

Aus der Schweizerischen Vogelwarte Sempach

Gibt es topographie-unabhängigen Nachtzug über den Alpen?

Susanna Zehnder, Felix Liechti, Barbara Trösch und Bruno Bruderer

Topography-independent nocturnal bird migration over the Alps? – The flight directions of the majority of migrants are shifted towards SW along the northern border of the Alps. It has been assumed that under favourable weather conditions birds might fly in southerly directions over the mountain ridges (3000–4000 m above sea level). Data gathered by moonwatching and a passive infrared device in the eastern area of the Swiss Alps (Grisons), in autumn 1999, indicate that birds tend to avoid ascents. As a consequence, migration occurs predominantly along valleys oriented in their preferred migratory direction. Only a few high-flying birds were observed but they showed a similar orientation as birds flying at low altitudes. Birds may cross the Alps at high altitudes and southerly directions only under highly favourable weather conditions, which did not establish during our observation period.

Key words: Nocturnal bird migration, Alps, Switzerland, topography, moonwatching, passive infrared.
Susanna Zehnder, Dr. Felix Liechti, Barbara Trösch, Prof. Dr. Bruno Bruderer, Schweizerische Vogelwarte, CH–6204 Sempach

In Mitteleuropa ziehen rund zwei Drittel aller Zugvögel in der Nacht. Die Zugrichtung der Hauptmasse dieser Nachtzieher wird im schweizerischen Mittelland durch die Alpen leicht westwärts von ihrer normalen SW-Richtung abgelenkt (Übersichten in Bruderer & Winkler 1976, Bruderer 1996). Bei gutem Wetter und Rückenwinden wurde stets ein gewisser Anteil von Vögeln festgestellt, die in etwas südlichere Richtungen fliegen. Bisherige Beobachtungen vor der Vollmondscheibe zeigten, dass die Zugvögel dem nördlichen Rand des Alpenbogens und südwestlich ausgerichteten Tälern folgten (Liechti et al. 1996). Für den Tagzug postulierte Sutter (1954, 1955), dass die Vögel bei schönem Wetter mit schwachem Rückenwind die Alpen auf breiter Front in mittlerer Kamm- und Gipfelhöhe auf 3000–4000 m ü.M. überfliegen. Hinweise für ein solches Verhalten wurden auch für den Nachtzug gefunden (Bruderer & Winkler 1976, Bloch et al. 1981, Bruderer 1996). Die Frage, ob solcher von der Topographie unbeeinflusster Breitfrontzug in grosser Höhe regelmässig vorkommt und einen nennenswerten Anteil am alpenüberquerenden Zug ausmacht, ist aber offen.

Während des Herbstes 1999 beobachteten wir den nächtlichen Vogelzug im Gebiet des Julierpasses (Bündner Alpen) mit einer Wärmebildkamera (passiv Infrarot). Im gleichen Zeitraum wurden auch Vogelzug-Beobachtungen vor der Vollmondscheibe (Mond-Beobachtungen) an verschiedenen Orten des Kantons Graubünden durchgeführt. Anhand dieser Daten wurden in der vorliegenden Arbeit die zwei folgenden Fragen untersucht: (1) Fliegen Nachtzieher bei geeignetem Wetter regelmässig in mittlerer Kamm- und Gipfelhöhe (3000–4000 m ü.M.) über die Alpen? (2) Verläuft der hohe Zug über die Gebirgskämme unabhängig von der lokalen Topographie?

1. Material und Methode

1.1. Infrarot-Beobachtungen

Im Zeitraum vom 12. September bis 12. November 1999 führten wir an zwei verschiedenen Standorten in der Region des Julierpasses mit Hilfe einer Wärmebild-Kamera Beobachtungen im thermischen Infrarot (IR-Beobachtungen) durch. Ein Standort befand sich in Bivio (1770 m ü.M.; 46°28' N, 9°39' E), im Tal

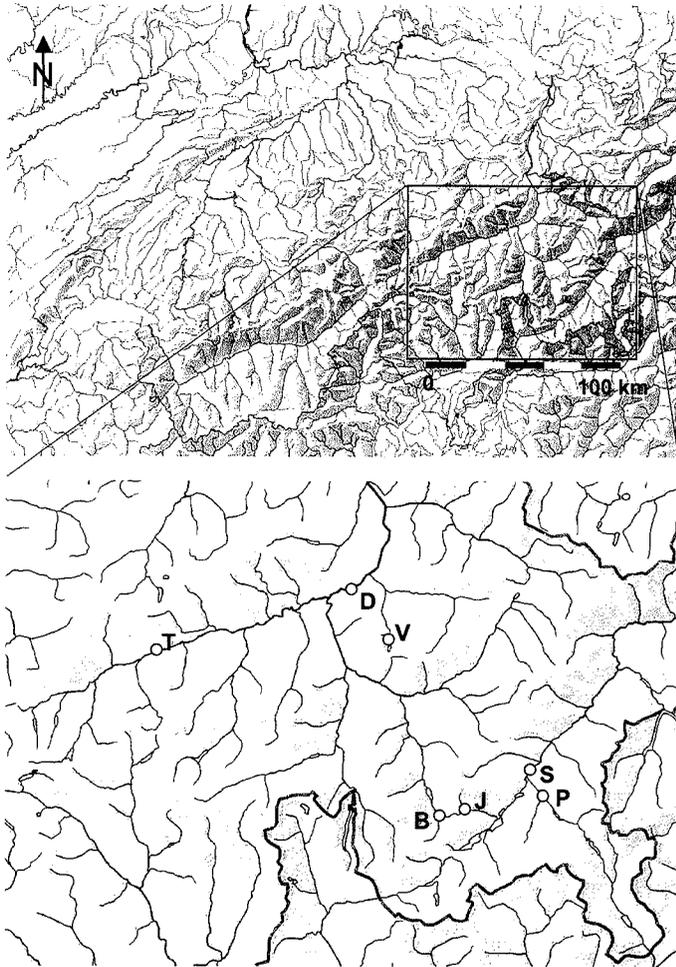


Abb. 1. Relief- und Gewässerkarte der Schweiz (oben). Im vergrößerten Kartenausschnitt (unten) sind die Standorte der IR-Beobachtungen und der Beobachtungen vor der Vollmondscheibe eingetragen: Bivio (B), Domat-Ems (D), Julier (J), Pontresina (P), Samedan (S), Trun (T), Valbella (V). Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie (BA002926). – *Relief map of Switzerland (above). The detail map (below) shows the location of the infrared and moonwatching observation sites.*

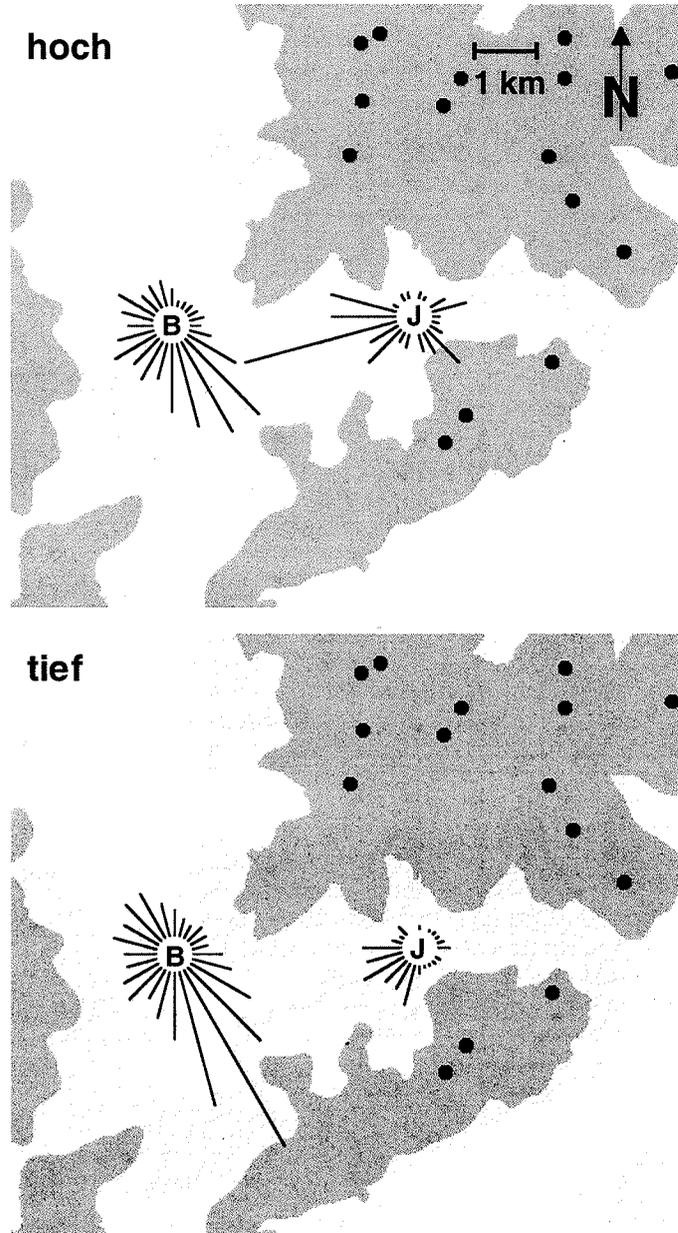
des Oberhalbsteins (Abb. 1 und 2), der zweite auf dem Julier bei La Veduta auf 2233 m ü.M., 825 m westlich und 150 m unterhalb der Passhöhe (Abb. 1 und 2). Nördlich davon erheben sich in etwa 4,5 km Distanz Bergkämme mit Höhen von 3100 bis 3200 m ü.M.

Die verwendete thermische Infrarot-Kamera (Long-Range-Infrared System LORIS, IRTV-445L, Inframetrics, Massachusetts, USA) kann unter wolkenfreien und trockenen Bedingungen die Wärmestrahlung der Kleinvögel bis auf etwa 3000 m über Boden detektieren (Liechti et al. 1995). Auf dem angeschlossenen TV-

Bildschirm werden Vögel meist als Punkte dargestellt, deren Grösse als Schätzung für die Flughöhe der Vögel über Boden dient (Liechti et al. 1995, Zehnder et al. im Druck). Zugintensitäten («Migration Traffic Rate» MTR = Anzahl Vögel pro Kilometer und Stunde) und Flugrichtungen werden analog zu den Mond-Beobachtungen berechnet (Liechti et al. 1996). Unter regnerischen Bedingungen können keine IR-Beobachtungen durchgeführt werden. Die Artzugehörigkeit kann nicht bestimmt werden.

Bei niederschlagsfreier Witterung wurde nach Sonnenuntergang je zwei Stunden zuerst

Abb. 2. Richtungsverteilung der in Bivio (B) und auf dem Julier (J) mittels Wärmebild-Kamera beobachteten Vögel. Unten ist die relative Richtungsverteilung der tief fliegenden Vögel (unter 3000 m ü.M.; 90 % aller Beobachtungen) abgebildet. Die obere Hälfte zeigt die relative Richtungsverteilung der hoch fliegenden Vögel (über 3000 m). Weisse Flächen bezeichnen Gebiete bis 2000 m ü.M., hellgraue zwischen 2000 und 2500 m und dunkelgraue über 2500 m. Die dunklen Punkte stellen Berggipfel über 3000 m dar. – *Distribution of flight directions of the birds observed by infrared camera at the Bivio (B) and the Julier (J) sites. The lower figure shows the relative distribution of flight direction of the low flying birds (below 3000 m a.s.l.; 90 % of all observations). Above the relative distribution of the high flying birds (above 3000 m) is illustrated. The white area corresponds to elevations below 2000 m a.s.l., light grey 2000–2500 m and dark grey above 2500 m. The dark dots mark mountain tops above 3000 m.*



in Bivio, dann auf dem Julier und anschließend nochmals in Bivio beobachtet. Von den zwei Beobachtungseinheiten in Bivio wurde eine vor, die andere nach Mitternacht realisiert.

Die Auswertungen beschränkten sich auf Beobachtungen zwischen Dämmerungsende am Abend und Dämmerungsbeginn am Morgen (Sonne mindestens 6° unter dem Horizont).

1.2. Mond-Beobachtungen

Die Beobachtungen vor der Vollmondscheibe wurden an sechs verschiedenen Standorten in den Bündner Alpen durchgeführt (Abb. 1). Sie beschränkten sich auf wolkenlose Nächte der Vollmondphase vom 25. September und vom 24. Oktober 1999. Beobachtungen sind bis zu drei Nächte vor und nach Vollmond möglich. Unter Berücksichtigung von Richtung und Silhouettengrösse der vor der Vollmondscheibe passierenden Vögel sowie der Elevation des Mondes können Flughöhe, Flugrichtung und Zugintensitäten (MTR) berechnet werden (Liechti et al. 1996).

1.3. Wetterdaten und Statistik

Für die Beurteilung der grossräumigen Wetterlage verwendeten wir die Bodenwetterkarten von 00 UTC (= 2 Uhr Lokalzeit) des Deutschen Wetterdienstes. Als Grundlage für die Windrichtung im schweizerischen Mittelland diente die Windmessung von 00 UTC der Wetterstation auf dem Hörnli (1144 m ü.M.; zwischen Tösstal und Toggenburg) (Schweizerische Meteorologische Anstalt). Nächte mit Winden aus 225° bis 315° definierten wir als W-Wind-Nächte. Für das Juliergebiet verwendeten wir Winddaten, die von der Aerologischen Station Payerne am Standort Julier (La Veduta) mit einem Windprofiler aufgenommen wurden. Aus den halbstündlichen Werten berechneten wir für jede Nacht die durchschnittliche Windrichtung (2500–4500 m ü.M.). NW- bis SO-Winde (315° – 134°) bezeichneten wir als Rückenwinde, SO- bis NW-Winde (135° – 314°) als Gegenwinde.

Die Kreisstatistik (Rayleigh-Test, 95%-Konfidenz-Intervall und zirkuläre Korrelation) richtet sich nach Batschelet (1981). Für die Berechnung der mittleren Richtungen (α) und mittleren Richtungsstreuungen (r) wurde jeder Vogel mit der entsprechenden MTR gewichtet. Um das Signifikanzniveau (p) der mittleren Richtung zu ermitteln, führten wir den Rayleigh-Test aufgrund der ursprünglichen Stichprobengrösse (Anzahl Vögel) durch. Um eine Normalverteilung der Residuen zu erzielen, wurden die MTR logarithmiert. Für die Be-

rechnung der linearen Regressionen sowie für die T-Tests verwendeten wir das Computer-Programm Statistica 5.0 (StatSoft 1995).

2. Ergebnisse

2.1. Beobachtungen mit Wärmebild-Kamera

In Bivio konnten in 31 Nächten IR-Beobachtungen durchgeführt werden, 24 davon mit einer Beobachtungseinheit vor und nach Mitternacht. Dies ergab 189 Beobachtungsstunden, in welchen 4155 Vögel registriert wurden. Die mittlere MTR betrug 1416 Vögel pro Kilometer und Stunde (SD = ± 1236 Vögel $\text{km}^{-1} \text{h}^{-1}$) pro Nacht. Die Zugintensitäten vor und

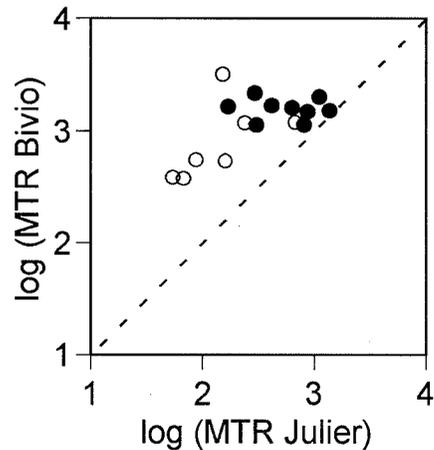


Abb. 3. Vergleich der mittleren Zugintensitäten (\log [MTR]), die in der gleichen Nacht in Bivio und auf dem Julier mit der Wärmebild-Kamera gemessen wurden. Nächte mit W-Wind-Bedingungen im Mittelland sind mit schwarzen Punkten gekennzeichnet, Nächte mit Winden aus anderen Richtungen mit Kreisen. Die Lage der Datenpunkte über der Geraden mit Steigung 1 (gestrichelte Linie) zeigt, dass die Zugintensitäten in Bivio in allen Nächten höher waren. – Comparison of the mean migratory intensities (\log [MTR]) as recorded with a thermal infrared camera at the Bivio and the Julier sites during the same night. Nights with W winds in the lowlands are marked with dots, nights with winds from other directions are marked with open circles. All data lie on one side of the regression line with slope 1 (broken line), which shows that migratory intensities were higher at Bivio for all nights.

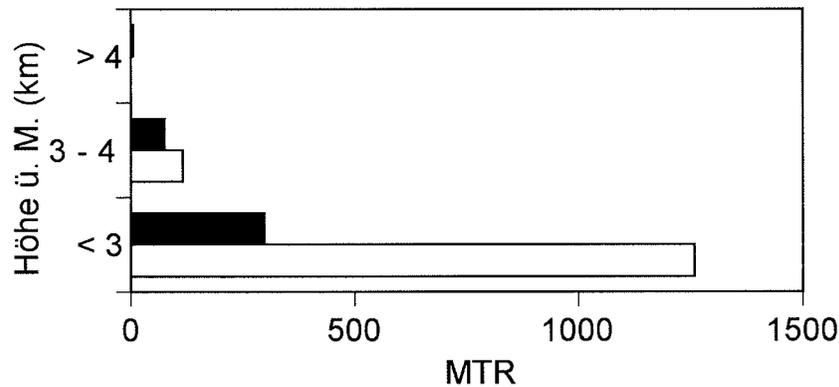


Abb. 4. Zugintensität (MTR) auf verschiedenen Höhenstufen (m ü.M.) der in Bivio (weisse Balken) und auf dem Julier (schwarze Balken) mittels Wärmebild-Kamera beobachteten Vögel. – *Migratory intensity (MTR) at different height intervals (m a.s.l.) for the birds observed by a thermal infrared camera at the Bivio (white bars) and the Julier (black bars) sites.*

nach Mitternacht korrelieren positiv ($n = 24$, $R = 0,522$, $p = 0,009$). Die Intensitäten unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ($t = 1,917$, $df = 23$, $p = 0,068$; T-Test für gepaarte Stichproben), sind aber in der zweiten Nachthälfte tendenziell geringer.

In 16 der Nächte mit Beobachtungen in Bivio konnten auch auf dem Julier Daten erfasst werden. Während insgesamt 41 Stunden wurden hier 268 Vögel registriert, was eine durchschnittliche MTR von 459 Vögel pro Kilometer und Stunde ($SD = \pm 400$ Vögel $km^{-1} h^{-1}$) ergab. Zwischen den Zugintensitäten in Bivio und jenen auf dem Julier stellten wir eine signifikante, positive Korrelation fest (Abb. 3; $n = 16$, $R = 0,612$, $p = 0,011$). Die Zugintensitäten in Bivio waren signifikant höher als auf dem Julier ($t = 6,78$, $df = 15$, $p < 0,001$; T-Test für gepaarte Stichproben).

Während Nächten, in denen im Mittelland W-Winde vorherrschten, waren die Zugintensitäten in Bivio und auf dem Julier höher als bei anderen Windbedingungen (Bivio: $t = 2,145$, $df = 29$, $p = 0,040$; Julier: $t = 2,702$, $df = 14$, $p = 0,017$; T-Test). In Nächten mit lokalen Rückenwinden waren die Zugintensitäten an beiden Standorten signifikant höher als bei Gegenwinden (Bivio: $t = 2,164$, $df = 29$, $p = 0,039$; Julier: $t = 2,580$, $df = 14$, $p = 0,022$;

T-Test). Die Windrichtung im Mittelland und im Juliergebiet korrelieren nicht ($n = 31$; $r = 0,28$; $p = 0,10$; Zirkuläre Korrelation).

90 % des in Bivio registrierten Zuges fand unter 3000 m ü.M. statt (Abb. 4). Die mittlere Zugrichtung der Vögel unter 3000 m entspricht der Talausrichtung des Oberhalbsteins (Abb. 2; $\alpha = 167^\circ$, $r = 0,35$, $n = 3264$, $p < 0,001$; Rayleigh-Test; 95-%-Konfidenz-Intervall = $\pm 16^\circ$). Die Zugrichtungen der wenigen Vögel über 3000 m wiesen im Vergleich dazu eine etwas erhöhte Streuung gegen Süden auf (Abb. 2; $\alpha = 181^\circ$, $r = 0,38$, $n = 891$, $p < 0,001$; Rayleigh-Test; 95-%-Konfidenz-Intervall = $\pm 15^\circ$).

Auf dem Julier wurden 80 % der Vögel unter 3000 m ü.M. beobachtet (Abb. 4). Die Flugrichtungen dieser Vögel liegen mehrheitlich im Sektor zwischen W und S (Abb. 2; $\alpha = 233^\circ$, $r = 0,64$, $n = 163$, $p < 0,001$; Rayleigh-Test; 95-%-Konfidenz-Intervall = $\pm 9^\circ$). Die mittlere Richtung der Vögel über 3000 m ü.M. entspricht ebenfalls der Talausrichtung nach W ($\alpha = 242^\circ$, $r = 0,46$, $n = 105$, $p < 0,001$; Rayleigh-Test; 95-%-Konfidenz-Intervall = $\pm 13^\circ$). Die sich überlappenden Konfidenz-Intervalle deuten darauf hin, dass kein statistischer Unterschied zwischen den Mittelrichtungen der hoch und tief fliegenden Vögel besteht.

2.2. Mond-Beobachtungen

Die Mond-Beobachtungen konnten insgesamt während 17 Stunden an sechs verschiedenen Standorten durchgeführt werden (Abb. 1, Tab. 1). Die Daten von Trun stammen aus drei Nächten, von allen anderen Orten aus zwei Nächten. Durchschnittlich wurden 29 Vögel pro Stunde beobachtet, was einer mittleren MTR von 1538 Vögel pro Kilometer und Stunde entspricht. An allen Standorten lag die Talachse innerhalb des 95%-Konfidenz-Intervalles der mittleren Richtung. Einzig bei Pontresina konnte bei sehr schwachem Zug keine signifikante Richtung ermittelt werden (Tab. 1).

3. Diskussion

Die in Bivio durch IR-Beobachtungen ermittelte Zugintensität (MTR) von rund 1500 Vögeln pro Kilometer und Stunde stimmt gut mit unseren Resultaten der Mond-Beobachtungen überein. Auch Liechti et al. (1996) erwähnen einen ähnlichen Mittelwert für die Bündner Alpen. Aus grossräumigen Beobachtungen lässt sich schliessen, dass etwa 10 bis 20 % der nächtlichen Zugvögel vom schweizerischen Mittelland aus den Weg über die Alpen wählen

(Liechti et al. 1996). Wir konnten bestätigen, dass westliche Winde im Mittelland zu einem erhöhten Einflug von Zugvögeln in den Alpenraum führen (Liechti & Bruderer 1986, Bruderer & Jenni 1988). Gleichzeitig stellten wir höhere Zugintensitäten bei lokalen Rückenwinden fest. Dieser scheinbare Widerspruch lässt sich damit erklären, dass kein Zusammenhang zwischen den Windrichtungen im Mittelland und im Juliergebiet bestand. Die Zugintensität variierte simultan in verschiedenen Alpentälern, wie die Korrelation zwischen den Zugintensitäten in Bivio und auf dem Julier zeigte.

Die IR-Beobachtungen ergaben, dass 90 % der Vögel in Bivio und auf dem Julier unterhalb von 3000 m ü.M. fliegen. Diese Höhenverteilung deckt sich mit Radarbeobachtungen aus dem schweizerischen Mittelland, wo 90 % des Nachtzuges unter 2500 m registriert wurden (Bruderer 1971). Die Flughöhe wird demnach weitgehend beibehalten, indem die Vögel ihren Weg durch die Alpentäler fortsetzen und einen Aufstieg möglichst vermeiden. Es erstaunt deshalb nicht, dass die mittleren Zugrichtungen an allen unseren Mond-Beobachtungsorten der jeweiligen Ausrichtung der Talachse entsprechen. Auch Liechti et al. (1996) beschreiben eine klare Prägung der Flugrichtungen durch Täler und Pässe. Während

Tab. 1. Vergleich der Resultate der Beobachtungen vor der Mondscheibe aus den Vollmondphasen vom September und Oktober 1999 mit der lokalen Topographie. Für jeden Beobachtungsort wurden die mittlere Flugrichtung (α) und das entsprechende 95%-Konfidenz-Intervall (CI) berechnet. Das Signifikanzniveau (p) wurde aufgrund der mittleren Richtungsstreuung (r) und der Anzahl Vögel (n) bestimmt (Rayleigh-Test, Batschelet 1981). Die mittlere Zugintensität (mittlere MTR = Anzahl Vögel pro Kilometer und Stunde) ist der Durchschnitt der Werte, welche für die einzelnen Nächte berechnet wurden. – *Comparison of the results gathered by moonwatching, in the full moon phases of September and October 1999, with the local topography. For each observation site the mean orientation (α) and the corresponding 95% confidence interval (CI) were calculated. The significance level (p) is based on the mean vector length (r) and the number of birds (N) (Rayleigh-test, Batschelet 1981). The mean migratory intensity («mittlere MTR» = number of birds per kilometer and hour) corresponds to the average for single nights.*

Ort	Höhe (m ü.M.)	relevante Talachse	α (\pm CI)	r	n	p	mittlere MTR
Bivio	1769	215°	249° (\pm 37°)	0,30	62	0,004	3514
Domat/Erms	590	250°	216° (\pm 40°)	0,37	32	0,013	1063
Pontresina	1840	140°		0,46	9	n.s.	310
Samedan	1721	210°	226° (\pm 18°)	0,70	29	< 0,001	1356
Trun	995	240°	243° (\pm 6°)	0,79	234	< 0,001	2697
Valbella	1660	190°	205° (\pm 19°)	0,92	10	< 0,001	286



Abb. 5. Bivio, Blick Richtung Julierpass. Der Standort des IR-Geräts befand sich in der Bildecke links unten. Aufnahme R. Aye. – *Bivio, view towards the Julier pass. The infrared device was placed in the lower corner on the left.*

der zugintensivsten Nacht ihrer Mond-Beobachtungen begünstigten südwestliche Winde über 1500 m allgemein tiefen Zug.

Die stets etwa dreifach höhere Zugintensität in Bivio verglichen mit jener auf dem Julier weist darauf hin, dass die Vögel tiefe Täler mit Ausrichtungen bevorzugen, welche näher bei ihrer endogen bestimmten Zugrichtung liegen. Die Zugintensitäten, die wir zu Nachtbeginn und nach Mitternacht in Bivio gemessen haben, unterscheiden sich nicht wesentlich voneinander. Deshalb gehen wir davon aus, dass die geringeren Zugintensitäten auf dem Julier, welche wir zwischen den Beobachtungen in Bivio festgestellt haben, nicht auf einen nachtzeitlichen Effekt zurückzuführen sind.

Die vorliegenden Daten lassen nicht darauf schliessen, dass eine Breitfrontbewegung in mittlerer Kammhöhe (3000–4000 m ü.M.) die vorherrschende Zugform in den Alpen ist. Das Postulat von Sutter (1954, 1955) setzt allerdings eine Hochdruckwetterlage voraus, wel-

che sich während unserer Untersuchung nicht in genügender Ausdehnung einstellte. Deshalb können wir nicht grundsätzlich ausschliessen, dass unter besonders günstigen Bedingungen zahlreiche Vögel aufsteigen und die Alpen in grosser Höhe überqueren. Wie Resultate zum Zugablauf in Israel gezeigt haben, können auch kleine Singvögel durchaus in grosser Zahl in Höhen über 3000 m ziehen (Bruderer et al. 2000).

Zusammenfassend schliessen wir, dass der nächtliche Vogelzug in den Alpen überwiegend unter 3000 m ü.M. stattfindet. Die Zugrichtungen werden dabei sehr stark von der lokalen Topographie geprägt. Vögel, welche in mittlerer Kamm- und Gipfelhöhe zogen, folgten unter den gegebenen Bedingungen ebenfalls den Geländestrukturen. Auch bei günstigen Rückenwinden konnten keine Vögel beobachtet werden, welche die Alpen in südlicher Richtung und grosser Höhe überqueren.

Dank. Unser Dank gilt vorab Raffael Aye, der die IR-Beobachtungen im Rahmen seines Zivildienstes durchführte, und Barbara Holzer für die sorgfältige Auswertung der Videobänder. Dominique Ruffieux (Aerologische Station Payern) stellte uns freundlicherweise die Windprofile zur Verfügung. Herzlichen Dank an Raffael Aye, Kurt German, Jakob Lieberherr, Annamengia Müller-Gredig, Rudolf Müller-Gredig und Oskar Reis für die Durchführung der Mond-Beobachtungen. Wir danken allen, die zur Fertigstellung des Manuskriptes beitrugen: Lukas Jenni, Peter Knaus, Christian Marti, Dieter Peter und ein Reviewer unterstützten uns mit Verbesserungsvorschlägen, Dieter Peter gestaltete Abb. 1, Gabriele Hilke Peter übersetzte das Resumé und Heidi Schlumpf korrigierte die englischen Textteile.

Zusammenfassung, Resumé

Im Herbst 1999 ermittelten wir Richtungen und Intensitäten des nächtlichen Vogelzuges in den Bündner Alpen mittels Mond-Beobachtungen und einer thermischen Infrarot-Kamera. Anhand dieser Daten untersuchen wir die Frage, ob Breitfrontzug in mittlerer Kamm- und Gipfelhöhe (3000–4000 m ü.M.) eine regelmässig auftretende Zugform über den Schweizer Alpen darstellt. Wir stellten fest, dass bei westlichen Winden im Mittelland die Zugintensität in den Alpen zunimmt. Die Zugvögel vermeiden dabei einen Aufstieg weitgehend. Sie ziehen vorzugsweise in südwestlich ausgerichteten Tälern unter 3000 m ü.M. Auch höher fliegende Vögel zeigten Zugrichtungen, welche der lokalen Topographie entsprachen. Wir können jedoch nicht ausschliessen, dass unter einer besonders günstigen Grosswetterlage, welche sich aber während unserer Beobachtungsperiode nicht einstellte, Vögel mit südlichen Richtungen quer über die Alpen ziehen.

La migration nocturne au-dessus des Alpes peut-elle être indépendante de la topographie?

En automne 1999, nous avons déterminé les directions et les intensités des migrations nocturnes au dessus des Alpes grisonnes, au moyen d'observations devant le disque lunaire et d'une caméra à infrarouge thermique. Ces données nous ont permis d'analyser, si à une altitude moyenne des sommets et des crêtes entre 3000 et 4000 m s.m., les migrations sur un front large correspondent à un phénomène régulier au dessus des Alpes suisses. Nous avons constaté que l'intensité des migrations au dessus des Alpes augmente quand des vents d'ouest moyens soufflent sur le Plateau. La majorité des migrateurs évite cependant de prendre de l'altitude. Ils longent de préférence les vallées orientées vers le sud-ouest à une altitude inférieur de 3000 m s.m. Mais également les oiseaux qui volaient à une plus grande alti-

tude s'orientaient à la topographie locale. Nous ne pouvons cependant pas exclure que si les conditions météorologiques globales sont particulièrement favorables, ce qui n'était jamais le cas pendant notre période d'observation, les migrateurs traversent les Alpes en direction sud.

Literatur

- BATSCHLET, E. (1981): Circular Statistics in Biology. Series Mathematics in Biology. Academic Press, London.
- BLOCH, R., B. BRUDERER & P. STEINER (1981): Flugverhalten nächtlich ziehender Vögel – Radardaten über den Zug verschiedener Vogeltypen auf einem Alpenpass. Vogelwarte 31: 119–149.
- BRUDERER, B. (1971): Radarbeobachtungen über den Frühlingszug im schweizerischen Mittelland. (Ein Beitrag zum Problem der Witterungsabhängigkeit des Vogelzuges). Ornithol. Beob. 68: 89–158.
- (1996): Vogelzugforschung im Bereich der Alpen 1980–1995. Ornithol. Beob. 93: 119–130.
- BRUDERER, B. & L. JENNI (1988): Strategies of bird migration in the area of the Alps. Acta XIX Congr. Int. Ornithol., Ottawa 1986: 2150–2161.
- BRUDERER, B. & R. WINKLER (1976): Vogelzug in den Schweizer Alpen. Angew. Ornithol. 5: 32–55.
- BRUDERER, B., F. LIECHTI, M. KESTENHOLZ, D. PETER, R. SPAAR, H. STARK & T. STEURI (2000): Vogelzugstudien mit Zielfolgeradar in Israel. Ornithol. Beob. 97: 21–44.
- LIECHTI, F. & B. BRUDERER (1986): Einfluss der lokalen Topographie auf nächtlich ziehende Vögel nach Radarstudien am Alpenrand. Ornithol. Beob. 83: 35–66.
- LIECHTI, F., B. BRUDERER & H. PAPROTH (1995): Quantification of nocturnal bird migration by moonwatching: comparison with radar and infrared observations. J. Field Ornithol. 66: 457–468.
- LIECHTI, F., D. PETER, R. LARDELLI & B. BRUDERER (1996): Herbstlicher Vogelzug im Alpenraum nach Mond-Beobachtungen – Topographie und Wind beeinflussen den Zugverlauf. Ornithol. Beob. 93: 131–152.
- StatSoft, Inc. (1995): Statistica. Tulsa, Oklahoma.
- SUTTER, E. (1954): Vogelzugbeobachtungen bei Maloja und auf dem Splügenpass im Herbst 1952 und 1953. Ornithol. Beob. 51: 109–132. – (1955): Vogelzug in den Schweizer Alpen. Acta XI Congr. Int. Ornithol., Basel 1954: 172–175.
- ZEHNDER, S., S. ÅKESSON, F. LIECHTI & B. BRUDERER (im Druck): General patterns of nocturnal bird migration at Falsterbo, south Sweden. J. Avian Biol.

*Manuskript eingegangen 9. November 2000
Bereinigte Fassung angenommen 13. Februar 2001*