

### Bibliographische Angaben

- KESTENHOLZ, M. (1994): Body mass dynamics of wintering Tufted Duck *Aythya fuligula* and Pochard *A. ferina* in Switzerland. *Wildfowl* 45: 147–158.
- KESTENHOLZ, M. (1995): Movements and roosting behaviour of diving ducks (*Aythya fuligula* and *A. ferina*) wintering in Switzerland. Englisch mit deutscher und französischer Zusammenfassung. 103 Seiten. Diss. Universität Basel; Verlag Schweizerische Vogelwarte, Sempach. Bezug: Schweizerische Vogelwarte, Bibliothek, CH–6204 Sempach.
- KESTENHOLZ, M. & B. BRUDERER (submitted): Winter movements of waterbirds in Switzerland: Species composition, densities and directions. *J. Avian Biol.*
- KESTENHOLZ & B. BRUDERER (submitted): Time pattern and range of winter movements by diving ducks in Switzerland. *Ardea*.

## Flugverhalten ziehender Greifvögel im Süden Israels

Reto Spaar

Schweizerische Vogelwarte, CH–6204 Sempach

Dissertation am Zoologischen Institut der Universität Basel (1996)

Untersuchungen mit Zielfolgeradar im Negev-Hochland und im Arava-Tal (Herbst 1991 und Frühling 1992) lieferten die Grundlagen für die Analyse von (a) inter- und intraspezifischer Variabilität des Flugverhaltens, (b) Einfluss von morphometrischen Faktoren wie Körpergewicht und Flügelmassen und (c) Reaktionen und Anpassungen im Flugverhalten an unterschiedliche Umweltbedingungen.

Jeder Vogel wurde im Idealfall während einer kompletten Gleitphase und einer kompletten Segelphase beobachtet. Zur Analyse wurden die Flugwege in Abschnitte von 10 Sekunden unterteilt und Gleit- sowie Segelphasen interaktiv am Computerbildschirm erfasst. Insgesamt wurden auf diese Weise 2400 Greifvögel mit total 6800 einzelnen Flugphasen beobachtet. Um die Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten in allen Flughöhen zu ermitteln, wurden Pilotballone alle vier Stunden mit dem Radar verfolgt.

Das Flugverhalten der folgenden Arten wurde studiert: Steppenadler *Aquila nipalensis*, Schreiadler *Aquila pomarina*, Zwergadler

*Hieraaetus pennatus*, Schlangenadler *Circus gallicus*, Gänsegeier *Gyps fulvus*, Schmutzgeier *Neophron percnopterus*, Wespenbussard *Pernis apivorus*, Falkenbussard *Buteo buteo vulpinus*, Schwarzmilan *Milvus migrans*, Rohrweihe *Circus aeruginosus*, Wiesenweihe *Circus pygargus*, Steppenweihe *Circus macrourus*, Kurzfangsperber *Accipiter brevipes* und kleinere Falken wie Turmfalke *Falco tinnunculus*, Rötelfalke *Falco naumanni*, Baumfalke *Falco subbuteo* und Rotfussfalke *Falco tinnunculus*.

*Thermiksegeln:* Die Bedingungen für das Thermiksegeln variierten im Verlaufe des Tages: Falkenbussarde, Steppenadler und Weihen starteten mit dem Thermiksegeln ungefähr 2–3 Stunden nach Sonnenaufgang und erreichten zu dieser Tageszeit nur geringe Steigraten. Diese nahmen im Verlaufe des Morgens zu und erreichten die höchsten Werte in der Zeit vor Mittag bis in die frühen Nachmittagsstunden. Gegen Sonnenuntergang nahmen sie wieder ab. Die Steigraten der einzelnen Arten unterschieden sich nicht, die Mittelwerte lagen

zwischen 1,5 und 2,1 m/s. Die Flughöhe über Grund war positiv mit der Steigrate korreliert. Die mittlere Segelzeit in den Thermiksäulen betrug 90 Sekunden, wobei die Vögel stärkere Aufwinde länger nutzten. Segelnde Falkenbussarde kompensierten teilweise die Windverdriftung in Gegen- und Seitenwinden. Zusätzlich zum normalen Thermiksegeln nutzen Steppenadler sogenannte Thermikstrassen und machten Höhengewinn beim Geradeausgleiten, teilweise über weite Strecken.

*Gleitverhalten:* Die mittlere Eigengeschwindigkeit der einzelnen Arten beim Gleiten betrug 13,5–17,0 m/s, der mittlere Gleitwinkel 3,4–6,1°. Die Eigengeschwindigkeit stieg und der Gleitwinkel sank mit zunehmendem Körpergewicht. Schwerere Arten hatten also die besseren Gleitfähigkeiten, da sie zugleich höhere Eigengeschwindigkeiten und kleinere Gleitwinkel erreichten. Die Sinkrate der Falkenbussarde nahm linear mit der Eigengeschwindigkeit zu. Zudem waren die Eigengeschwindigkeiten von der jeweiligen Windsituation abhängig: Falkenbussarde reduzierten die Eigengeschwindigkeit in Rückenwinden und erhöhten diese in Gegenwinden.

*Optimale Segel- und Gleitflugstrategie:* Die Mehrheit der untersuchten Arten (eingeschlossen alle Adler, Bussarde, Sperber und Falken) wählten beim kombinierten Gleit-Segelflug eine thermikabhängige Eigengeschwindigkeit. Sie erhöhten so ihre Zuggeschwindigkeit (cross-country speed) unter guten thermischen Bedingungen. Die thermikabhängigen Eigengeschwindigkeiten der Falkenbussarde und Kurzfangsperber stimmten mit theoretischen Voraussagen des optimalen Flugverhaltens überein: Diese Arten maximierten ihre Zuggeschwindigkeit im Segel- und Gleitflug und minimierten den Zeitverbrauch pro Distanz. Die Weihen verhielten sich unterschiedlich: Rohrweihen wählten eine thermikabhängige Eigengeschwindigkeit, während die kleineren Wiesen- und Steppenweihen dies nicht taten.

*Flughöhen:* Die Flughöhen der segelnden Arten zeigten den typischen Anstieg im Verlauf der Morgenstunden. Maximale Flughöhen wurden um die Mittagszeit und in den frühen Nachmittagsstunden erreicht. Gegen Sonnenuntergang sanken sie wieder. Die Flughöhe

über Grund war positiv mit der Steigrate in den Thermiksäulen korreliert. Die grössten Flughöhen der Segelzieher betrug rund 2000 m über Grund, wobei 90 % aller Vögel unterhalb von 1000 m über Grund flogen. Im Negev-Hochland waren die Flughöhen über Grund generell tiefer als im Arava-Tal. Schlagfliegende Kurzfangsperber und Weihen wurden bereits kurz nach Sonnenaufgang und vor Sonnenuntergang in grossen Flughöhen beobachtet. Die grössten Flughöhen erreichten nachts ziehende Kurzfangsperber mit ungefähr 3000 m über Grund.

*Flugstile der ziehenden Greifvögel:* Segel- und Gleitflug ohne Flügelschläge war der vorherrschende Flugstil aller ziehenden Greifvögel: Die verschiedenen Arten nutzten diesen Stil während 60–98 % der Beobachtungszeit. Kleinere Arten wie Kurzfangsperber, kleine Falken und Weihen zeigten den grössten Anteil an Schlag-Gleitflug (9–33 %): Er wurde vorwiegend eingesetzt, wenn thermische Aufwinde schwach waren oder fehlten, und er ermöglichte diesen Arten, ihre Zugaktivität in die frühen Morgenstunden und gegen Abend auszudehnen. Grosse Arten wie Steppenadler, Schreiadler, Schlangenadler und Gänsegeier zeigten dagegen die grössten Anteile an «Gleiten mit Höhengewinn» (7–17 %).

*Gesamtvergleich der Flugparameter und des Flugverhaltens:* Eine Cluster-Analyse, welche die arttypischen Flugparameter, nämlich Steigrate in der Thermik, Eigengeschwindigkeit beim Gleiten, Gleitwinkel, Zuggeschwindigkeit gegenüber der Luft sowie die Anteile der verschiedenen Flugstile verglich, teilte die Greifvögel in zwei Hauptgruppen auf: Die erste Gruppe bildeten Wiesenweihe, Steppenweihe, Kurzfangsperber und die kleinen Falkenarten: Ihr Flugverhalten zeichnete sich durch die höchsten Anteile an Schlag-Gleitflug sowie durch das schlechteste Gleitvermögen aus. Die zweite Gruppe umfasste die typischen Segelzieher Steppenadler, Schreiadler, Zwergadler, Schmutzgeier, Wespenbussard und Falkenbussard. Schwarzmilan und Rohrweihe lagen zwischen diesen Segelziehern und den kleineren Schlagflug-Arten. Die zwei lokal ansässigen Arten, Gänsegeier und Schlangenadler, wurden von den übrigen Segelziehern abgetrennt; sie

flogen nur unter optimalen thermischen Bedingungen und zeigten die höchsten Anteile an «Gleiten mit Höhengewinn».

Die Analyse des Flugverhaltens dieser Greifvogelarten zeigte, dass die Flugparameter durch morphologische Grössen wie Körpergewicht und Flügeigenschaften bestimmt werden. Generell sind Flächenbelastung der Flügel und Körpergewicht positiv miteinander korreliert. Diese spezifischen Körpereigenschaften, die entsprechend den unterschiedlichen Jagdmethoden und Beutegrössen evolvierten, beeinflussen die Wahl der Zugroute und den Flugstil. Zudem können die Umweltbedingungen je nach saisonalem Zug-Timing variieren. Unter diesen Voraussetzungen minimieren die ziehenden Greifvögel den Zeit- oder/und Energieverbrauch pro Distanz: Grosse Arten minimierten hauptsächlich den Energieverbrauch, da sie ausschliesslich mit Segel- und Gleitflug zogen. Die Zugaktivität war daher auf die Tageszeit mit thermischen Aufwinden beschränkt. Überdies minimierten diese Segelzieher aber auch den Zeitverbrauch während des Fluges, da sie die Zuggeschwindigkeit im Segel- und Gleitflug maximierten. Kleinere Arten adaptierten eine Mischstrategie: Der hohe Anteil an Segel- und Gleitflug zeigte, dass sie ebenfalls zum grossen Teil den Energieverbrauch minimieren, sofern thermische Aufwinde verfügbar sind. Der Faktor Zeit scheint aber zusätzlich eine wichtige Rolle zu spielen, denn diese kleineren Arten, insbesondere der Kurzfangsperber, dehnten ihre tägliche Zugzeit mit Hilfe von Schlagflug zum Teil bis in die Nacht aus.

### Bibliographische Angaben

- SPAAR, R. (1995): Flight behaviour of Steppe Buzzard *Buteo buteo vulpinus* during spring migration in southern Israel: a tracking radar study. *Isr. J. Zool.* 41: 489–500.
- SPAAR, R. (1996): Flight behaviour of migrating raptors in southern Israel. Diss. Universität Basel, Verlag Schweizerische Vogelwarte, Sempach. 148 Seiten. Bezug: Schweizerische Vogelwarte, Bibliothek, CH–6204 Sempach.
- SPAAR, R. (1997): Flight strategies of migrating raptors; a comparative study of interspecific variation in flight characteristics. *Ibis* 139: 523–535.
- SPAAR, R. (1999): Flight behaviour of migrating raptors under varying environmental conditions. In: N. ADAMS & R. SLOTOW (eds): *Proc. 22 Int. Ornithol. Congr., 1844–1862*. Johannesburg, BirdLife South Africa.
- SPAAR, R. & B. BRUDERER, B. (1996): Soaring migration of Steppe Eagles *Aquila nipalensis* in southern Israel: flight behaviour under various wind and thermal conditions. *J. Avian Biol.* 27: 289–301.
- SPAAR, R. & B. BRUDERER (1997a): Optimal flight behaviour of soaring migrants: a case study of migrating steppe buzzards *Buteo buteo vulpinus*. *Behav. Ecol.* 8: 288–297.
- SPAAR, R. & BRUDERER, B. (1997b): Migration by flapping or soaring: Flight strategies of Marsh, Montagu's and Pallid Harriers in southern Israel. *Condor* 99: 458–469.
- SPAAR, R., O. LIECHTI & B. BRUDERER (in press): Forecasting flight altitudes and soaring performance of migrating raptors by the altitudinal profile of atmospheric conditions. *Technical Soaring*.
- SPAAR, R., H. STARK & F. LIECHTI (1998): Migratory flight strategies of Levant sparrowhawks: time or energy minimization. *Anim. Behav.* 56: 1185–1197.