

Aus dem Basellandschaftlichen Natur- und Vogelschutzverband BNV

Phänologie und Wetterabhängigkeit des Herbstzuges der Ringeltaube *Columba palumbus* auf der Ulmethöchi im Jura: Massenzugtage nach Zugstaulagen

Matthias Kestenholz, Fränzi Korner-Nievergelt, Edi Baader, Luzius Fischer, Pius Korner-Nievergelt und Werner Schaffner



KESTENHOLZ, M., F. KORNER-NIEVERGELT, E. BAADER, L. FISCHER, P. KORNER-NIEVERGELT & W. SCHAFFNER (2009): Autumn migration of Common Wood Pigeon *Columba palumbus* in the Jura mountains in relation to weather: high variation in daily migratory intensity. Ornithol. Beob. 106: 193–207.

We present the diurnal and seasonal pattern of Common Wood Pigeon *Columba palumbus* autumn passage at Ulmethöchi, a pass (973 m a.s.l.) in the Jura mountains 20 km to the south of Basel. Data of 21 years (1987–2007) of systematic counts, mainly between 22 September and 5 November, were used.

The bulk of pigeons passed during the first three weeks of October, as observed at other European field stations (e.g. southern Sweden and southern Germany). A characteristic of the pigeon passage was the very large fluctuation between days. Even in the middle of the main passage period, days without a single Wood Pigeon occurred quite regularly, while on peak days more than 10 000 individuals were counted. In 6 of the 21 years, more than half of the year total was observed on just one or two days. Totals also fluctuated heavily between years. Potentially, low year totals were a result of bad observation conditions (fog) on peak days, or, alternatively, certain weather conditions may have prompted many pigeons to follow a different (regional or local) route instead of crossing the pass.

Averaged across the years, we observed a peak of pigeon passage around midday, contrary to the stations at Falsterbo (southern Sweden) and Randecker Maar (southern Germany), where a peak in the morning was registered.

Strong wind had a negative influence on the number of migrating Wood Pigeons, independent of the wind direction. Strong migration was mainly observed on days with good weather following days with bad weather, suggesting «Zugstau» (the interruption of migration due to bad weather, leading to local concentrations of migrants and high numbers of migrants once the weather clears up).

The more pigeons were migrating, the larger the flocks were. In addition to this mass effect, larger flocks seemed to be somewhat more frequent with higher temperatures.

Matthias Kestenholz¹, Edi Baader, Luzius Fischer und Werner Schaffner, Basellandschaftlicher Natur- und Vogelschutzverband BNV, Postfach 533, CH–4410 Liestal; ¹aktuelle Adresse: Schweizerische Vogelwarte, CH–6204 Sempach, E-Mail matthias.

kestenholz@vogelwarte.ch; Fränzi Korner-Nievergelt und Pius Korner-Nievergelt, oikostat GmbH, Ausserdorf 43, CH-6218 Ettiswil und Schweizerische Vogelwarte, CH-6204 Sempach

Am Herbstzug der Ringeltaube *Columba palumbus* fallen die starken Schwankungen der Durchzugszahlen auf. Über der Ulmethöchi (Kanton Basel-Landschaft) können an einem Tag mehr als 10 000 durchziehende Ringeltauben gezählt werden, während wenige Tage früher oder später oft nicht einmal zweistellige Zahlen erreicht werden, auch mitten in der Zugsaison. Für diese ausserordentlichen Schwankungen in den Durchzugszahlen sind vermutlich hauptsächlich Wetterfaktoren verantwortlich. Da das Wetter nicht homogen über Europa verteilt ist, führt die Wetterabhängigkeit des Vogelzuges dazu, dass sich Vögel in Schlechtwetterphasen akkumulieren (Erni et al. 2002, Liechti 2006). Ein solches Phänomen wird als Zugstau bezeichnet. Wenn sich danach die Schlechtwetterzelle auflöst, kann es zu sogenannten Zugstauentladungen kommen, die als Massenzug auf Beobachtungsstationen wie der Ulmethöchi registriert werden. Es ist jedoch noch unklar, unter welchen Wetterbedingungen Zugstautage und wann Massenzugtage vorkommen, obwohl der Zusammenhang zwischen Wetter und Vogelzug ein Thema ist, das Vogelzugforscher schon viele Jahre beschäftigt hat. Oft wurden nach dem Durchzug einer Schlechtwetterfront erhöhte Zahlen ziehender Vögel beobachtet (Richardson 1978, Zehnder et al. 2001, Liechti 2006). Rückenwind (Liechti 2006) und Aufhellungen (Bruderer 1967) haben häufig einen positiven Einfluss auf die Zahl ziehender Vögel. Jedoch scheint der Einfluss von Wind lokal sehr unterschiedlich zu sein, da die Topografie und das Wetter in den vorangegangenen Tagen die Beziehung zwischen Wind und Stärke des Vogelzuges beeinflussen (Liechti 2006).

Untersuchungen über die Wetterabhängigkeit des Vogelzuges wurden meist an Sicht-, Infrarot- oder Radarbeobachtungsdaten aus einer oder einigen wenigen Zugsaisons gemacht. Aufgrund der Komplexität der Beziehung zwischen Wetter und Vogelzug sind jedoch lange Datenreihen, wie wir sie von der Ulmethöchi

haben, wertvolle Informationsquellen, um allgemeingültige Zusammenhänge zwischen Wetter und Vogelzug zu beschreiben (Liechti 2006). Auf der Ulmethöchi werden seit 1988 alljährlich systematisch Ringeltauben auf dem Herbstzug erfasst.

Da bisher der Zug der Ringeltaube über der Ulmethöchi noch nicht dokumentiert worden ist, beschreiben wir in dieser Arbeit einleitend das saisonale und tageszeitliche Durchzugsmuster und präsentieren die Entwicklung der Durchzugszahlen über die letzten 20 Jahre. Wir analysieren den Einfluss des Wetters auf das Auftreten von Massenzugtagen, respektive Zugstau, und wir beschreiben die Abhängigkeit der Schwarmgrösse von der Jahreszeit, der Tageszeit sowie von Wettervariablen.

1. Methoden

1.1. Vogelzugstation Ulmethöchi

Die Station liegt auf einem von NE nach SW ausgerichteten Pass auf einem von E nach W verlaufenden Hügelizeg im Kettenjura im Kanton Basel-Landschaft (Nordwestschweiz, Details s. Korner-Nievergelt et al. 2007). Auf dem Herbstzug werden die von NE anfliegenden Vögel durch die Topografie über der Ulmethöchi konzentriert.

Die Station wurde 1962 gegründet und ist seit 1966 jährlich 4 oder 5 Wochen, seit 1988 6 Wochen in Betrieb. Auf der Station werden Vögel beringt und Sichtbeobachtungen gemacht.

1.2. Beobachtungsdaten

Seit 1988 wurden ausgewählte Vogelarten systematisch mittels Sichtbeobachtungen gezählt. Dabei beobachtete täglich mindestens eine Person von der frühen Morgendämmerung bis zum Dunkelwerden, ausser bei Sturm und starkem Regen. Erfasst wurden 15 Arten, welche optisch oder akustisch einfach zu entdecken sind, darunter die Ringeltaube. Pro überfliegendem

Trupp wurden Truppgrösse und Zeit auf vordruckten Protokollblättern notiert. Die Beobachter lösten sich innerhalb der Gruppe nach einigen Stunden ab. Nach jeweils einer Woche wechselte die ganze Equipe.

1.3. Wetterdaten

Um 6, 12 und 18 h MEZ (Mittleuropäische Zeit = GMT + 1 h) wurden folgende Wetterparameter notiert: Temperatur (°C), Bewölkung (Skala 0–8), Regen (0 = kein Regen, 1 = schwach, Nieselregen, 2 = mässig, 3 = stark), Windklasse (Kategorien: windstill, Gegenwind = S, SW oder W, Rückenwind = N, NE oder E; Winde aus SE oder NW traten aus topografischen Gründen praktisch nie auf) und Windstärke (Beaufort-Skala 0–12).

Für die Analyse des Einflusses des Wetters auf die Durchzugszahlen (Tagestotale) wurde für Regen, Temperatur, Bewölkung und Windstärke der Mittelwert der 3 Messungen pro Tag berechnet. Als Windrichtung wurde jene um 12 h genommen.

Für die Analysen des Wettereinflusses auf die Truppgrösse wurde für jeden Trupp die zeitlich am nächsten liegende Wettermessung genommen.

1.4. Statistische Analysen

Datenaufbereitung und statistische Analysen wurden auf dem Statistikprogramm R 2.7.1 (R Development Core Team 2007) durchgeführt.

1.4.1. Phänologie und langzeitliche Veränderungen der Durchzugszahlen

Um das saisonale Durchzugsmuster aufzuzeichnen, verwendeten wir Tagestotale zwischen dem 22. September und dem 5. November für die Jahre 1988 bis 2007. Nebeltage und Tage, an denen die Station geschlossen war (hauptsächlich zu Beginn und am Ende der Saison, d.h. zwischen dem 22. und 27. September und zwischen dem 2. und 5. November) wurden nicht verwendet. Wir zeichneten die Tagestotale in einem Streudiagramm gegen das Datum auf und legten einen nicht-parametrischen Glätter (lokale polynomiale Regression,

Funktion loess; Cleveland et al. 1992) darüber. Da die Anzahl Tagestotale an den beiden Saisonenden geringer wird und Glätter gegen die Enden hin unzuverlässig werden, zeichneten wir den Glätter nicht bis an die beiden Saisonenden (Abb. 2).

Um die jährliche Variation des Durchzugzeitpunktes zu beschreiben, berechneten wir für jedes Jahr den Durchzugsmedian (Tag, an dem 50 % der Ringeltauben der ganzen Saison vorbeigezogen sind) und die Zeitspanne, in welcher 50 % respektive 90 % des Jahrestotals erfasst wurden. Für die Berechnung des Durchzugsmedians sowie der 50- und 90%-Spanne wurden nur jene Daten verwendet, an welchen die Station in allen Jahren geöffnet war, d.h. die Zeit zwischen dem 27. September und dem 2. November.

Für die Beschreibung des tageszeitlichen Durchzugsmusters berechneten wir die Stundentotale über alle Jahre und teilten diese durch das Gesamttotal. Dies ergab pro Stunde den Anteil Ringeltauben, der in diesem Zeitraum auf der Ulmethöchi gezählt worden ist. Wir mittelten diesen Anteil über alle Jahre, da wir keine Veränderung im tageszeitlichen Durchzugsmuster über die 20 Jahre feststellen konnten.

1.4.2. Wetterabhängigkeit des Ringeltaubenzuges

Es interessierte uns, welche Wettersituationen die Zahl der über die Ulmethöchi ziehenden Ringeltauben beeinflussen. Deshalb analysierten wir den Zusammenhang zwischen einem Index für die Stärke des Ringeltaubenzuges und Wettervariablen. Der Index für die Stärke des Ringeltaubenzuges (von nun an Ringeltaubenindex genannt) gibt für jeden Tag an, ob für die Jahreszeit und das betreffende Jahr über- oder unterdurchschnittlich viele Ringeltauben gezählt wurden. Dazu berechneten wir die Differenz der logarithmierten Tagestotale zu den aufgrund von Datum und Jahr erwarteten logarithmierten Tagestotalen (Abb. 1). Wir nahmen an, dass dieser Index hauptsächlich durch Wettervariablen beeinflusst wird, weil der Saisoneffekt und Langzeittrends (allgemein geringe Durchzugszahlen in den Neun-

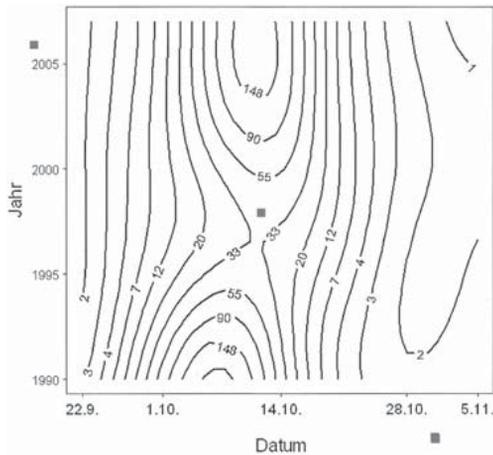


Abb. 1. Aufgrund von Datum und Jahr erwartete Zahl der Ringeltauben pro Tag. – *Number of Wood Pigeon expected for a given date and year.*

zigerjahren) herauskorrigiert worden sind. Die erwarteten logarithmierten Tagestotale wurden mittels eines generalisierten additiven Modells berechnet (Funktion gam; Wood 2006).

Der Ringeltaubenindex wurde nur für nebelfreie Tage zwischen dem 22. September und dem 5. November von 1990 bis 2007 berechnet, an denen der Erwartungswert der logarithmierten Tagestotale über Null war, d.h. nur für jene Tage, an denen aufgrund von Datum und Jahr mit Ringeltaubenzug gerechnet werden konnte. Dies war für 805 der 900 Tage der Fall, von denen Daten vorliegen. Die Jahre 1988 und 1989 wurden für die Analyse der Wetterabhängigkeit nicht berücksichtigt, da erst ab 1990 die Wettermessung standardisiert wurde.

Der Ringeltaubenindex wurde mittels eines linearen Modells mit folgenden erklärenden Variablen analysiert: Bewölkung, Regen, Temperatur, Windstärke und Windklasse. In einem ersten Modell wurden alle Messungen des Zugtages sowie alle Messungen der vorangegangenen 3 Tage sowie die 2-fach-Interaktionen aufgenommen (für den 3. und 2. Vortag nur Haupteffekte). Das ergab ein Modell mit 20 Haupteffekten und 45 Interaktionen. Dieses Modell wurde aufgrund des Akaike-Informationskriteriums (AIC; Akaike 1974) verkleinert. Dabei werden schrittweise jene Terme aus dem

Modell entfernt, welche einen unbedeutenden Erklärungswert für den Ringeltaubenindex besitzen. Aus dem so verkleinerten Modell wurden zusätzlich schrittweise nicht-signifikante Terme aufgrund des F-Tests entfernt. Für diese Berechnungen konnten wegen des Fehlens einzelner Wettermessungen nur Daten von 445 Tage verwendet werden. Für diese sind alle Wettermessungen sowie alle Messungen der 3 vorangegangenen Tage vollständig.

Die Modellannahmen wurden anhand der Residuen des kleinsten Modells grafisch überprüft. Da die Messungen meist von aufeinanderfolgenden Tagen stammen, besteht die Gefahr von Pseudoreplikation: Weil der Ringeltaubenindex sowie die Wettermessungen von aufeinanderfolgenden Tagen stark miteinander korrelieren, dürfen solche nahe beieinander liegenden Messungen nicht als unabhängige Messwerte betrachtet werden. Deshalb prüften wir zusätzlich, ob die Residuen autokorreliert sind. Da dies der Fall war (1. Autokorrelation $\rho_1 = 0,2$, FG = 442, $p < 0,001$), wurde im kleinsten Modell eine Autokorrelation 1. Ordnung (AR 1) eingeführt; darauf wurden die Parameter erneut mittels generalisierter Kleinst-Quadrat-Methode geschätzt (Funktion gls). Gleichzeitig konnte der Datensatz wieder auf 520 Tage erweitert werden, da durch das Entfernen einiger Wettervariablen das Fehlen einzelner Werte irrelevant geworden war.

Die Berücksichtigung der Autokorrelation hob die p-Werte leicht an, so dass weitere nicht-signifikante Variablen aus dem Modell entfernt werden konnten. Diese weitere Verkleinerung des Modells wurde aufgrund des Bayesianischen Informationskriteriums (BIC; Verbeke & Molenberghs 2000) vorgenommen. Die Verwendung des BIC wird für Modelle mit korrelierten Residuen empfohlen. Im Schlussmodell wurde jeder Term mittels eines Likelihood-ratio-Tests geprüft.

1.4.3. Truppsgrößen

In den Jahren 1988 bis 2007 wurden zwischen dem 22. September und dem 5. November total 3231 Trupps beobachtet, deren Grössen von 1 bis 3000 reichten. Für die Beschreibung der jahres- und tageszeitlichen Abhängigkeit der

Truppsgrößen zeichnen wir diese (logarithmiert) gegen das Datum respektive die Tageszeit auf und legten einen nicht-parametrischen Glätter (lokale polynomiale Regression, Funktion loess) darüber. Um zu sehen, ob sich die Truppsgrösse über die Jahre veränderte, stellten wir die Truppsgrößen gegen das Jahr dar und legten den Median der Truppsgrösse sowie das 50%-Intervall darüber. Für die Berechnung dieser beiden Kennzahlen (Median, 50%-Intervall) wurde jeder Trupp (nicht jeder Vogel!) als eine Beobachtung gezählt.

Um zu testen, ob die Truppsgrösse vom Wetter abhängig ist, modellierten wir diese in Abhängigkeit der Wettervariablen in einem gemischten linearen Modell, das den Tag als Zufallsfaktor enthielt und das Tagestotal als Kovariable. Damit konnten wir testen, ob das Wetter zusätzlich zur Masse der ziehenden Ringeltauben einen Einfluss auf die Truppsgrösse hat. Für jeden Trupp wurde jene Wettermessung genommen, die zeitlich am nächsten zur Beobachtung lag. Regen, Bewölkung, Temperatur, Windstärke und Windklasse sowie alle 2-fach-Interaktionen wurden in das volle Modell aufgenommen. Das Modell wurde mit

der Maximum-Likelihood-Methode angepasst. Danach wurden schrittweise rückwärts aufgrund des BIC-Wertes Terme aus dem Modell entfernt. Im Schlussmodell wurden die einzelnen Terme mit einem Likelihood-ratio-Test geprüft. Die Varianz zwischen den einzelnen Tagen betrug 0,17 und die Residuenvarianz 1,89. Als Datengrundlage für die Modellanpassung dienten Grössen von 2776 Trupps, für die eine vollständige Wettermessung vorhanden war.

2. Ergebnisse

2.1. Phänologie und langzeitliche Veränderungen der Durchzugszahlen

Der Ringeltaubenzug auf der Ulmethöchi nimmt Ende September stark zu und klingt Ende Oktober/Anfang November allmählich aus (Abb. 2). Auch während der Hauptzugzeit treten Tage ohne Ringeltauben auf. In sechs Jahren ist über die Hälfte der Ringeltauben der ganzen Saison an einem oder zwei Tagen beobachtet worden. Die höchste Ringeltaubenzahl konnte am 7. Oktober 2005 mit 11 644 Ind. registriert werden.

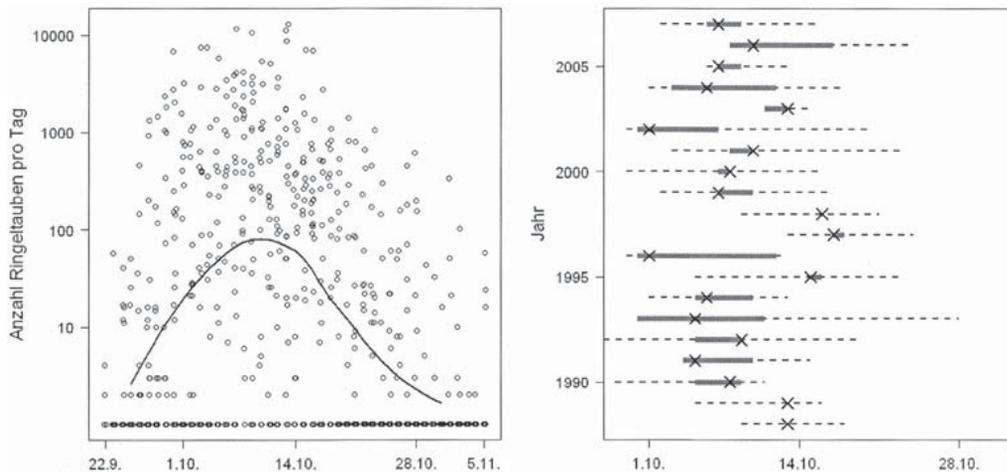


Abb. 2. Links: Tägliche Durchzugszahlen (Log-Skala) der Ringeltaube auf der Ulmethöchi (Nebeltage nicht berücksichtigt). Linie = geglätteter Mittelwert. Rechts: Durchzugsmedian (Kreuz) und Zeitspanne, in der 50 % (dicke Linie) und 90 % (gestrichelte Linie) des Jahrestotals beobachtet worden sind. – Left: Daily number of Wood Pigeons counted at Ulmethöchi (log scale). Line = smoothed mean. Right: Median passage day (cross) and time period during which 50 % (solid line) and 90 % (hatched line) of the totals per year were observed.

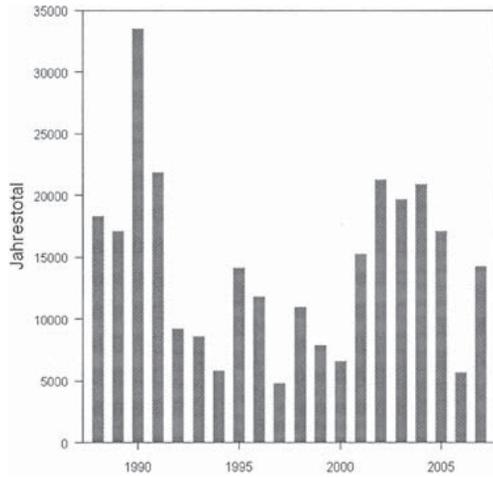


Abb. 3. Durchzugszahlen der Ringeltaube auf der Ulmethöchi pro Jahr. – *Number of passing Wood Pigeons per year at Ulmethöchi.*

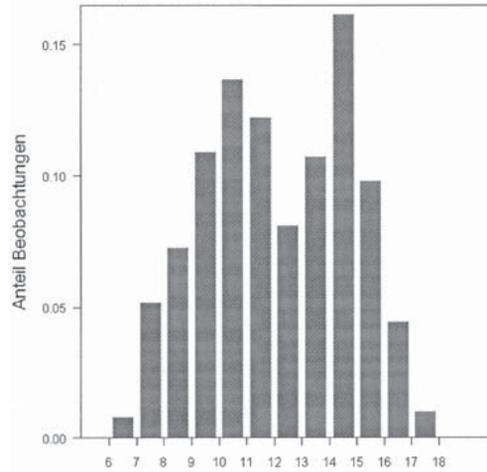


Abb. 4. Anteil beobachteter Ringeltauben pro Stunde des Tages (1988–2007, n = 284 549 Ind.). – *Proportion of Wood Pigeons observed per hour of the day (1988–2007, n = 284 549 individuals).*

Die Durchzugszahlen zeigen grosse Schwankungen von Jahr zu Jahr. Im Mittel wurden 13 809 Ringeltauben pro Jahr gezählt mit einer Standardabweichung von 7289 und einer Spannweite von 4812 bis 33 453. 1990 wurden mit total 33 453 aussergewöhnlich viele Ringeltauben beobachtet (Abb. 3). 1992 bis 2000 wurden unterdurchschnittliche Durchzugszahlen verzeichnet, ab 2001 wieder relativ hohe, wobei 2006 erneut stark unterdurchschnittlich ausfiel.

In den Stunden vor und nach dem Mittag wurden am meisten Ringeltauben beobachtet (Abb. 4).

2.2. Wetterabhängigkeit des Ringeltaubenzuges

Den stärksten Einfluss auf die Zahl der Ringeltauben hatte die Interaktion zwischen der Bewölkung am Zugtag und jener am Vortag. Wenn es am Vortag stark bewölkt und am Zugtag klar war, dann waren am meisten Ringel-

Tab. 1. Einfluss von Wetterfaktoren auf die Zahl ziehender Ringeltauben pro Tag: Signifikanztests (Likelihood-ratio-Tests) der einzelnen Terme im Schlussmodell. Ist der p-Wert kleiner als 0,05, dann hat der Term einen signifikanten Erklärungswert für die Zahl der ziehenden Ringeltauben. FG = Freiheitsgrad, Koeffizient = Regressionskoeffizient, BIC = Bayesianisches Informationskriterium, L.R. = Likelihood ratio, p = p-Wert. – *Influence of weather factors on the number of migrating Wood Pigeons per day. A starting model including wind speed, wind direction, cloudiness, rain, and temperature of the count day and the preceding 3 days (including the two-way interactions of the count day and the day before) was reduced to the final model («Schlussmodell»), including the variables wind speed («Windstärke»), wind speed two days before («Windstärke vor 2 Tagen»), and cloudiness × cloudiness on the day before («Bewölkung × Bewölkung am Vortag»). These remaining variables were tested using a log likelihood ratio test. FG = degree of freedom, Koeffizient = regression coefficient, BIC = Bayesian Information Criterion, L.R. = likelihood ratio, p = p-value.*

Term	FG	Koeffizient	BIC	L.R.	p
Schlussmodell (nicht reduziert)			2296,0		
Windstärke	1	–0,253	2303,7	14,0	< 0,001
Windstärke vor 2 Tagen	1	0,204	2299,9	10,1	0,002
Bewölkung × Bewölkung vom Vortag	1	–0,055	2305,5	15,7	< 0,001

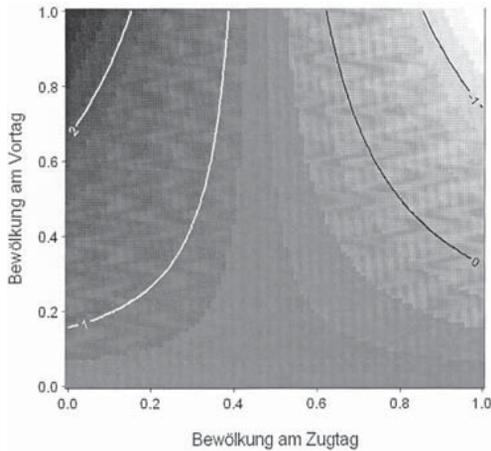


Abb. 5. Abhängigkeit des Ringeltaubenzuges von der Bewölkung am Zugtag und am Vortag. Dargestellt ist der erwartete Ringeltaubenindex (= für Saison und Jahr korrigierte Durchzugszahlen in der logarithmierten Skala) für verschiedene Bewölkungssituationen. Die Nulllinie zeigt die für Saison und Jahr durchschnittliche Zahl der Ringeltauben. Überdurchschnittlich viele Ringeltauben sind zu erwarten, wenn es am Vortag stark bewölkt und am Zugtag klar ist (oben links in der Grafik, 1 entspricht ungefähr einer Verdreifachung der Durchzugszahlen, 2 entspricht ungefähr dem Siebenfachen der für Saison und Jahr zu erwartenden Zahl). Unterdurchschnittlich viele Ringeltauben sind bei anhaltender Bewölkung zu erwarten (oben rechts in der Grafik, -1 entspricht etwa einem Drittel der erwarteten Zahlen). Wenn es am Vortag klar war, hatte die Bewölkung am Zugtag keinen Einfluss auf die Ringeltaubenzahl (unten in der Grafik). – *Influence of the cloudiness on the day of migration («Bewölkung am Zugtag») and the day before («Bewölkung am Vortag»).* The grey scale depicts the number of Wood Pigeons expected, corrected for season and year, given a combination of cloudiness on the day of migration and the day before (log scale). The zero line shows the expected number of pigeons for the time of season and year. More than the normal number of pigeons can be expected on a clear day following a cloudy day (top left corner; dark shading; 1 = about 3 times more pigeons, 2 = about 7 times more pigeons than expected by date and year). Reduced migration is expected on a cloudy day following a cloudy one (top right corner; -1 = about one third of the normal number). On a day following a clear day, cloudiness had little influence on the number of Wood Pigeons observed.

tauben zu erwarten (Abb. 5). Die Windstärke am Zugtag hatte einen negativen Einfluss auf

die Zahl der Ringeltauben (Abb. 6), während die Windstärke vor zwei Tagen einen positiven Einfluss ausübte. Bei starkem Wind gab es keine Tage mit gutem Ringeltaubenzug, während bei schwachem Wind sowohl überdurchschnittliche wie auch unterdurchschnittliche Tage auftraten (Abb. 6).

Die Zahl der Ringeltauben ist am zweiten Tag nach einer Schlechtwetterperiode am höchsten. Sie sinkt kontinuierlich mit jedem weiteren Schönwettertag (Abb. 7).

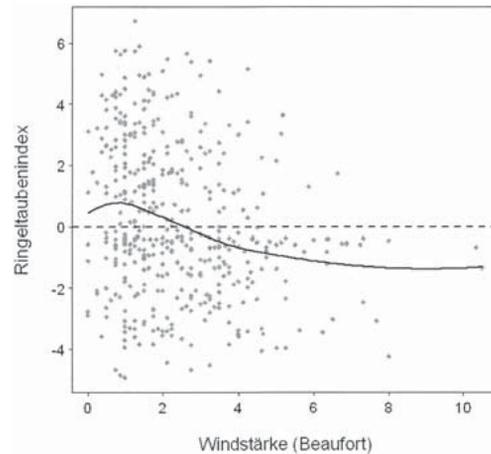


Abb. 6. Index für Ringeltaubenzug aufgetragen gegen die Windstärke am Zugtag. Graue Punkte = Ringeltaubenindex, durchgezogene Linie = nicht-parametrischer Glätter, gestrichelte Linie = erwarteter Ringeltaubenindex für die Saison und das Jahr. Interpretation des Ringeltaubenindex: -4 bedeutet etwa ein Fünfzigstel der für Saison und Jahr erwarteten Ringeltaubenzahl, -2 ein Siebtel und 0 die erwartete Zahl Ringeltauben für Saison und Jahr. 2 entspricht dem Siebenfachen, 4 dem Fünfzigfachen und 6 dem 400-fachen. – *Index of Wood Pigeons observed (y-axis, log scale, corrected for season and year) against wind speed (x-axis, Beaufort scale, mean of measures at 6 am, noon, and 6 pm).* Each dot represents one day. The zero line (broken line) indicates the expected number of pigeons for a given date and year. A y-value of -4 means about 1/50 of the expected number; -2 = 1/7, 2 = 7 times more pigeons than expected, 4 = 50 times, and 6 = 400 times the expected number. The solid line is a non-parametric smoother. Heavy winds were nearly always associated with low numbers of migrants, while moderate winds were associated with low and high numbers of pigeons.

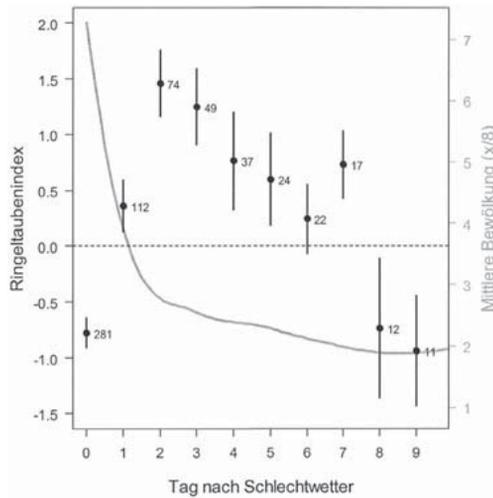


Abb. 7. Mittelwert und Standardfehler der für Saison und Jahr korrigierten logarithmierten Ringeltauben-zahlen («Ringeltaubenindex») in Abhängigkeit der Anzahl Schönwettertage nach einem Schlechtwettertag resp. nach dem letzten Tag einer Schlechtwetterperiode. Die Zahlen geben die Anzahl Tage wieder, die für die Mittelwertsberechnung verwendet wurden. Als Schlechtwettertage wurden Tage definiert, an denen die Bewölkung über 6/8 lag, der Regen über 1,5 oder die Windstärke über 6 betrug (Messwerte sind jeweils Durchschnittswerte der 3 Messungen von 6, 12 und 18 h). Die Linie zeigt die mittlere Bewölkung des entsprechenden Tages. – *Mean and standard error of the index of Wood Pigeon numbers, corrected for time of season and year (log scale) against the lag since a bad-weather day (0 = a bad-weather day or the last day of a bad-weather period, numbers are the number of good-weather days since the last bad-weather day). Small numbers in the plot are the number of days used for the mean. A bad-weather day was defined as follows: cloudiness above 6/8 (proportion of sky clouded), rain above 1.5 (0 = no rain, 1 = weak, 2 = moderate, 3 = heavy rain), or wind speed above 6 (Beaufort scale). These weather parameters were recorded at 6 am, noon and 6 pm, and averaged for the analysis presented here. The line depicts the average cloudiness of the day. One and two days after bad weather, Wood Pigeons migrated in increasing numbers, thereafter, this number gradually declined.*

2.3. Trupmgrößen

Die Trupmgröße schwankte von 1 bis 3000 mit einem Median von 32. Die Hälfte der beobachteten Schwärme hatten eine Größe zwischen 9 und 100 Individuen, 90 % zwischen 1 und 300.

Die mittlere Trupmgröße nahm zu Beginn der Zugsaison stark zu und sank gegen Ende hin wieder leicht ab (Abb. 8). Über die Tageszeit veränderte sich die Trupmgröße weniger stark. Am frühen Morgen lag die mittlere Trupmgröße bei etwa 10 Individuen. Bis um 10 h stieg der Durchschnitt auf 38 Individuen an und sank danach kontinuierlich auf etwa 20 Individuen ab (Abb. 8).

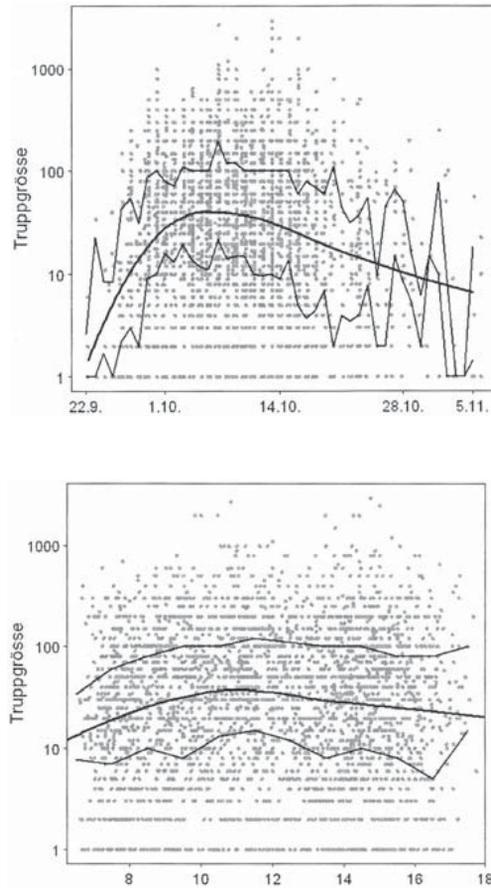


Abb. 8. Trupmgröße in Abhängigkeit der Jahreszeit (oben) und der Tageszeit (unten). Graue Punkte = Trupps, schwarze dicke Linie = Glätter, dünne Linien = 50%-Intervall pro Tag (oben) und pro Stunde (unten). – *Wood Pigeon flock sizes observed (y-axis, log scale) in relation to the season (top: x-axis are dates) and time of day (bottom; x-axis is time of the day). Each dot represents one flock, middle black line = smoother, outer lines = 50 % interval per day (top) and hour (bottom).*

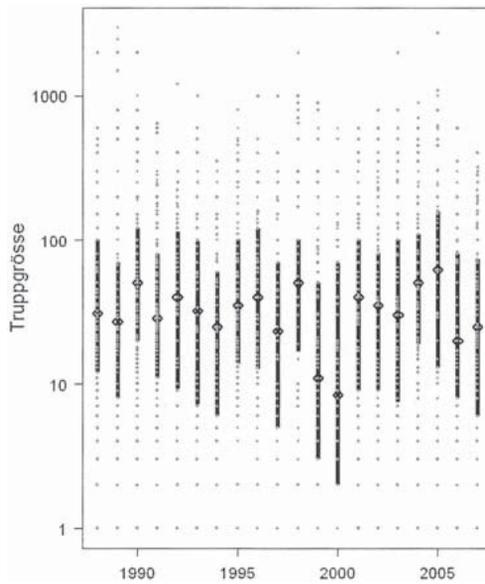


Abb. 9. Truppsgrößen pro Jahr. Graue Punkte = Trupps, Rhomboid = Median der Truppsgrößen, innerhalb des schwarzen Balkens liegen 50 % der Trupps. – *Flock size of Wood Pigeon (y-axis, log scale) per year (x-axis). Grey dots = flocks, rhomboid = median flock size, the dark line spans 50 % of all flocks.*

Die Truppsgrösse scheint sich über die Jahre 1988 bis 2007 nicht verändert zu haben (Abb. 9). In den beiden Jahren 1999 und 2000 sind vergleichsweise kleine Trupps beobachtet worden.

Die Schwarmgrößen waren erwartungsgemäss stark positiv mit der Zahl der durchziehenden Ringeltauben korreliert. Zusätzlich zum Masseneffekt könnte die Temperatur einen schwachen positiven Einfluss auf die Schwarmgrößen ausüben. Je wärmer es war, desto grösser waren die Ringeltaubenschwärme (Tab. 2).

3. Diskussion

3.1. Phänologie und langfristige Veränderungen der Durchzugszahlen

Der Herbstzug der Ringeltaube verläuft auch auf anderen Zugbeobachtungsstationen in Wellen, deren Maxima stärker ausgeprägt sind als bei anderen Tagziehern (Rychner & Imboden 1965, Gatter & Penski 1978). Diese auffälligen Schwankungen in den Tagestotalen kommen vermutlich durch eine ausgeprägte Wetterabhängigkeit des Ringeltaubenzuges zustande (Rychner & Imboden 1965, s. unten). Zusätzlich könnte das Schwarmbildungsverhalten der Ringeltaube die Unterschiede zwischen den Tagen verstärken.

Werden die täglichen Durchzugszahlen über viele Jahre gemittelt, so sieht das Durchzugsmuster auf der Ulmethöchi ähnlich aus wie andernorts in der Schweiz (Rychner & Imboden 1965) und auch in Südschweden, in Polen, in Süddeutschland und in den Pyrenäen (Tab. 3): Der Zug beginnt in der letzten Septemberwoche, kulminiert um den 8. Oktober, nimmt in

Tab. 2. Einfluss des Wetters auf die Schwarmgrösse: Effektgrößen (Koeffizienten) und Signifikanztests (Likelihood-ratio-Tests) der beiden Terme im Schlussmodell. p-Werte unter 0,05 bedeuten, dass der entsprechende Term einen signifikanten Zusammenhang mit der Schwarmgrösse aufweist. $n = 2776$ Schwärme. BIC = Bayesianisches Informationskriterium; L.R. = Likelihood ratio. – *Influence of weather on flock size. Same procedure and starting model (excluding the previous days, but including the «day total») as described in Table 1. Temperature and daily total (log-scale, «Tagestotal») were found to have a significant influence. The random variable «date» was included in all models to account for the non-independence of flocks observed on the same day. In the final model, the variance among days was 0.17 and the residual variance was 1.89. $n = 2776$ flocks.*

Variable	FG	Koeffizient	BIC	L.R.	p
Schlussmodell (nicht reduziert)			9839,0		
Temperatur	1	0,02	9841,8	10,8	0,001
Tagestotal (logarithmiert)	1	0,45	10174,7	343,6	<0,001

der zweiten Oktoberhälfte markant ab und läuft im November aus (Abb. 2). Ringeltauben, die über die Ulmethöchi ziehen, brüten hauptsächlich in Mittel- und Osteuropa (Glutz von Blotzheim & Bauer 1980). Skandinavische Ringeltauben ziehen weiter im Westen (entlang der Nordseeküste) nach SW-Frankreich und auf die Iberische Halbinsel (Sruoga et al. 2005). Deshalb ist vermutlich der Durchzugsmedian in Polen leicht vor dem Durchzug auf der Ulmethöchi, während keine solche Verschiebung zum Durchzug in Südschweden zu erkennen ist. Allerdings erschweren die unterschiedlichen Beobachtungsjahre diesen Vergleich.

Gatter et al. (1990) dokumentierten einen starken Einbruch der Durchzugszahlen um 1979. Ende der Achtzigerjahre wurden am Randecker Maar (Süddeutschland) gerade noch ein Viertel der Durchzugszahlen aus der Zeitspanne 1965 bis 1979 erreicht. Um 1990 stiegen jedoch die Durchzugszahlen wieder fast auf das Ursprungsniveau an (Gatter 2000), im Gegen-

satz zu den Zählungen auf der Ulmethöchi. Das Randecker Maar liegt etwa 200 km nordöstlich der Ulmethöchi; deshalb können wir annehmen, dass auf dem Herbstzug dort dieselben Populationen durchziehen wie auf der Ulmethöchi. Es besteht jedoch keine Korrelation in den jährlichen Durchzugszahlen zwischen den beiden Stationen (Pearson's Korrelationskoeffizient $r = -0,11$, $p = 0,72$, Datengrundlage: Jahrestotale aus den 13 Jahren 1988 bis 2000 aus Gatter 2000). Diese Unstimmigkeit deutet darauf hin, dass jährliche Durchzugszahlen an einzelnen Stationen ungeeignet sind, um die Zahl der effektiv ziehenden Ringeltauben zu bestimmen. Vermutlich sind die Jahrestotale stark davon abhängig, ob an den wichtigen Zugtagen gute Beobachtungsbedingungen herrschen oder davon, ob an Massenzugtagen die grosse Mehrheit der Tauben über die Ulmethöchi zieht. Radarbeobachtungen zeigten, dass sie gerne über der Nebeldecke ziehen (Gehring 1963). Wenn an guten Zugtagen Nebel herrscht, könn-

Tab. 3. Durchzugsmediane oder andere phänologische Angaben für verschiedene Orte Europas. Reihenfolge geografisch von Norden nach Süden. – *Median dates of migration or other phenological information for different study sites in Europe.*

Ort	Median	Andere phänologische Angaben	Datengrundlage	Quelle
Falsterbo (Südschweden)	8. Oktober	–	11-Jahresmittel 1949–1960	Ulfstrand et al. (1974)
Polnische Ostseeküste	29. September 1961 6. Oktober 1963 27. September 1964	–	Einzeljahresmediane	Manikowski (1972)
Randecker Maar (Süddeutschland)	8. Oktober	–	5-Jahresmittel 1970–1974	Gatter & Penski (1978)
Ulmethöchi (Schweiz)	8. Oktober	–	20-Jahresmittel 1988–2007	diese Arbeit
Hahnenmoospass (Schweiz)	–	3. Oktober 1961 9. Oktober 1962 8. Oktober 1963 11. Oktober 1965 5. Oktober 1966	Tag des maximalen Durchzuges in 5 Einzeljahren	Rychner & Imboden (1965), Fuchs (1968)
Fort l'Ecluse (Frankreich)	–	7.–25. Oktober (Median = 19. Oktober) (1993–1996, 2001–2003)	Tag des maximalen Durchzuges für 7 Jahre	Matérac et al. (1997), Charvoz et al. (1996, 1998, 2000), Charvoz (2001, 2002, 2003, 2004)
Pyrenäen (Frankreich)	–	Durchzugskonzentration 15.–31. Oktober	?	Barriéty (1965) zit. in Glutz von Blotzheim & Bauer (1980)



Abb. 10. Blick von Osten Richtung Ulmethöchi und die in Dunst gehüllten Höhenzüge des Faltenjuras. Aufnahme aus dem Heissluftballon, 12. Oktober 2007, M. Kestenholz. – *View from the east of Ulmethöchi and the hazy ridges of the Jura mountains in the background.*

te ein Grossteil der Ringeltaube unbeobachtet vorüber ziehen.

Über viele Jahre gemittelt geben die Durchzugszahlen jedoch Auskunft über jahres- und tageszeitliche Durchzugsmuster. Das tageszeitliche Durchzugsmuster auf der Ulmethöchi mit den Gipfeln kurz vor und nach der Mittagszeit weicht deutlich ab von jenem am Randecker Maar, wo der Durchzugsgipfel eindeutig zwischen 7 und 8 h morgens liegt (Gatter & Penski 1978). Auch in Falsterbo sind nach 11 h die Durchzugszahlen gering (Ulfstrand et al. 1974). Dagegen wurde auch am Blauen (Basler Jura) und am Hahnenmoospass (Berner Oberland) der stärkste Zug in den Stunden um Mittag festgestellt (Fuchs 1968, Winkler & Richter 1971). Die lokalen Wetterverhältnisse mit häufigem Nebel im Tal, wie sie im Herbst sowohl für die Ulmethöchi wie auch für den Hahnenmoospass nicht untypisch sind, könnten den morgendlichen Aufbruch der in der Nähe

rastenden Ringeltauben verzögern (s. Gehring 1963, Fuchs 1968).

3.2. Wetterabhängigkeit des Ringeltaubenzugs

Über der Ulmethöchi werden kurz nach Aufhellungen besonders viele Ringeltauben gezählt.

Diese Ergebnisse bestätigen die Befunde von Gehring (1963), Rychner & Imboden (1965), Bruderer (1967), Manikowski (1972) und Alerstam & Ulfstrand (1974). Bruderer (1967) analysierte den Zusammenhang zwischen Wetter und Vogelzug auf der Ulmethöchi vom 25. September bis zum 21. Oktober 1966. Er stellte fest, wie wir nun in den 20-jährigen Daten bestätigen können, dass Ringeltauben hauptsächlich nach Bewölkungsauflösung über die Ulmethöchi ziehen. Alerstam & Ulfstrand (1974) beobachteten mittels Radar in Südschweden jeweils starken Ringeltaubenzug einen Tag nach einer Kaltwetterfront. In einer

Literaturübersicht fasst Richardson (1978) zusammen, dass Vögel im Herbst gerne mit den Rückenwinden kurz hinter einer nach Osten driftenden Kaltfront ziehen. Unsere Beobachtungen fügen sich in dieses Bild der Wetterabhängigkeit des Ringeltaubenzuges ein. Wir beobachteten zwei Tage nach Schlechtwetterperioden stark erhöhte Ringeltaubenzahlen, die bei anhaltend schönem Wetter kontinuierlich abnehmen (Abb. 7).

Der Rückgang des Ringeltaubenzuges bei länger anhaltend schönem Wetter könnte eventuell dadurch zustande kommen, dass die Rückenwinde im Zentrum eines Hochs geringer sind als kurz nach einer Kaltfront (Richardson 1978) und die Vögel daher lieber kurz nach einer Kaltwetterfront ziehen. Zusätzlich ziehen kurz nach der Schlechtwetterfront vermutlich all jene Vögel, die zuvor von der Front aufgehalten worden sind. Unsere Daten deuten deshalb darauf hin, dass die Massenzugtage als Zugstautentladungen interpretiert werden können, wie das auch Rychner & Imboden (1965) und Fuchs (1968) vermuten. Auch Erni et al. (2002) fanden einen Hinweis auf Zugstautentladungen über Süddeutschland. Ein Modell der Zahl der mit Radar beobachteten ziehenden Vögel konnte signifikant verbessert werden, wenn ein Zugstaufaktor (Zahl der potenziell zugbereiteten, aufgestauten Vögel) mit einbezogen wurde.

Ringeltauben scheinen bei starkem Wind nicht über die Ulmethöchi zu fliegen. Es ist bekannt, dass Vögel starke Gegenwinde auf dem Zug meiden (Richardson 1978, Liechti 2006). Bei der Ringeltaube ist dieses Verhalten stark ausgeprägt (Gehring 1963, Rychner & Imboden 1965). Bei starkem Rückenwind hingegen könnten die Ringeltauben so hoch fliegen, dass sich ihre Entdeckungswahrscheinlichkeit auf der Ulmethöchi reduziert (Rychner & Imboden 1965). Jedoch zeigten Radarbeobachtungen über Südschweden verstärkten Ringeltaubenzug bei moderaten Rückenwinden (Alerstam & Ulfstrand 1974). In unseren Daten lässt sich kein Zusammenhang zwischen Windrichtung und Zahl der Ringeltauben erkennen, was vermutlich auf die topografische Situation der Ulmethöchi zurückzuführen ist. Die Bergrücken lenken die Winde so um, dass der Wind, der

auf dem Pass registriert wird, nicht immer dem Wind entspricht, den die Vögel auf dem Zug erfahren.

Auch bei anderen Vogelarten wurde während des Herbstzuges stark erhöhte Zugaktivität kurz nach Schlechtwetterperioden sowie ein positiver Zusammenhang mit leichten (Rücken-)Winden gefunden, z.B. bei der Heckenbraunelle *Prunella modularis* (Gatter & Mattes 1973). Beim Wiesenpieper *Anthus pratensis* treten Zugspitzentage vorwiegend bei schwachen Hochdrucklagen über dem europäischen Festland auf (Ebenhöh et al. 1991).

3.3. Trupprössen

Die Hälfte der beobachteten Schwärme hatte eine Grösse zwischen 9 und 100 Individuen, 90 % der Schwärme waren zwischen 1 und 300 Individuen stark. Ein leicht positiver Effekt der Temperatur auf die Trupprösse war vorhanden.

Gemäss Glutz von Blotzheim & Bauer (1980) ziehen Ringeltauben in der Regel in Gruppen von 10–100 Individuen. Dies können wir mit dieser Arbeit bestätigen. Hingegen konnten wir auf der Ulmethöchi nie Schwärme von über 3000 Individuen zählen, obwohl Schwärme von 5000–6000 Individuen, ausnahmsweise bis 100 000, bisweilen vorkommen (Glutz von Blotzheim & Bauer 1980). Jedoch sind auch auf dem Hahnenmoospass keine Schwärme von über 2000 Individuen beobachtet worden (Rychner & Imboden 1965, Fuchs 1968), was die Autoren der allgemein geringeren Zugdichte in den Alpen zuschreiben. Möglicherweise teilen sich grosse Schwärme vor der Überquerung der Ulmethöchi auf, oder solch grosse Schwärme konnten auf der Ulmethöchi wegen des eingeschränkten Blickfelds aus topografischen Gründen nicht beobachtet werden. Vielleicht bilden sich die ganz grossen Schwärme nur an Stellen mit starker Konzentration der ziehenden Vögel aufgrund der Topografie. Oder bei den dokumentierten grossen Schwärmen handelte es sich um Individuen, die nicht aktiv ziehen. Im Vergleich zum Randecker Maar werden auf der Ulmethöchi sogar leicht grössere Schwärme verzeichnet. Der Mittelwert der Schwarmgrösse liegt am Rande-

cker Maar bei 53 (Gatter & Penski 1978), auf der Ulmethöchi bei 88. Am Randecker Maar fliegt die Hälfte der Vögel in Schwärmen, die über 170 Individuen gross sind, auf der Ulmethöchi beträgt diese Zahl 240. Im Wintergebiet sind viel grössere Schwärme beobachtet worden. Zum Beispiel kommen auf der Iberischen Halbinsel regelmässig Schlafplätze mit über 400 000 Individuen vor (Bea et al. 2003).

Der positive Zusammenhang zwischen Temperatur und Schwarmgrösse ist nicht einfach zu erklären. Vielleicht sind andere, mit der Temperatur korrelierte Wetterverhältnisse für diesen Zusammenhang verantwortlich. Zum Beispiel könnte Nebel in der Nacht und am Morgen eine stärkere Konzentration des Ringeltaubenzuges in den Stunden nach Nebelauflösung und damit grössere Schwärme bewirken. Gleichzeitig verhindert der Nebel die Abstrahlung in der Nacht, was zu höheren Temperaturen führt. Oder es herrschen nach einem durch eine Warmfront verursachten Temperaturanstieg meist südwestliche Winde, also Gegenwinde. Bei Gegenwind können grosse Schwärme gegenüber kleinen Trupps flugenergetisch von Vorteil sein (Alerstam 1990).

Dank. Ein über mehrere Jahrzehnte fortgeführtes Projekt wie es die Überwachung des herbstlichen Vogelzugs auf der Ulmethöchi darstellt, kann nicht ohne die Hilfe zahlreicher Personen und Institutionen erfolgen. Unser Dank richtet sich an alle, die im Laufe der Jahre mitgeholfen haben, die Beringungsstation Ulmethöchi zu ermöglichen und zu betreiben. Insbesondere gilt unser herzlichster Dank:

- den vielen Beringern, mit denen wir freundschaftlich verbunden sind und die sich mit der Ausbildung von zahlreichen anderen Beringern verdient gemacht haben, namentlich Markus Bader, Attilio Brenna, Beat W. Bussinger, Karl Bussinger †, Martin Furler, Werner Iseli, Arnold Klaus †, Gerald Kohlas, Ueli Lanz, Walter Lanz †, Max Leuenberger, Arnold Pflirter †, Dieter Pfister, Werner Pfister, Viktor Roth, Fritz Schaffner † und Ernst Scholer †,
- den zahlreichen Helferinnen und Helfern bei den Beringungsaktionen,
- den Familien Singer und Schneider, die uns ihr Land für die Errichtung der Netzanlage zur Verfügung stellten und uns stets hilfsbereit zur Seite standen,
- der Gemeinde Lauwil für die Fahrbewilligungen,
- Marianne Beyeler, Sandra Pfister und Rolf Staub für das Erfassen der Daten auf Computer,
- dem Lotteriefonds Basel-Landschaft für die Fi-

nanzierung der elektronischen Datenerfassung aller Ringlisten und Beobachtungsprotokolle,

- der Emilia Guggenheim-Schnurr-Stiftung, der Basler Stiftung für biologische Forschung und dem Hilfsfonds für die Schweizerische Vogelwarte Sempach für die grosszügige Finanzierung der Auswertungen,
- Bruno Bruderer, Peter Knaus, Christian Marti und einem Gutachter für wertvolle Kommentare zum Manuskript.

Zusammenfassung

Basierend auf 21 Jahren (1987–2007) systematischer Zählungen von Durchzüglern während des Herbstzugs auf der Ulmethöchi (Basel-Landschaft, Schweiz) erfolgt der Hauptzug der Ringeltaube über der Ulmethöchi in den ersten drei Oktoberwochen, etwa zeitgleich wie auf anderen europäischen Zugbeobachtungsstationen. Der Durchzug charakterisierte sich durch stark ausgeprägte Schwankungen in den Tagestotalen. Auch mitten in der Hauptzugzeit gab es Tage ohne Ringeltaubenzug, während an Spitzentagen über 10 000 Individuen gezählt werden konnten. In 6 der 21 Jahren wurde über die Hälfte aller Durchzügler an nur einem oder zwei Tagen gezählt. Die Jahrestotale schwanken ebenfalls sehr stark, vermutlich weil in einigen Jahren viele Tauben wegen Nebels an Spitzentagen nicht gesehen wurden.

Im Durchschnitt verzeichneten wir um die Mittagszeit am meisten Ringeltauben, während über Falsterbo (Südschweden) und dem Randecker Maar (Süddeutschland) ein tageszeitlicher Durchzugsschwerpunkt am Vormittag beobachtet wurde.

Starker Wind hatte einen negativen Einfluss auf die Zahl der ziehenden Ringeltauben, und Zugspitzentage traten hauptsächlich an den ersten beiden Schönwettertagen nach schlechtem Wetter auf. Diese Beobachtung deutet darauf hin, dass Massenzugtage Zugstauentladungen sind.

Je mehr Ringeltauben zogen, desto grösser waren die Trupps. Zusätzlich zu diesem Masseneffekt hatte die Temperatur einen positiven Einfluss auf die Truppgrösse.

Literatur

- AKAIKE, H. (1974): A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control* 19: 716–723.
- ALERSTAM, T. (1990): *Bird Migration*. Cambridge University Press, Cambridge.
- ALERSTAM, T. & S. ULFSTRAND (1974): A radar study of the autumn migration of Wood pigeon *Columba palumbus* in southern Scandinavia. *Ibis* 116: 522–541.
- BEA, A., R. BEITIA & J. M. FERNÁNDEZ (2003): The census and distribution of wintering woodpigeons

- Columba palumbus* in the Iberian peninsula. *Ornis Hung.* 12–13: 157–167.
- BRUDERER, B. (1967): Zur Witterungsabhängigkeit des Herbstzuges im Jura. *Ornithol. Beob.* 64: 57–90.
- CHARVOZ, P. (2001): Migration postnuptiale au Fort l’Ecluse, automne 2000. *Nos Oiseaux* 48: 65. – (2002): Migration postnuptiale au Fort l’Ecluse, automne 2001. *Nos Oiseaux* 49: 44–45. – (2003): Migration postnuptiale au Fort l’Ecluse, automne 2002. *Nos Oiseaux* 50: 73–74. – (2004): Migration postnuptiale au Fort l’Ecluse, automne 2003. *Nos Oiseaux* 51: 51–52.
- CHARVOZ, P., J.-P. MATÉAC & M. MAIRE (1996): La migration postnuptiale visible en 1993 au défilé de Fort l’Ecluse (Haute-Savoie et Ain) près de Genève. I. Rapace diurnes, Cigognes, Pigeons et Corvidés. *Nos Oiseaux* 43: 261–288. – (1998): La migration postnuptiale visible en 1996 au défilé de Fort l’Ecluse (Haute-Savoie et Ain) près de Genève. *Nos Oiseaux* 45: 129–133. – (2000): La migration postnuptiale en 1997, 1998 et 1999 au défilé de Fort l’Ecluse (Haute-Savoie et Ain) près de Genève. *Nos Oiseaux* 47: 211–214.
- CLEVELAND, W. S., E. GROSSE & W. M. SHYU (1992): Local regression models. *Wadsworth & Brooks, Cole.*
- EBENHÖH, H., W. GATTER & W. GATTER (1991): Zum Wegzug des Wiesenpiepers *Anthus pratensis* am Randecker Maar. *Vogelwelt* 112: 118–140.
- ERNI, B., F. LIECHTI, L. G. UNDERHILL & B. BRUDERER (2002): Wind and rain govern the intensity of nocturnal bird migration in central Europe – a log-linear regression analysis. *Ardea* 90: 155–166.
- FUCHS, E. (1968): Der Herbstzug auf dem Hahnenmoospass in den Jahren 1965 und 1966. *Ornithol. Beob.* 65: 85–109.
- GATTER, W. (2000): Vogelzug und Vogelbestände in Mitteleuropa, 30 Jahre Beobachtung des Tagzugs am Randecker Maar. *Aula, Wiesbaden.*
- GATTER, W., R. GARDNER & K. PENSKI (1990): Abnahme ziehender Ringeltauben *Columba palumbus* in Süddeutschland. *Vogelwelt* 111: 111–116.
- GATTER, W. & H. MATTES (1973): Der Wegzug der Heckenbraunelle (*Prunella modularis*) am Randecker Maar, Schwäbische Alb. *Anz. Ornithol. Ges. Bayern* 12: 256–262.
- GATTER, W. & K. PENSKI (1978): Der Wegzug der Ringeltaube *Columba palumbus* nach Planbeobachtungen am Randecker Maar (Schwäbische Alb). *Vogelwarte* 29: 191–220.
- GEHRING, W. (1963): Radar- und Feldbeobachtungen über den Verlauf des Vogelzuges im Schweizerischen Mittelland: Der Tagzug im Herbst (1957–1961). *Ornithol. Beob.* 60: 35–68.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. & K. M. BAUER (1980): *Handbuch der Vögel Mitteleuropas*. Bd. 9, Columbiformes – Piciformes. Akademische Verlagsgesellschaft, Wiesbaden.
- KORNER-NIEVERGELT, F., P. KORNER-NIEVERGELT, E. BAADER, L. FISCHER, W. SCHAFFNER & M. KESTENHOLZ (2007): Herbstlicher Tagzug auf der Beringsstation Ulmethöchi im Jura: Veränderungen in den Fangzahlen über 40 Jahre (1966–2005). *Ornithol. Beob.* 104: 3–32.
- LIECHTI, F. (2006): Birds: blowin’ by the wind? *J. Ornithol.* 147: 202–211.
- MANIKOWSKI, S. (1972): Analysis of autumn migration of Wood pigeons (*Columba palumbus*) on the Polish Baltic coast in the years 1961–1964. *Not. Ornithol.* 13: 1–10.
- MATÉAC, J.-P., P. CHARVOZ & M. MAIRE (1997): La migration postnuptiale en 1994 et 1995 au défilé de Fort l’Ecluse (Haute-Savoie et Ain) près de Genève. *Nos Oiseaux* 44: 61–66.
- R Development Core Team (2007): R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- RICHARDSON, W. J. (1978): Timing and amount of bird migration in relation to weather: a review. *Oikos* 30: 224–272.
- RYCHNER, W. & C. IMBODEN (1965): Herbstzugbeobachtungen auf dem Hahnenmoospass. *Ornithol. Beob.* 62: 77–112.
- SRUOGA, A., D. BUTKAUSKAS, S. ŠVAŽAS, A. BEA & E. MOZALIENÉ (2005): Identification of flyways of woodpigeon (*Columba palumbus*) in Europe by using genetic methods. *Acta Zool. Lituanica* 15: 248–253.
- ULFSTRAND, S., G. ROOS, T. ALERSTAM & L. ÖSTERDAHL (1974): Visible bird migration at Falsterbo, Sweden. *Vår Fågelvärld Suppl.* 8: 1–245.
- VERBEKE, G. & G. MOLENBERGHS (2000): Linear mixed models for longitudinal data. Springer, Berlin.
- WINKLER, R. & A. RICHTER (1971): Vogelzugbeobachtungen im Blauengebiet (Jura) in den Jahren 1967 und 1968. *Ornithol. Beob.* 68: 77–85.
- WOOD, S. N. (2006): *Generalized additive models, an introduction* with R. Chapman & Hall, London.
- ZEHNDER, S., S. ÅKESSON, F. LIECHTI & B. BRUDERER (2001): Nocturnal autumn bird migration at Falsterbo, South Sweden. *J. Avian Biol.* 32: 239–248.

*Manuskript eingegangen 17. November 2008
Bereinigte Fassung angenommen 11. Mai 2009*

