatz die höchste «Nachkommenzahl pro Leben» («lifetime reproduction»). Ferner scheint auch ein Einfluss des Energieumsatzes auf die Überlebensrate zu bestehen, der bisher einzige Hinweis aus dem Freiland. Austernfischer erreichen im Winter im Freiland durchaus einen Energieumsatz von 4 x Grundumsatz. Während der Brutzeit reduzieren sie den Umsatz aber auf 2,8 x Grundumsatz, obwohl sie mit höherem Energieaufwand mehr Junge grossziehen könnten. Offensichtlich sind auch hier der Lebenserwartung und/oder der «lifetime reproduction» durch den Energiehaushalt Grenzen gesetzt.

Die wenigen Beispiele verdeutlichen bereits, dass störungsbedingte Veränderungen des Energiehaushalts durch Erregung, körperliche Aktivität und Thermoregulation entscheidenden Einfluss auf Lebenserwartung und Reproduktionserfolg von Wildtieren haben können. Andererseits gibt es aber offensichtlich auch zahlreiche Fälle, in denen keine Störungseffekte nachgewiesen wurden. Eine objektive Gewichtung anhand der Literatur ist aber unmöglich, weil Effekte ungleich häufiger als Nicht-Effekte publiziert werden (z.B. KEMPF & HÜPPOP 1998). Ausserdem sind die Reaktionen oftmals sehr situationsspezifisch. Dies ist bei der Interpretation der hier dargestellten Fallbeispiele unbedingt zu berücksichtigen.

Zusammenfassend ist davon auszugehen, dass sich menschliche Aktivitäten jeglicher Form über den Energieumsatz in unterschiedlichster Weise und auf verschiedensten Ebenen (Individuum bis Ökosystem) auswirken können. Vieles bedarf aber noch weiterer Untersuchungen (vgl. HÜPPOP 1999).

Literatur*

- BERGER, M. & HART, J.S. (1974): Physiology and energetics of flight. In: Farner, D.S. & King, J.R. (Hrsg.): Avian Biology. Vol. IV. Academic Press, New York and London: 415–477.
- HAMMOND, K.A. & DIAMOND, J. (1997): Maximal sustained energy budgets in humans and animals. *Nature* 386: 457–462.
- HOOD, L.C., BOERSMA, P.D. & WINGFIELD, J.C. (1998): The adrenocortical response to stress in incubating Magellanic Penguins *Spheniscus magellanicus*. *Auk* 115: 76–84.
- HÜPPOP, O. (1995): Störungsbewertung anhand physiologischer Parameter. *Ornithol. Beob.* 92: 257–268.
- HÜPPOP, O. (1999): Energetic consequences of human disturbances. *Proc. 22nd Int. Orn. Congr.* (im Druck).
- KEMPF, N. & HÜPPOP, O. (1998): Wie wirken Flugzeuge auf Vögel? *Naturschutz und Landschaftsplanung* 30: 17–28.
- SZEMKUS, B., INGOLD, P. & PFISTER, U. (1998): Behaviour of Alpine ibex *Capra ibex ibex* under the influence of paragliders and other air traffic. *Z. Säugetierkunde* 63: 84–89.
- STOCK, M. (1999): Die Auswirkungen von Freizeitaktivitäten und Flugbetrieb auf Ethologie und Ökologie der Ringelgans im Wattenmeer. Sonderdruck aus den Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern. Neue Folge, 56. Band: 3–12.
- WOOLEY & OWEN (1978): Energy costs of activity and daily energy expenditure in the Black Duck. *J. Wildl. Mgmt.* 42: 739–745.
- ZEITLER, A.J. (1994): Skilauf und Rauhfusshühner. *Verh. Ges. Ökol.* 23: 289–294.

* Es sind nur Quellen aufgeführt, die in der umfangreichen Literaturliste in HÜPPOP (1995) noch nicht enthalten sind.