

## Flugrichtungen und räumliche Verteilung des nächtlichen Vogelzuges über den Ostalpen: Mondbeobachtungen 2005–2007

Martin Rössler und Christoph Schauer



RÖSSLER, M. & C. SCHAUER (2014): Flight directions and spatial distribution of nocturnal bird migration across the Eastern Alps: a moon-watching survey. *Ornithol. Beob.* 111: 173–186.

Using the moon-watching method – with direct observation of bird migration towards the full moon – we managed for the first time to gather large-scale data of nocturnal migration in the area of the Eastern Alps. In spring and autumn 2005–2007 observations were made in Austria, but concentrated on the region east of 13 °E. The results of 178 autumn-nights and 216 spring-nights (with a total of 6888 targets observed) showed a main flow of migrants with mean directions around SSW. To the north of the Alps a stream with westerly directions follows the E–W-direction of the Alpine edge. This stream is expected to increase towards West. Additional slight deviations of the directional distributions along the eastern and southern border of the Alps occur. The hypothesized SE migration for regions east of about 12° E was mainly confined to the East of the territory and prominent only in August. Generally, about 8 % of autumn migration is directed towards SSE in the eastern regions; towards West and South the percentage decreases. Spring migration to the north of the Alps is slightly shifted towards East and weaker than in autumn. Spring migration in the tiny southern region is weak. There is an increased anticlockwise shifting migration in the regions «East South» and «East North».

Martin Rössler, Biologische Station Hohenau-Ringelsdorf, Matznergasse 8/28, A–1140 Wien, E-Mail [m\\_roessler@gmx.at](mailto:m_roessler@gmx.at); Christoph Schauer, Wielandgasse 37, A–3003 Gablitz, E-Mail [schauer@vogelzug.net](mailto:schauer@vogelzug.net)

Das Wissen über den Vogelzug im Alpenraum war bisher weitgehend auf die Schweiz sowie deren südliche und nördliche Nachbarregionen beschränkt (Übersicht: Bruderer 1996; grossräumig koordinierte Mondbeobachtungen: Liechti et al. 1996a, b, Bruderer & Liechti 1999, Trösch et al. 2005). Zum nächtlichen Vogelzug im Ostalpenraum gibt es nur vereinzelte Daten (Liechti et al. 1996a, b); diese erlauben keine umfassende Einschätzung des Zugablaufs (Rössler & Schauer 2005). Radaruntersuchungen fehlten bis vor kurzem in Österreich. Zahlreiche gut dokumentierte Tagzugbeobachtungen förderten die Idee, dass Vogelzug

stark topografiegebunden sei. Demgegenüber zeigten verschiedene Radarstudien, dass nachziehende Vögel oft auch deutliche landschaftliche Merkmale ignorieren (z.B. Lack 1963, Eastwood 1967, Emlen 1975). Im Gegensatz zu diesen Beobachtungen mit Überwachungsradar stellte Bruderer (1981, 1982) vor allem mit Zielfolgeradar topografieabhängige Richtungsunterschiede zwischen verschiedenen Orten am Nordrand der Schweizer Alpen und zwischen verschiedenen Höhenschichten fest. Spätere Mondbeobachtungen zeigten nördlich wie auch südlich der Alpen sowie in Alpentälern bedeutende Anpassungen der Richtungen

an die regionale und lokale Topografie (Liechti et al. 1996a, b, Bruderer & Liechti 1999). In Küstengebieten im westlichen Mittelmeergebiet (Fortin et al. 1999, Nievergelt et al. 1999) ergaben sich Unterschiede zwischen grosser Bereitschaft zum Flug übers Meer in der ersten Nachthälfte und eher küstenparallelem Zug nach Mitternacht. Anhand von Ringfunden ausgewählter Arten erwogen Bruderer & Jenni (1988), dass in Mitteleuropa eine Zugscheide zwischen Südwestziehern und einem gegen Osten zunehmenden Anteil an Südostziehern (vor allem ab etwa 12° östlicher Länge) zu erwarten sei.

Vor diesem Hintergrund ist das Ziel dieser Arbeit, einen ersten Überblick über Flugrichtungen nächtlich ziehender Vögel über Österreich zu gewinnen, Zugdichten über einzelnen Teilräumen der Ostalpen-Region zu schätzen und entsprechende Richtungsverteilungen zu ermitteln. Koordinierte simultane Mondbeobachtungen aus Österreich sollen mit den publizierten Ergebnissen aus der Schweiz verglichen werden. Insbesondere soll überprüft werden, (1) ob die im schweizerischen Mittelland festgestellte starke Verdichtung des Zuges auch weiter östlich auftritt, (2) welche Zugrichtungen im Ostalpenraum vorherrschen und wie gross der Zuganteil ist, der mit generell südwestlichen Richtungen die Alpen überquert, (3) ob es Hinweise auf grossräumige Ausweichbewegungen entsprechend dem Verlauf der Alpen gibt, und (4) ab welcher geografischen Länge Südostzug feststellbar wird und welchen Anteil dieser am Gesamtzug ausmacht.

## 1. Methode

### 1.1. Beobachtungs- und Auswertungsmethode

Die «Moon-Watching-Methode» wurde von Lowery (1951) eingeführt, von Bolshakov (1985) modifiziert und später von Liechti et al. (1995) kalibriert und zu einem in verschiedenen Ländern angewendeten Standardverfahren entwickelt (Liechti et al. 1996b, Liechti 2001). Koordinierte Mondbeobachtungen erlauben einen Überblick über den Vogelzug in grossen Gebieten. Zugbeobachtungen vor der Vollmondscheibe können mit geringem appa-

rativem Aufwand (Fernrohr) auch von Amateuren durchgeführt werden. Die Methode erlaubt daher die simultane Datenerhebung an zahlreichen Beobachtungsorten sowie die Ermittlung der Flugrichtungen und von orientierenden Werten zur Flughöhe. Mit Hilfe eines von der Schweizerischen Vogelwarte zur Verfügung gestellten Algorithmus kann die Zugintensität («Migration Traffic Rate» MTR) ermittelt werden, ausgedrückt als Anzahl von Vögeln, die eine senkrecht zur Zugrichtung verlaufende Strecke von 1 km Länge innerhalb einer Stunde überfliegen (Vögel  $\text{km}^{-1} \text{h}^{-1}$ ).

Die Methode unterliegt folgenden Einschränkungen: (1) Mondelevation und Ausleuchtung der Mondscheibe begrenzen den Beobachtungszeitraum. Wegen der beschränkten Höhenerfassung und der extremen Form der Ellipse als Schnittfläche zwischen Sichtkegel und der Flugebene der Vögel (vgl. Liechti et al. 1996b: Abb. 5) erachten wir Beobachtungen bei Elevationen zwischen 20° und 30° als kritisch und unter 20° als sinnlos. Dementsprechend wurden die Termine nach Mondelevation ausgewählt, was im Mai und August zu sehr geringem zeitlichen Spielraum und einer sehr hohen Abhängigkeit vom Wetterglück führte. Als Untergrenze der Ausleuchtung der Mondscheibe wurden 90 % angesetzt; dies entspricht einem Zeitraum von drei Tagen vor und nach Vollmond. (2) Bei durch Wolken verdecktem Mond und Niederschlag sind keine Beobachtungen möglich. Daher beschränken sich die Aussagen auf Vögel, die günstige Sichtverhältnisse zum Boden und zu den Gestirnen vorfinden. Die Wetterdokumentation (vgl. Abb. 2) basiert auf stündlich auf der Website [www.orf.at](http://www.orf.at) publizierten Daten der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik; diese ermöglichen eine generelle Beurteilung des Witterungseinflusses auf den Zug, nicht aber die Beurteilung des Wetters an einzelnen Standorten. (3) Artbestimmungen sind in der Regel nicht möglich.

Im Februar 2005 versendeten wir an alle Mitglieder von BirdLife Österreich und an verschiedene Sternwarten und Astronomische Vereine Österreichs einen Aufruf zur Mitarbeit. Als Mindestanforderung galt die Bereitschaft, an vereinbarten monatlichen Terminen um Vollmond (März–Mai, August–Oktober) 2 h (in

**Tab. 1.** Beobachtungsstationen in den Teilregionen des Untersuchungsgebietes. Übersicht über die Verteilung der Beobachtungsintensität, dargestellt als Anzahl absolvierter Beobachtungsnächte (Zeitraum in der Regel 22.00–24.00 h). Nächte ohne Sichtung von Vögeln trotz guter Sicht gehen in die Tabelle ein, bewölkte Nächte sind nicht angeführt. – *Number of observation sites in the subunits (regions) of the study area classified according to the number of completed observation units (22.00–24.00 h). Nights with clear view but zero observations are stated, nights of fully overcasted sky are not stated in the table.*

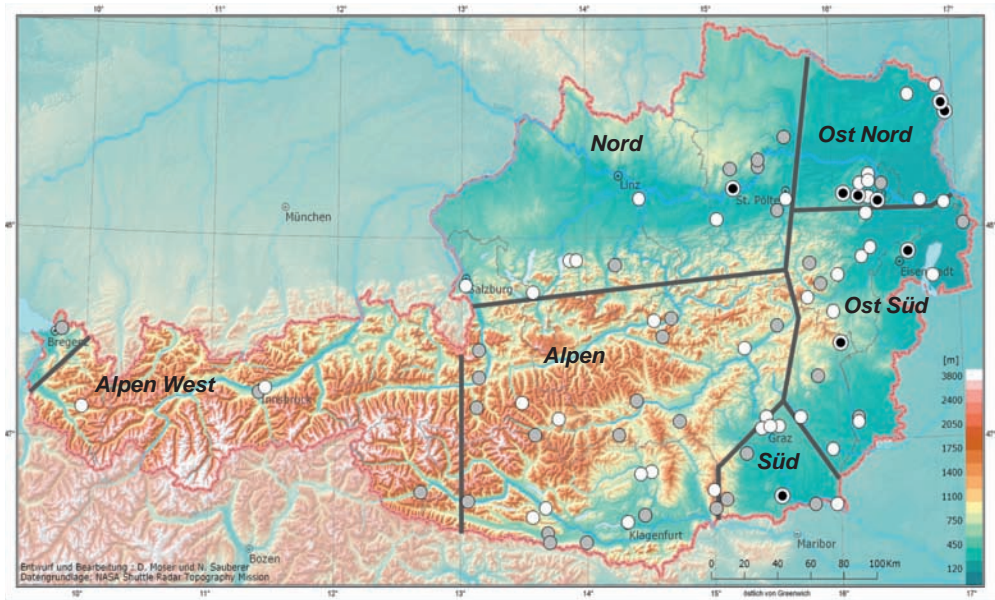
Anzahl Beobachtungsnächte	Anzahl Stationen in der Region						Summe der Stationen
	Ost Nord	Ost Süd	Alpen	Nord	Süd	Alpen West	
1	2	6	18	7	3	1	37
2–10	9	11	12	8	5	2	47
11–20	3	2	0	1	1	0	7
21–30	0	0	0	0	0	0	0
>30	2	0	0	0	0	0	2
Summe der Stationen	16	19	30	16	9	3	93

der Regel 22.00–24.00 h) von zu Hause aus mit dem Fernrohr zu beobachten und im Schlechtwetterfall am folgenden Tag einen Ersatztermin wahrzunehmen. Während der Aufruf an die Astronomischen Vereine keine Resonanz fand, erklärten sich mehr als 100 Vogelkundlerinnen und Vogelkundler zu Mondbeobachtungen bereit. Einige von ihnen beobachteten an mehreren Tagen und auch über längere Zeiträume als die vorgegebenen 2 h, oder sie suchten spezielle Beobachtungsorte auf, zum Teil auch im Gebirge. Allgemeine Informationen, Beobachtungstermine, eine an unsere Erfordernisse angepasste Arbeitsanleitung der Schweizerischen Vogelwarte, verschiedene Downloads wie Beobachtungsformulare wurden über eine Website ([www.vogelzug.net](http://www.vogelzug.net)) verbreitet. Während der Erhebungen wurden aktuelle Nachrichten, z.B. Rückmeldungen von Mitarbeitenden aus dem Erhebungsgebiet, noch im Laufe der jeweiligen Beobachtungsnacht ins Netz gestellt. Zusätzlich zur Website erwiesen sich Rundmails zur Aufrechterhaltung der Motivation der Freiwilligen als wichtig.

Beobachtet wurde in den Monaten März–Mai und August–Oktober der Jahre 2005–2007. Insgesamt waren 127 Personen an 93 Beobachtungsstationen beteiligt. 37 Stationen konnten entweder wegen ihrer witterungsmäßig exponierten Lage, weil sie explorativen Charakter hatten oder aus anderen Gründen nur einmalig Daten liefern. An 54 Stationen wurde zwischen 2- und 20-mal beobachtet, an zwei

Stationen häufiger als 30-mal (Tab. 1). Die Datenstruktur erwies sich als homogen; daher bestand keine Notwendigkeit, einzelne Nächte an einzelnen Stationen als unplausibel einzustufen und zu eliminieren. Einzelereignisse mit MTR von über 500, z.B. niedrig fliegende Enten, wurden eliminiert. Dadurch wurde verhindert, dass lokale Bewegungen das Richtungsbild in gravierender Weise beeinflussen. Es muss im Bewusstsein bleiben, dass die Daten in der Regel aus einem zweistündigen Zeitfenster vor Mitternacht stammen, nicht an aufeinanderfolgenden Tagen erhoben wurden und dass Nächte hoher Zugintensität mit höherem Gewicht in die Analyse eingehen als Nächte geringer Zugaktivität, ohne dass mit Gewissheit davon ausgegangen werden kann, dass Nächte stärkster (beobachteter) Aktivität richtungstypisch sind.

Bei der Darstellung der Ergebnisse geht es uns um einen möglichst robusten Überblick über das Zuggeschehen im bearbeiteten Gebiet. Ergebnisse einzelner Nächte können zu vielfältigen bzw. vorschnell daraus abgeleiteten Hypothesen führen und sind nicht Ziel dieser Arbeit. Dennoch wird in Kap. 2.1 ein einzelner Termin exemplarisch dargestellt, um ein schönes und innerhalb der Studie gewichtiges Einzelergebnis zu zeigen, anhand dessen auch der Zusammenhang zwischen Zugbedingungen und Ergebnis verdeutlicht werden kann. Die Kap. 2.2 und 2.3 beruhen auf einer Zusammenfassung aller Nächte des Herbstes bzw. Frühlings.



**Abb. 1.** Untersuchungsgebiet, Regionen, Beobachtungsstationen. Beobachtungsintensität: graue Kreise = 1 Nacht, weiße Kreise = 2–10 Nächte, Kreise mit schwarzem Punkt = >10 Nächte (vgl. Tab. 1). – *Study area, classification of subunits (regions), and observation sites. Observation intensity: grey coloured circles = 1 night, white circles = 2–10 nights, circles with black dot = >10 nights (see table 1).*

## 1.2. Untersuchungsgebiet und Teilregionen

Das Untersuchungsgebiet schliesst ganz Österreich ein. Der Fokus liegt jedoch auf dem Bundesgebiet östlich des 13. Längengrades (Salzburg–Gasteiner Tal–Thörl–Maglern), da in diesem Teil Österreichs ausreichend Vorlandbereiche der Alpen vorhanden sind, um das Verhalten der Vögel am Rand der Alpen beobachten und interpretieren zu können. Eine Beobachtungslücke stellt die Böhmisches Masse (Wald- und Mühlviertel) dar, für die leider keine freiwilligen Beobachter zur Verfügung standen. Auch für den hochalpinen Bereich westlich der Hohen Tauern war es nicht möglich, ausreichend freiwillige Beobachter zu finden. Für diesen Bereich ist ein eigenes Projekt in Erwägung zu ziehen, das den besonders schwierigen Beobachtungsbedingungen Rechnung trägt.

Die Festlegung der Teilregionen (Abb. 1) wurde nach topografischen Gesichtspunkten,

aber relativ willkürlich getroffen, um je einen Raum nördlich, östlich und südlich der Alpen von den Alpen selbst abzugrenzen. Die Regionen (*Nord*, *Ost Nord*, *Ost Süd*, *Süd*, *Alpen* und *Alpen West*) werden im folgenden Text durch Kursivschrift kenntlich gemacht. Die Begrenzung der Region *Nord* zu den Alpen hin orientiert sich an der Linie Untersberg (südlich Salzburg)–Niederösterreichische Voralpen. Der Raum östlich der Alpen wird in die Regionen *Ost Nord* und *Ost Süd* unterteilt. *Ost Nord* ist charakterisiert durch das Alpen-Karpaten-Fenster, reicht im Süden bis zur Donau, schliesst das Wiener Stadtgebiet ein und wird im Westen von Manhartsberg und der Verlängerung dieser Linie nach Süden hin begrenzt. Die Region *Ost Süd* ist charakterisiert durch den Alpenostrand. Sie umfasst den österreichischen Anteil an der Pannonischen Tiefebene südlich der Donau, das Wiener Becken, das mittlere und das südliche Burgenland und oststeirische Hügelland und schliesst Rax

**Tab. 2.** Übersicht über das Datenmaterial für den Herbstzug, August bis Oktober 2005–2007. – *Autumn 2005–2007. Number of individual observations, number of contributing observation sites, and total of observation units per full moon period.*

Vollmond- periode	Datum	Anzahl Einzel- beobachtungen	Anzahl beteilig- ter Stationen	Summe der Beobachtungsnächte
August 2005	19. August	440	23	23
September 2005	18. September	487	9	9
Oktober 2005	15.–18. Oktober	783	34	48
August 2006	10.–11. August	84	5	5
September 2006	7.–9. September	568	26	31
Oktober 2006	6. und 8. Oktober	1460	32	37
August 2007	28. und 30. Juli	43	5	5
September 2007	27.–28. September	82	10	13
Oktober 2007	25.–26. Oktober	120	7	7
Summe Herbst		4067		178

(2007 m), Schneeberg (2076 m) und Wechsel (1743 m) ein. Die Region *Süd* umfasst jenes relativ kleine Gebiet zwischen den Orten Bad Radkersburg, Graz und Eibiswald, das innerhalb Österreichs tatsächlich südlich der Alpen liegt. Der Alpenraum ist unterteilt in die Region *Alpen* und die weniger gut erfasste Region *Alpen West*. Die Region *Alpen* umfasst die Nördlichen Kalkalpen östlich des Hochkönigs, das steirische Randgebirge, die Niedere Tauern und östliche Teile der Hohen Tauern und schliesst die markante Mur-Mürz-Furche und das Ennstal in der Steiermark sowie Gail- und Drautal

in Kärnten ein. Die höchsten Gipfel erreichen 2995 m (Dachstein) und 3360 m (Hochalmspitze), die dominierenden Gebirgskämme liegen zwischen 2000 m (nördliche Kalkalpen) und 2400 m (Hohe Tauern Ost). *Alpen West* umfasst die Nördlichen Kalkalpen westlich des Hochkönigs (2941 m) und die Zentralalpen westlich des Sonnblicks (3105 m) und schliesst die markanten Längstäler Inntal und Pongau bis zum Gasteiner Tal ein. Die dominanten Kämme liegen zwischen 2600 m (Hohe Tauern West) und 3000 m (Ötztaler Alpen), die höchsten Gipfel über 3700 m.

**Tab. 3.** Übersicht über das Datenmaterial für den Frühlingszug, März bis Mai 2005–2007. – *Spring 2005–2007. Number of individual observations, number of contributing observation sites, and total of observation units per full moon period.*

Vollmond- periode	Datum	Anzahl Einzel- beobachtungen	Anzahl beteilig- ter Stationen	Summe der Beobachtungsnächte
März 2005	22.–24. März	1290	33	39
April 2005	21.–23. April	313	29	38
Mai 2005	21.–22. Mai	261	24	28
März 2006	11.–12. März	74	16	16
April 2006	10. und 12. April	78	11	12
Mai 2006	10.–11. Mai	169	24	29
März 2007	1.–4. März	136	16	19
April 2007	30. März–2. April	403	21	21
Mai 2007	29. April–1. Mai	97	12	14
Summe		2821		216



## 2. Ergebnisse

In 394 Beobachtungsnächten (Herbst: 178, Frühling: 216) wurden 6888 Individuen (Herbst: 4067, Frühling: 2821) registriert und ausgewertet. Im Herbst lieferten die Termine Oktober 2005 und Oktober 2006 55 % der Beobachtungen. In der Summe aller Jahre gehen die Monate August (567 Beobachtungen), September (1137 Beobachtungen) und Oktober (2363 Beobachtungen) im Verhältnis 1:2:4 in die Ergebnisse ein. Im Frühling lieferte der März 2005 46 % der Beobachtungen. Insgesamt entfallen 53 % (1500 Beobachtungen) auf den März, 28 % (794 Beobachtungen) auf den April und 19 % (527 Beobachtungen) auf den Mai (Tab. 2, 3).

### 2.1. Einzelergebnis Oktober 2006

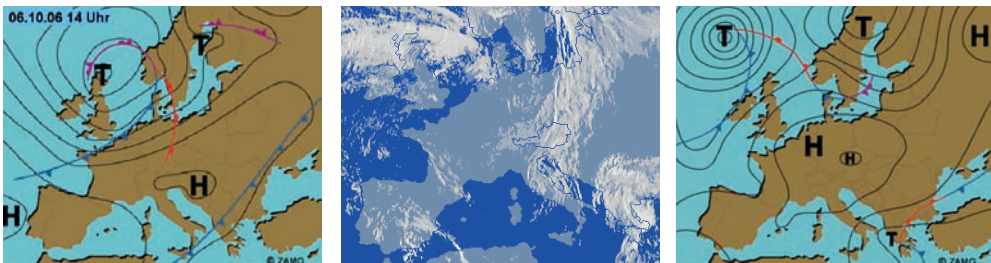
Exemplarisch für ein Einzelergebnis werden hier die Witterungsverhältnisse, die errechnete Zugintensität und die Verteilung der beobachteten Richtungen in der Vollmondperiode vom 6. bis 8. Oktober 2006 dargestellt (Abb. 2). Am 6. Oktober stellte sich nach Abzug einer Kaltfront ein Zwischenhoch mit westlicher Höhenströmung ein, wobei in den für Mondbeobachtungen optimalen Höhen (bis 1500 m über Boden = ü.B.) nur schwache (vernachlässigbare) Winde herrschten. Es gab gute Sicht an allen 29 beteiligten Stationen, die Mondelevation betrug zwischen 35° um 22.00 h und 45° um 0.00 h. Am 7. Oktober passierte eine Regenfrent das

Gebiet und liess keine Beobachtungen zu. Am 8. Oktober herrschte wieder Hochdruck, es war praktisch windstill, die Mondelevation betrug 31–48°.

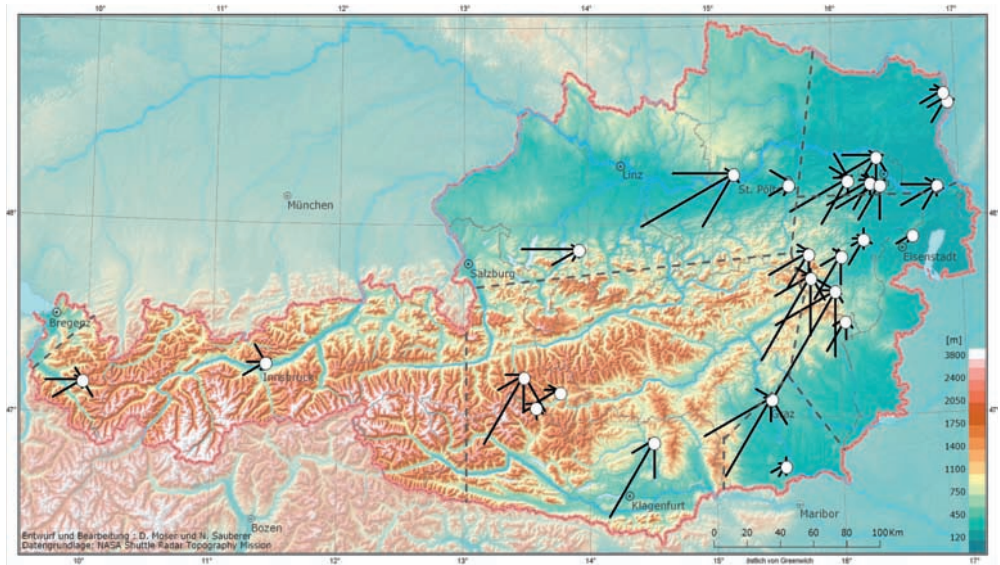
Die in Abb. 3 dargestellten Ergebnisse sind nach MTR-Anteil gewichtete Richtungsverteilungen summiert in 30°-Klassen für 25 ausgewählte Stationen in sechs Regionen (vgl. Abb. 1). Die Strichlängen sind untereinander vergleichbare massstabsgetreue Abbildungen der MTR. In allen Regionen herrschte überdurchschnittlich starker Zug. Nördlich der Alpen betrug die durchschnittliche MTR 1815 Vögel  $\text{km}^{-1} \text{h}^{-1}$ , in den Regionen östlich der Alpen lagen die Werte noch etwas höher (MTR 1880, 2075), in der Region *Alpen* bei MTR 1684 und in der Region *Süd* bei MTR 2238 Vögel  $\text{km}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Es zeigen sich südsüdwestliche mittlere Richtungen in den Regionen *Ost Süd*, *Süd* und *Alpen*, eine südwestliche mittlere Richtung in der Region *Ost Nord* und eine westsüdwestliche mittlere Richtung in der Region *Nord*.

### 2.2. Zugintensität und generelle Richtungen im Herbst

In der Gesamtsicht der Erhebungsjahre herrscht stärkster herbstlicher Durchzug im Flachland im Nordosten und Norden Österreichs. Die mittleren Zugdichten des Herbstzuges liegen in den Regionen *Ost Süd* und *Alpen* bei 1080 bzw. 1084 Individuen  $\text{km}^{-1} \text{h}^{-1}$ . Die Region *Ost Nord* (MTR 1382) übersteigt diesen Wert



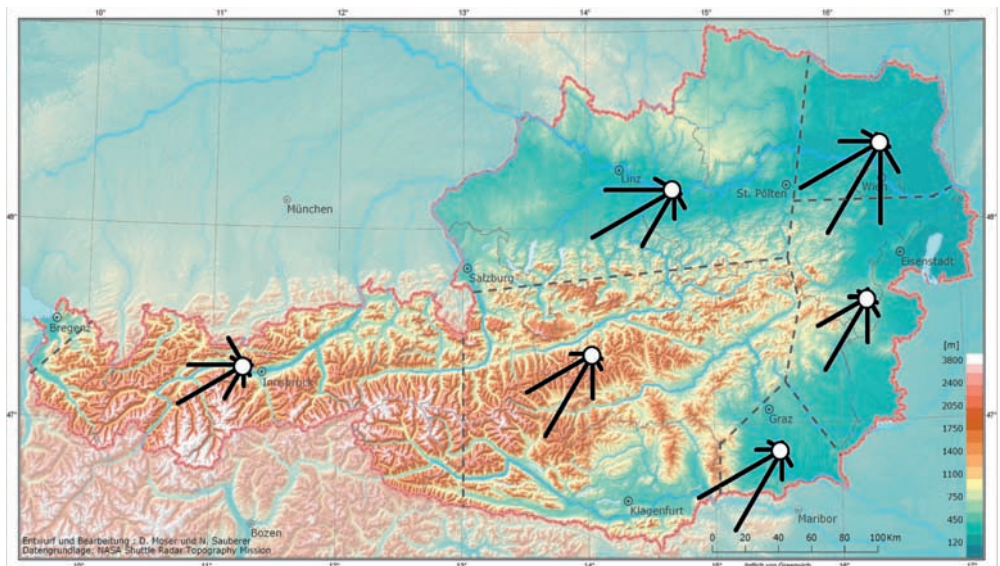
**Abb. 2.** Links: Hoch mit westlicher Höhenströmung am 6. Oktober 2006 (Luftdruckkarte). Mitte: Durchgang einer Kaltfront aus West mit Niederschlägen am 7. Oktober 2006; keine Beobachtungen möglich (Satellitenbild). Rechts: Stabiles Hoch mit wenig Wind und bester Sicht am 8. Oktober 2006; starker Zug (Luftdruckkarte). – Left: High with westerlies in the upper air on 6 October 2006. Middle: Passage of cold front on 7 October 2006. Right: Stable high with weak winds on 8 October 2006, heavy migration.



**Abb. 3.** Flugrichtungen gewichtet nach MTR-Anteil in 30°-Kategorien am 6. und 8. Oktober 2006. – *Directions of flight on 6 and 8 October 2006 weighted by relative portion of MTR graded into categories of 30°.*

um rund 28 %, die Region Nord um rund 12 % (MTR 1212; Tab. 4). Abb. 4 zeigt die MTR-

gewichteten Richtungsverteilungen im Herbst. Die mittleren Richtungen liegen zwischen



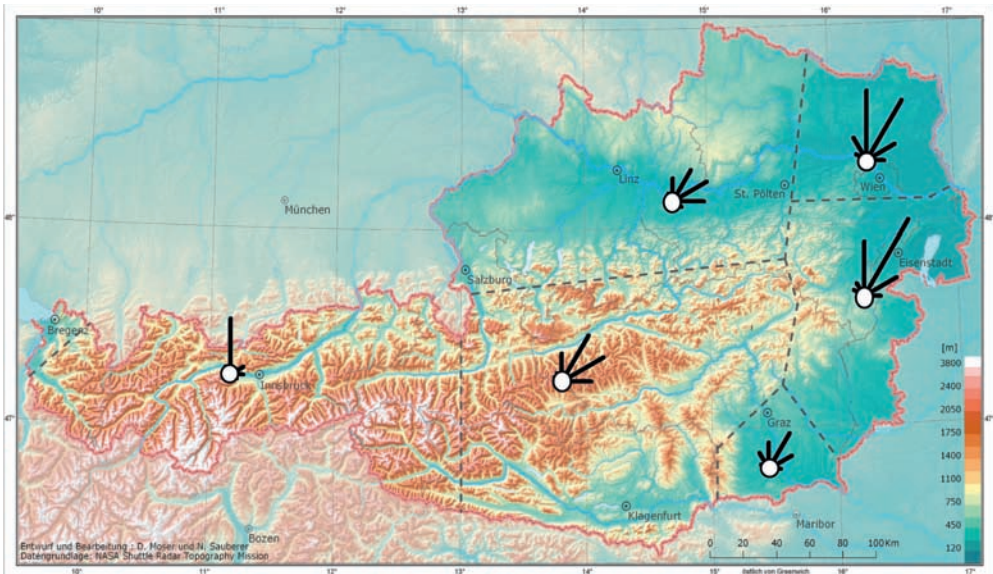
**Abb. 4.** Verteilung der Herbstzugrichtungen nach Regionen, Herbst 2005–2007. – *Distribution of directions during autumn migration 2005–2007.*

**Tab. 4.** Zusammenfassung der Ergebnisse 2005–2007. MTR (Ind.  $\text{km}^{-1} \text{h}^{-1}$ ), mittlere Richtungen und Konfidenzintervalle ( $\alpha = 0,01$ ); Länge des mittleren Richtungsvektors  $r$  als Konzentrationsmass,  $s$  Deg als mittlere Streuung (Batschelet 1981), und Anzahl der Beobachtungen aller Standorte ( $n$ ). \* = einschliesslich Beobachtungen vom 18. September 2005, an dem wegen Bewölkung Beobachtungen nur in der Region *Ost Nord* möglich waren. Kursiv: Konfidenzintervall  $\alpha = 0,05$ . – *Summary of the results classified according to subunits (regions) in autumn and spring 2005–2007. MTR (ind.  $\text{km}^{-1} \text{h}^{-1}$ ), mean directions and confidence intervals ( $\alpha = 0,01$ ), mean vector length  $r$  (concentration measure), mean standard deviation, and number of individual observations. \* = including observations on 18 September 2005, when only region East North had clear sky.*

	Herbst					Frühling				
	MTR	Mittlere Richtung (°)	$r$	$s$ Deg	$n$	MTR	Mittlere Richtung (°)	$r$	$s$ Deg	$n$
Nord	1212	235,3 ± 8	0,71	43,6	596	670	48,0 ± 11	0,58	52,5	277
Ost Nord	*1593				*1778					
	1382	214,5 ± 6	0,68	45,8	1386	955	19,7 ± 7	0,68	45,6	1336
Ost Süd	1084	211,6 ± 8	0,65	48,2	612	953	26,5 ± 6	0,73	42,1	564
Alpen	1080	215,1 ± 5	0,74	40,9	676	722	41,9 ± 8	0,72	43,1	416
Süd	1131	223,2 ± 9	0,73	42,1	211	547	25,4 ± 12	0,66	47,6	176
Alpen West	1024				120	434				27
Summe					*3993					2796
					3601					

211,6° in der Region *Ost Süd* und 235,3° in der Region *Nord* (Tab. 4). Nach der Kreisstatistik von Batschelet (1981) unterscheidet sich die

mittlere Richtung der Region *Nord* signifikant von den mittleren Richtungen der Regionen *Ost Nord*, *Ost Süd* und *Alpen* (Abb. 6).



**Abb. 5.** Verteilung der Frühlingszugrichtungen nach Regionen, Frühling 2005–2007. – *Distribution of directions during spring migration 2005–2007.*



### 2.3. Zugintensität in südöstlicher Richtung im Herbst

Besondere Aufmerksamkeit verdient der Anteil der SE-Zieher. Der Anteil von Vögeln in der 150°-Klasse (135–165°, annähernd SSE) liegt in der Region *Ost Nord* bei 8,5 %, in der Region *Ost Süd* bei 7,7 % und nimmt nach Westen und nach Süden hin ab (Tab. 5). Die erwarteten Südost-Richtungen treten auf dem Herbstzug vor allem östlich des 16. Längengrades (etwa 20 km westlich von Wien) und vor allem zur Zeit des Langstreckenzieher-Durchzuges (August, September) auf, bei dem die Anteile in Einzelfällen bis 40 % betragen können.

### 2.4. Bimodale Richtungsverteilung nördlich der Alpen im Herbst

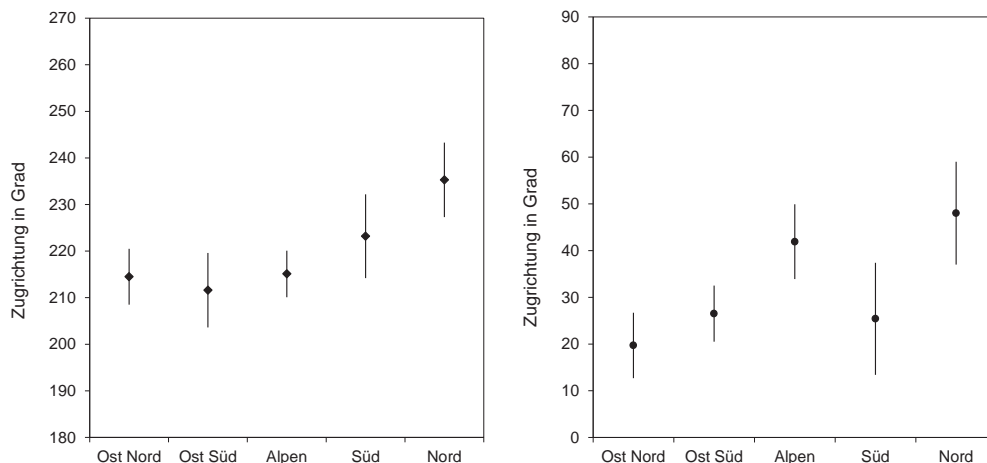
Die Konfidenzintervalle ( $\alpha = 0,01$ ) der mittleren Richtungen der Region *Nord* überlappen im Herbst nicht mit jenen der mittleren Richtungen der Regionen *Ost Nord*, *Ost Süd* und *Alpen* (Tab. 4, Abb. 6).

Das nördliche Alpenvorland zeigt eine in der Gesamtheit stark nach Westen orientierte Flugrichtungsverteilung. Die in 10°-Klassen

**Tab. 5.** MTR und Anteil von SE-Richtungen im Sektor 150° (Flugrichtungen 135–165°) auf dem Herbstzug. – *MTR and percentage of SE directed flight directions in the section 150° (directions from 135–165°) during autumn migration.*

Region	MTR Sektor 150°	%
Ost Nord	134,9	8,5
Ost Süd	80,3	7,7
Nord	76,2	6,4
Alpen	66,6	6,2
Süd	67,2	5,9

aufgeteilten Richtungen (Abb. 7) zeigen in den Regionen *Nord*, *Ost Süd* und *Alpen* eine Konzentration im Bereich um 220°. Allerdings sind die Verteilungen nördlich der Alpen und über den Alpen bimodal. In der Region *Nord* ist die Kurve im Vergleich zu Ost Süd und Alpen im Uhrzeigersinn um ca. 30° verschoben, rechtschief und zweigipfelig. Der Modus bei 220° ist schwächer ausgeprägt als jener bei 250°. In der Region *Alpen* tritt neben den Richtungen um 220° ein schwacher zusätzlicher Modus bei 250° auf.



**Abb. 6.** Mittlere Richtungen und Konfidenzintervalle ( $\alpha = 0,01$ ) in den einzelnen Regionen im Herbst (links) und im Frühling (rechts) 2005–2007. – *Mean directions and confidence intervals ( $\alpha = 0,01$ ) in individual regions during autumn (left) and spring (right) 2005–2007.*

**Tab. 6.** Vergleich der mittleren Richtungen im Herbst und Frühling und die Differenz zwischen der Frühlings- und der gespiegelten Herbststrichung. \* = keine Überlappung der Konfidenzintervalle. – *Comparison of mean directions of autumn and spring migration and difference between spring and mirrored autumn mean direction.* \* = no overlapping of confidence intervals.

	Mittlere Richtung Herbst (°)	Mittlere Richtung Frühling (°)	Frühling + 180° – Herbst (°)
Nord	235,3 + 8	48,0 + 11	-7,30
Ost Nord	214,5 + 6	19,7 + 7	-14,83*
Ost Süd	211,6 + 8	26,5 + 6	-5,07
Alpen	215,1 + 5	41,9 + 8	6,74
Süd	223,2 + 9	25,4 + 12	-17,79

## 2.5. Zugintensität und generelle Richtungen im Frühling

Die mittleren Zugdichten der Regionen östlich der Alpen liegen im Frühling bei knapp 1000 Vögeln  $\text{km}^{-1} \text{h}^{-1}$  (*Ost Nord*: MTR 955, *Ost Süd*: MTR 953). Die Regionen *Alpen* (MTR 722) und das nördliche Vorland (*Nord*: MTR 670) sind um 25–30 % schwächer befliegen als die Regionen im Osten (Tab. 4).

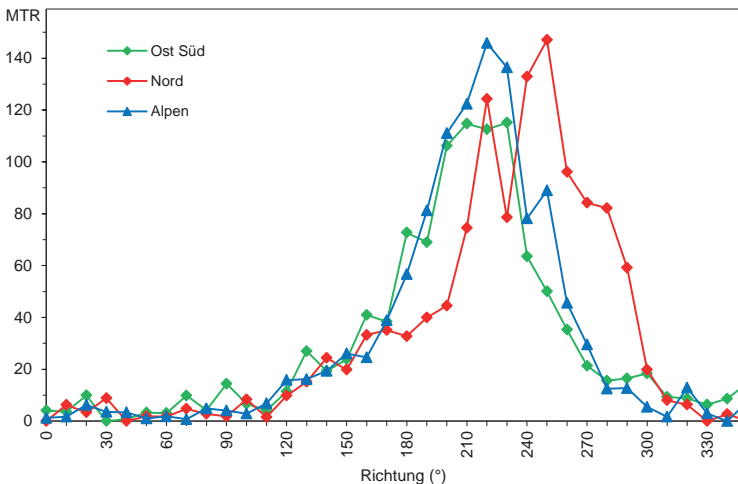
Die mittleren Richtungen des Frühlingszuges (Tab. 4, Abb. 5) liegen in den einzelnen Regionen zwischen 19,7° (*Ost Nord*) und 48,0°

(*Nord*). Jene der Regionen *Alpen* und *Nord* sind signifikant stärker gegen Osten ausgerichtet als diejenigen der Regionen *Ost Nord* und *Ost Süd* ( $\alpha = 0,01$ ). Je weiter man nach Norden kommt, desto mehr tendieren die Richtungen in den Regionen *Süd*, *Ost Süd* und *Ost Nord* gegen Norden, zudem treten in diesen drei Regionen Richtungen mit Nordwestanteilen auf.

## 2.6. Vergleich zwischen Herbst- und Frühlingszug

Im Vergleich zum Herbst sind die Frühlingszugdichten generell etwa um ein Drittel niedriger. Das MTR-Verhältnis von Herbst- zu Frühlingszug beträgt in den Regionen *Alpen* und *Ost Nord* etwa 3:2. In der Region *Nord* ist der Herbstzug doppelt so stark wie der Frühlingszug, in der Region *Ost Süd* ist der Zug im Herbst nur wenig stärker als im Frühling.

Die mittleren Zugrichtungen im Frühling entsprechen nicht der Spiegelung der Herbststrichungen (Herbststrichung minus 180°; Abb. 6, Tab. 6). Die Alpen-Richtungen (41,9°) sind östlicher (im Uhrzeigersinn) als erwartet, alle anderen sind nördlicher (gegen den Uhrzeigersinn) als der Spiegelung entsprechen würde (14,8–17,8° für die Regionen *Ost Nord* bzw. *Süd*). In der Region *Ost Nord* überlappen die Konfidenzintervalle der mittleren (gespiegelten) Richtungen von Herbst und Frühling nicht.



**Abb. 7.** Zugintensität (MTR) in den Regionen *Ost Süd*, *Nord* und *Alpen* in 10°-Klassen ( $n = 1884$ ). – *Migration intensity (MTR) in the regions East South, North, and Alps graded into categories of 10° ( $n = 1884$ ).*

### 3. Diskussion

Hohe Herbstzugkonzentrationen am Schweizer Alpennordrand und relativ niedrige Zugintensitäten über den Zentralalpen und südlich davon weckten die Frage, ob im Ostalpenraum ähnliches zu beobachten sei. Vorstellbar war, dass im Nordosten der Ostalpen auseinanderdriftende Zugströme nördlich und östlich an den Alpen vorbeifliegen könnten oder dass von München ostwärts eine zunehmende Aufteilung in Südwest- und Südost-Kohorten erfolgen würde (Bruderer & Jenni 1988). In beiden Fällen müsste sich dies in regional unterschiedlichen Zugrichtungen zeigen; insbesondere im ersten Fall sollte zudem die Zugintensität im Alpenraum deutlich unter jener der Alpenvorländer liegen.

#### 3.1. Zugintensität

Tatsächlich aber liegen die beobachteten mittleren Zugintensitäten in den untersuchten Regionen im Bereich der in Süddeutschland und in den Schweizer Nordalpen und im Jura festgestellten Werte (Tab. 7). Die in der Region *Alpen* gemessenen mittleren MTR sind nur wenig niedriger als in den anderen Regionen um die Ostalpen. Dies steht im klaren Gegensatz zu den sehr hohen Zugintensitäten am Nordrand der Schweizer Alpen im Vergleich zu eher reduziertem Zug über den Schweizer Alpen und südlich davon. Es ist eventuell zu beachten, dass die gemessenen MTR im Alpenraum durch Verdichtung des Zuges über Tälern und Pässen überhöht sein können (Bruderer 1996, Liechti et al. 1996b). Wir haben versucht, diesen Faktor durch bewusste Auswahl von Beobachtungspunkten auf Kamm- und Gipfellagen auszuschalten.

Die mittleren Zugintensitäten in der Region *Ost Nord* (Herbst 1382, Frühling 950) stimmen überein mit den von Zehindjiev & Liechti (2003) für Bulgarien angegebenen durchschnittlichen Zugintensitäten (Herbst 1400, Frühling 950). Auch das Verhältnis der mittleren Zugintensität zwischen Herbst und Frühling beträgt in Österreich und Bulgarien jeweils etwa 3:2. All dies deutet auf grossräumigen Breitfrontzug.

**Tab. 7.** Mittlere Zugintensität im Herbst, Mittelwert aller Beobachtungsnächte; Quelle (wo nichts anderes angegeben): Liechti et al. (1996a); Abb. 2, S. 342. – *Mean migration intensity of autumn migration in areas North of the Alps, on the Northern Alpine Edge, and in the Inner Alps; source unless stated otherwise: Liechti et al. (1996a); Fig. 2, p. 342.*

Region	MTR	Quelle
<i>Nördlich den Alpen vorgelagerte Regionen</i>		
Stuttgart	1000	
Göttingen	1100	
Jura	1100	
<i>Nördlicher Alpenrand</i>		
Österreich/Nord	1200	eigene Daten
Bayrische Alpen	1900	
Schweiz: Mittelland	2500	
Schweiz: Nordalpenrand	2500	
<i>Inneralpin</i>		
Österreich/Alpen	1080	eigene Daten
Schweiz: Nordalpen	1000	
Engadin	1100	

#### 3.2. Richtungen

Nach Ringfunden (Zink 1973–1985) dominieren über Mitteleuropa im Herbst SW-Richtungen. Weitstreckenzieher fliegen im Spätsommer tendenziell südlich von SW, Kurzstreckenzieher (September bis November) eher westlich von SW (Bruderer & Jenni 1990). Mit Radar wurde über Süddeutschland für ungestörten Breitfrontzug eine mittlere Richtung von 230° und unter Einbeziehung von Nächten mit westlichen Winden (Drift) eine mittlere Richtung von 220° gemessen. Die mittlere durch Mondbeobachtungen festgestellte Richtung über Süddeutschland beträgt 210° (Liechti et al. 1996a).

Die von uns ermittelten Richtungen liegen für die Regionen *Ost Nord*, *Ost Süd* und *Alpen* zwischen 211° und 215°. Somit zeigt sich, trotz topografisch anderen Verhältnissen, eine generelle Übereinstimmung der mittleren Herbstrichtungen zwischen unseren Daten und jenen für Süddeutschland. Die bimodale Verteilung der Richtungen in der Region *Nord* unterscheidet sich mit einem Anteil deutlich gegen Westen gedrehter Richtungen stark von diesem Bild. Im Frühling weichen die Richtungen in

allen Regionen (ausser in den *Alpen*) leicht nordwärts (gegen den Uhrzeigersinn) von den gespiegelten mittleren Herbststrichtungen ab. In der Region *Ost Nord* ist die Frühlingsrichtung gegenüber der gespiegelten Herbststrichtung signifikant gegen Norden gedreht (Tab. 6).

### 3.3. Grossräumige Ablenkung des Herbstzuges am Alpenrand

In der Schweiz wurde eine erhebliche Konzentration des herbstlichen Vogelzuges am Nordrand der Alpen festgestellt. Zusätzlich zeigten sich kleinräumige Richtungsabweichungen und Konzentrationen in Alpentälern, am Jura sowie (nördlich der Schweiz) zwischen Vogesen und Schwarzwald (Liechti et al. 1996a, b). Das Verhältnis der Zugintensitäten zwischen (a) Süddeutschland/Nordschweiz, (b) Alpennordrand, (c) inneralpinen Tälern und (d) Gebieten südlich der Alpen betrug 3:5:2:1 (Bruderer 1996).

Im Bereich der Ostalpen waren die regionalen Unterschiede der Zugintensitäten wesentlich geringer. Die bimodale Verteilung der Flugrichtungen in der Region *Nord* zeigt, dass sich ein Teil des Zuges in alpenparalleler Richtung nach Westen bewegt und lässt den Schluss zu, dass bereits in den Ostalpen ein Teil des SW-Zuges alpenparallel abgelenkt wird.

Unsere Daten ergänzen die bisher aus dem Alpen- und Voralpengebiet bekannten MTR (Liechti et al. 1996a); die in unserer Studie ermittelten MTR fügen sich gut ins Bild ein (Tab. 7). Abgesehen von Konzentrationen in grossen Tälern (z.B. Oberrheinische Tiefebene oder Alpenrhein gemäss Liechti et al. 1996a) ergibt sich aus Tab. 7, dass die in der Region *Nord* (zwischen St. Pölten und Salzburg) gemessene mittlere MTR von 1200 bis ins Schweizerische Mittelland (über gut 300 km) auf etwas mehr als das Doppelte anwächst, während die mittleren Zugfrequenzen über den Schweizer Alpen im Mittel jenen über den Ostalpen entsprechen, auch wenn in den schweizerischen Untersuchungen grosse Schwankungen aufgrund der lokalen oder regionalen Topografie beobachtet wurden.

Die hohen MTR im schweizerischen Mittelland und am nördlichen Alpenrand sind im Lichte der österreichischen Zahlen als überre-

gionale, von Ost nach West zunehmende topografisch beeinflusste Erscheinung zu erklären.

### 3.4. Südost-Kohorten

Bruderer & Jenni (1988) erwarteten aufgrund von Fernrichtungen (ausgehend vom Ringfundatlas von Zink 1973–1985) östlich von München eine zunehmende Bedeutung von SE-Kohorten. Radarbeobachtungen bei Augsburg (11 °E) und Regensburg (12 °E) zeigten aber SE-Richtungen nur bei Westwind (Bruderer & Jenni 1990). Wurden jedoch mit Hilfe von Windmessungen auf den Flughöhen der Vögel deren Eigenrichtungen berechnet, ergab sich nur im August bei Augsburg ein geringer SE-Anteil, während im September bei Regensburg kaum echte SE-Zieher festzustellen waren. Ringfunde von im March-Thaya-Raum (Region *Ost Nord*) beringten Vögeln (z.B. Mönchsgrasmücke *Sylvia atricapilla*: Rhodos, Zypern, Libanon, und Sumpfrohrsänger *Acrocephalus palustris*: Kenia, Saudi-Arabien; Zuna-Kratky et al. 2000) belegen SE-Richtungen. SE-Kohorten scheinen nach unseren Befunden aber erst ab dem 16. Breitengrad relevant zu werden. Das Ergebnis passt gut zu Befunden aus Bulgarien, wo die Mehrheit der Vögel südwärts fliegt und nur 16,4 % der Vögel zwischen 135° und 165° beobachtet wurden (P. Zehindjiev, pers. Mitt.).

### 3.5. Folgerungen

Zu den in der Einleitung gestellten Fragen halten wir fest, (1) dass die am Nordrand der Schweizer Alpen beobachtete Verdichtung des Herbstzuges am Nordrand der Ostalpen nicht vorkommt, (2) dass in den Ostalpen neben generell vorhandenem SSW- bis SW-Zug eine deutliche Anpassung der Zugrichtungen an den Nordrand der Alpen und leichte Richtungsanpassungen im Osten, Südosten und Süden der Alpen vorkommen, (3) dass die in den Alpen nur unwesentlich reduzierten Zugintensitäten nicht auf grossräumige Ausweichbewegungen schliessen lassen, und (4) dass der SE-Zug von West nach Ost zunimmt und östlich von 16 °E im Herbstdurchschnitt über 7 % ausmachen kann; zur Zugzeit der Langstreckenzieher kann



der Anteil der SE-Zieher auch 40 % des Zuges betragen.

**Dank.** Unser Dank geht an die über 100 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen des «Netzwerkes Nächtlicher Vogelzug Ostalpen», die drei Jahre hindurch um gute Sicht gebangt und die wertvollen Daten für diese Übersicht geliefert haben, an Christian Marti für wertvolle Anregungen nach kritischer Durchsicht des Manuskripts und an unsere Mentoren der Radargruppe der Schweizerischen Vogelwarte Sempach: Felix Liechti, Thomas Steuri und besonders Bruno Bruderer, der mit großer Geduld das Manuskript verbessert und diskutiert hat. Die Untersuchungen wurden vom Österreichischen Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft LE.1.5.3/0038-II/4/2007 finanziell unterstützt.

### Zusammenfassung

Mit der «Moon-Watching-Methode» wurde in den Jahren 2005–2007 erstmals eine grossflächige Darstellung des nächtlichen Zugesgeschehens im Ostalpenraum realisiert. Die Erhebungen wurden im gesamten österreichischen Bundesgebiet durchgeführt, der Schwerpunkt lag in den Regionen östlich 13 °E (östlich Salzburg). Die Ergebnisse aus 178 Beobachtungsnächten im Herbst und 216 im Frühling (6888 Einzelbeobachtungen) zeigen einen Hauptstrom nächtlich ziehender Vögel mit Richtungen um SSW und einen dem Nordrand der Alpen folgenden Zugstrom, der gegen Westen anschwellen dürfte, um schliesslich die im schweizerischen Mittelland beobachteten hohen Herbstzugdichten zu erreichen. Der für Gebiete östlich 12 °E (östlich München) postulierte starke Südostzug konnte nur im August festgestellt werden. Generell ziehen im Nordosten des Untersuchungsgebiets im Herbst etwa 8 % der Vögel nach SSE; nach Süden und Westen hin nimmt dieser geringe Anteil noch ab. Im Frühling ist der Zug deutlich schwächer als im Herbst, nördlich der Alpen und in den Alpen leicht gegen Osten und in den anderen Regionen leicht nach Nord gedreht.

### Literatur

- BATSCHULET, E. (1981): Circular statistics in Biology. Academic Press, London.
- BOLSHAKOV, C. (1985): Moon-watch method for quantitative studying of nocturnal bird passage (collection, calculation and analysis of data). S. 14–36 in: V. E. DOLNIK (ed.): Spring nocturnal bird passage over arid and mountain areas of Middle Asia and Kazakhstan. Akademija Nauk SSSR, Zool. Inst. Leningrad. (russ. mit engl. Zusammenfassung)
- BRUDERER, B. (1981): Stand und Ziele der Radarvogelzugforschung in der Schweiz. Rev. suisse Zool. 88: 855–864.
- BRUDERER, B. (1982): Do migrating birds fly along straight lines? S. 3–14 in: F. PAPI & H. G. WALLRAFF (eds): Avian navigation. International symposium on avian navigation, Tirrenia (Pisa), 1981. Springer, Berlin.
- BRUDERER, B. (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. S. 2150–2161 in: H. OUELLET (ed.): Acta 19. Congr. Internat. Ornithol., Ottawa 1986.
- BRUDERER, B. & L. JENNI (1990): Migration across the Alps. S. 60–77 in: E. GWINNER (ed.): Bird migration. Springer, Berlin.
- BRUDERER, B. & F. LIECHTI (1999): Bird migration across the Mediterranean. S. 1983–1999 in: N. J. ADAMS & R. H. SLOTOW (eds): Proc. 22<sup>nd</sup> Int. Ornithol. Congr., 16–22 August 1998, Durban.
- EASTWOOD, E. (1967): Radar ornithology. Methuen, London.
- EMLÉN, S. T. (1975): Migration: orientation and navigation. S. 129–219 in: D. S. FARNER & J. R. KING (eds): Avian Biology Vol. V. Academic Press, London.
- FORTIN, D., F. LIECHTI & B. BRUDERER (1999): Variation in the nocturnal flight behaviour of migratory birds along the northwest coast of the Mediterranean Sea. Ibis 141: 480–488.
- LACK, D. (1963): Migration across the North Sea studied by radar. Part 4. Autumn. Ibis 105: 1–54.
- LIECHTI, F. (2001): Calibrating the moon-watching method – chances and limits. Avian Ecol. Behav. 7: 27–40.
- 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 (1996a): Die Alpen, ein Hindernis im nächtlichen Breitfrontzug – eine großräumige Übersicht nach Mondbeobachtungen. J. Ornithol. 137: 337–356.
- LIECHTI, F., D. PETER, R. LARDELLI & B. BRUDERER (1996b): Herbstlicher Vogelzug im Alpenraum nach Mondbeobachtungen. Topographie und Wind beeinflussen den Zugverlauf. Ornithol. Beob. 93: 131–152.
- LOWERY, G. J. (1951): A quantitative study of the nocturnal migration of birds. Univ. Kansas Publ., Mus. Nat. Hist. 3: 361–472.
- NIEVERGELT, F., F. LIECHTI, B. BRUDERER (1999): Migratory directions of free-flying birds versus orientation in registration cages. J. Exp. Biol. 202: 2225–2231.
- RÖSSLER, M. & C. SCHAUER (2005): Einsatzmöglichkeiten radargestützter Untersuchungsmethoden zum Vogelzug über Österreich. Umweltbundesamt, Wien.
- TRÖSCH, B., R. LARDELLI, F. LIECHTI, D. PETER, B. BRUDERER (2005): Spatial and seasonal variation in nocturnal autumn and spring migration patterns

- in the western Mediterranean area: a moon-watching survey. *Avocetta* 29: 63–73.
- ZEHTINDJIEV, P. & F. LIECHTI (2003): A quantitative estimate of the spatial and temporal distribution of nocturnal bird migration in south-eastern Europe – a coordinated moon-watching study. *Avian Science* 3: 37–45.
- ZINK, G. (1973–1985): *Der Zug europäischer Singvögel*. Vogelzug-Verlag, Möggingen.
- ZUNA-KRATKY, T., E. KALIVODOVÁ, A. KÜRTHY, D. HORAL & P. HORAK (2000): *Die Vögel der March-Thaya-Auen im österreichisch-slowakisch-tschechischen Grenzraum*. Distelverein, Deutsch-Wagram.

*Manuskript eingegangen 14. August 2012*  
*Bereinigte Fassung angenommen 8. Juli 2014*