

Veränderungen der Erstankünfte bei häufigen Zugvogelarten in Südwestdeutschland¹

Markus Peintinger & Siegfried Schuster

Peintinger, M. & S. Schuster 2005: Changes in first arrival dates of common migratory bird species in southwestern Germany. *Vogelwarte* 43: 161–169.

Global change affects the timing of bird migration. It is presumed (and has been shown) that, (1) species arrived earlier in spring and that (2) this response to climate change is stronger in short-distance than in long-distance migratory species. To confirm this pattern we analysed long-term observational data from field ornithologists under the condition that (1) at least eight arrival dates for the periods 1970–1986 and 1987–2003 were available, (2) observers had not changed their study area during these years, and (3) at least three time series were available for a species. In total, we examined the first arrival dates of 17 migratory species at 13 sites in southwestern Germany. To analyse changes in arrival times we used two statistical procedures: linear regression for the period 1970–2003 and Mann-Whitney U-test to compare median arrival dates of the periods 1970–1986 and 1987–2003. Out of 103 time series 96 showed a trend towards earlier spring arrival, whereas series only for seven time series the reverse was true. Using linear regression for 58 species time series we found a significantly earlier arrival date. On average, arrival date changed 0.3 (max. 2.9) days per year. Only one species showed a significant later arrival date. The U-test revealed similar results. An analysis of variance (ANOVA) showed that this effect was stronger in short-distance than in long-distance migrants. We suggest that earlier spring arrival could be due to a shift of wintering areas towards the North – even in some long-distance migratory species.

MP: Schubertstr. 19, D-78315 Radolfzell, e-Mail peinti@t-online.de; SS: Amriswiler Str. 11, D-78315 Radolfzell.

1. Einleitung

Während des letzten Jahrhunderts hat sich die globale Temperatur um 1,6° C erhöht (ICCP 2001). Dies führte auch in weiten Teilen Mitteleuropas zu höheren Temperaturen, was sich besonders im Frühjahr bemerkbar machte. Veränderungen in der Phänologie vieler Tier- und Pflanzenarten sind unverkennbar Folgen des derzeitigen Klimawandels (Walther et al. 2002). Bei Vögeln wurden vor allem Veränderungen des Zugverhaltens und der Brutbiologie festgestellt (Coppack & Both 2002; Dunn 2004; Lehikoinen et al. 2004). Aber auch Verschiebungen der Brutareale (Thomas & Lennon 1999) und der Überwinterungsgebiete wurden dokumentiert (Fiedler et al. 2004). Brutbeginn, Mauser und Zugzeiten werden bei Vögeln zwar hauptsächlich durch die jahresperiodische Änderung der Tageslänge synchronisiert, die zeitliche „Feinabstimmung“ erfolgt aber über die Temperatur (Coppack & Pulido 2004).

Die Zugzeit ist, wie das Zugsyndrom an sich, genetisch festgelegt und variiert inter- und intraspezifisch (Berthold 2000). Individuen mit der Veranlagung, in Südfrankreich oder Spanien statt in Afrika zu überwin-

tern, mögen unter den derzeitigen Klimabedingungen noch im Nachteil sein. Im Zuge der fortschreitenden Klimaerwärmung könnten sie aber evolutionäre Vorteile durch frühzeitige Revierbesetzung mit erhöhtem Bruterfolg bekommen.

Frühere Ankunftsstermine als Antwort auf die Klimaerwärmung wurden schon in einigen Regionen Europas und Nordamerikas nachgewiesen (Lehikoinen et al. 2004). Der Schwerpunkt bisheriger Studien lag jedoch in Skandinavien und England, d.h. in Regionen mit einem deutlich atlantisch geprägten Klima. Aus Südwestdeutschland liegen nur wenige Untersuchungen zur Phänologie des Frühjahrzuges vor, obwohl Datenmaterial vorhanden ist. Eine Zusammenstellung der Ankunftsdaten aus Baden-Württemberg seit 1947, und teilweise noch früher, erfolgte durch Hölzinger (1997, 1999) und Hölzinger & Mahler (2001). Diese Daten sind jedoch für eine statistische Auswertung nicht geeignet, da die Datenmenge jährlich stark variiert (J. Hölzinger, briefl. Mitt.). Zudem stammen sie von verschiedenen Beobachtern aus klimatisch unterschiedlichen Regionen. Um dieses Problem zu umgehen, wurden in dieser Arbeit nur Datenreihen von Beobachtern ausgewertet, die seit über 30 Jahren immer in den selben Gebieten Südwestdeutschlands beobachtet haben.

Ziel dieser Studie ist es, die langfristigen Trends der Ankünfte häufiger Brutvogelarten zwischen 1970 und

¹ Teilergebnisse einer Studie im Rahmen des Verbundvorhabens „Klimawandel – Auswirkungen, Risiken, Anpassung“ (KLARA) des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Projektkoordination: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg); Karlsruhe 2005.

2003 zu untersuchen. Wir zeigen, dass sich eine frühere Ankunft bei der überwiegenden Zahl der Arten nachweisen lässt und dass dieser Effekt bei Kurzstreckenziehern stärker ausgeprägt ist als bei Langstreckenziehern.

2. Material und Methoden

2.1. Datengrundlage

Mit Hilfe von R. Schlenker (Vogelwarte Radolfzell) wurden 27 Ornithologen in Baden-Württemberg angeschrieben. Rückmeldungen mit verwertbaren Daten stammen von 14 Beobachtern. Die zahlreichen Beobachtungsreihen wurden gesichtet und nur in die Untersuchung mit einbezogen, wenn folgende Kriterien erfüllt waren:

1. Die Beobachter durften zwischen 1970 und 2003 keinen Wechsel des Beobachtungsgebietes vorgenommen haben.
2. Jeweils mindestens acht Erstbeobachtungstermine mussten für den Zeitraum 1970-1986 und für den Zeitraum 1987-2003 vorhanden sein.
3. Erstankünfte von Beobachtergruppen wurden nur berücksichtigt, wenn Daten im selben Gebiet erhoben wurden und eine enge Absprache der Beobachter untereinander bestand (Remstal bei Stuttgart, Tübingen).

Es wurden nur die Arten in die Untersuchung einbezogen, von denen mindestens drei unabhängige Beobachtungsreihen vorlagen. Insgesamt wurden 103 Beobachtungsreihen von 17 Arten an 13 verschiedenen Orten untersucht (Tab. 1). Zwar sind die Orte nicht repräsentativ über Südwestdeutschland verteilt, doch stammen die Daten aus verschiedenen Landesteilen (Tab. 1).

2.2. Statistische Auswertung

Jede Beobachtungsreihe wurde auf eine Verschiebung der Ankunftszeiten hin untersucht. Die Ankunftsstermine wurden in Julianische Tage (Nummer des Tages im Jahr) umgerechnet.

Tab. 1: Übersicht von Beobachter, Ort und Höhenlage der untersuchten Erstankunftsdaten aus Südwestdeutschland. – Observer, location, and altitude of the analysed first arrival dates in southwestern Germany.

Beobachter	Ort	Höhe m NN
J. Einstein	Bad Buchau/Federsee	600
K.F. Gauggel	Sigmaringen	600
H. Jacoby	Konstanz	400
R. Kratzer und Mitarbeiter	Tübingen	330
K. Kußmaul	Stutensee bei Karlsruhe	100
H. Riedinger	Eningen/Reutlingen	400
W. Schnabel und Mitarbeiter	Remstal östl. Stuttgart	300
H. Schonhardt	St. Georgen/Schwarzwald	900
S. Schuster	Radolfzell	400
E. Seitz	Lindau/Nonnenhorn	400
W. Stauber	Gingen/Fils	380
B. Ullrich	Göppingen	400
P. Wolf	Ellwangen	430

Aus Gründen der Einfachheit wurden Schaltjahre vernachlässigt, was bei der großen Streuung der Ankunftsstermine kaum ins Gewicht fiel.

Um abschätzen zu können, wie robust die Ergebnisse sind, wurden zwei statistische Verfahren verwendet – ein parametrisches und ein nicht-parametrisches Verfahren.

Regressionsanalyse: Mit einer einfachen Regressionsanalyse wurde getestet, um wie viele Tage sich die Ankunftsstermine im Zeitraum 1970 bis 2003 durchschnittlich verfrüht (negative Werte) oder verspätet (positive Werte) hatten und ob die Steigungen der Regressionsgeraden signifikant von Null verschieden waren. Eine Steigung von -0.100 bedeutet, dass sich die Ankunft um durchschnittliche $0,1$ Tage pro Jahr verfrüht hat. Die Berechnung der Regressionsgeraden wird stark von Extremwerten beeinflusst, so dass „Ausreißer“ ins Gewicht fallen.

Differenz der Mediane: Um Extremwerte weniger zu gewichten, wurde zusätzlich der U-Test nach Mann-Whitney angewandt (Zar 1999). Hierzu wurde die Beobachtungsperiode in eine frühe (1970-1986) und eine späte Periode (1987-2003) unterteilt und getestet, ob die jeweiligen Median-Werte innerhalb dieser Perioden von einander verschieden waren. Bei diesem nicht-parametrischen Verfahren müssen keine Voraussetzungen bezüglich der Verteilung der Daten erfüllt sein.

Um Unterschiede zwischen Lang- und Kurzstreckenziehern zu analysieren, wurden jeweils die Steigungen der Regressionsgeraden bzw. die Differenz der Mediane aller Arten miteinander verglichen. Als Langstreckenzieher galten Schwarzmilan, Kuckuck, Mauersegler, Rauch- und Mehlschwalbe, Nachtigall, Gartenrotschwanz, Teichrohrsänger, Klapper- und Gartengrasmücke, Fitis und Grauschnäpper, als Kurzstreckenzieher Ringeltaube, Hausrotschwanz, Singdrossel, Mönchsgrasmücke und Zilpzalp (wissenschaftliche Namen siehe Anhang 1). Mit einer hierarchischen Varianzanalyse wurde geprüft, ob sich die Steigung der Regressionsgeraden bzw. die Differenz der Mediane zwischen Lang- und Kurzstreckenziehern unterscheidet. Zusätzlich wurde geprüft, ob Unterschiede zwischen den Arten immer noch bestehen, wenn das Zugverhalten bereits ins ANOVA-Modell einbezogen wurde. Die Varianzanalyse-Tabelle wurde nach der Regressionsmethode berechnet (McCullagh & Nelder 1989), da das „Design“ unbalanciert war. Der Faktor „Zugverhalten“ (Lang- vs. Kurzstreckenzieher) wurde gegen „Arten“ als Fehlerterm, der Faktor „Arten“ nachgeordnet gegen die Residuen getestet. Die Varianzanalyse-Tabellen wurden mit dem Statistikprogramm GENSTAT 5.3 berechnet (Payne et al. 1993).

Für Auskünfte bzw. Bereitstellung von Ankunftsdaten danken wir A. Brall, M. Dallmann, R. H. Ebenhöf, J. Einstein, K. F. Gauggel, J. Hölzinger, H. Jacoby, H. Jakober, R. Kratzer, K. Kußmaul, H. Püschel, H. Riedinger, D. Rockenbauch, R. Schlenker, A. & W. Schmitt, W. Schnabel, H. Schonhardt, E. Seitz, A. Senk, R. Senk, W. Stauber, B. Ullrich, Th. Ullrich, P. Wolf. Für Hinweise und Kritik danken wir W. Fiedler und zwei anonymen Gutachtern.

3. Ergebnisse

3.1. Trend der Erstankünfte

Regressionsanalyse: Die Zahl der Beobachtungsreihen, die eine Verfrühtung der Ankunftsstermine erkennen ließen (negative Steigung der Regressionsgeraden), über-

wog mit 96 zu 7 deutlich gegenüber jenen mit einer positiven Regressionsgeraden (Anhang 3.1). Insgesamt war die Steigung bei 58 Beobachtungsreihen signifikant negativ, während sie nur bei einer signifikant positiv war (Nachtigall, Remstal). Die durchschnittliche Steigung aller Beobachtungsreihen lag bei $-0,331$, d.h. eine frühere Ankunft um ca. 3 Tage in 10 Jahren. Einige Beispiele finden sich in Abb. 1 und 2.

Differenz der Mediane: Die Differenz der Erstankunftstermine zwischen 1970-1986 und 1987-2003 war bei 93 Beobachtungen negativ (frühere Erstankunft) und nur bei 6 positiv. In vier Fällen waren die Mediane exakt gleich. Der U-Test ergab, dass in 66 Fällen die Mediane der zwei Zeiträume signifikant verschieden waren. Dabei wurde immer eine frühere Erstankunft im späteren Zeitraum festgestellt. Die durchschnittliche Differenz (Mittelwert) der Mediane von allen Beobachtungsreihen lag bei $-5,5$ Tagen. Während bei den meisten Arten die Erstankunft < 10 Tage früher war, lag die Differenz der Mediane bei Schwarzmilan, Gartengrasmücke, Mönchsgrasmücke und Zilpzalp teilweise bei über 10 Tagen. Die größte Differenz wurde beim Schwarzmilan am Federsee (-29 Tage) und bei der Mönchsgrasmücke in St. Georgen, Schwarzwald festgestellt (-25 Tage).

Betrachtet man beide Methoden zusammen, so ergibt sich, dass bei fast allen Arten mindestens zwei Beobachtungsreihen signifikante frühere Erstankünfte aufwiesen. Lediglich bei Nachtigall, Gartenrotschwanz, Singdrossel, Fitis und Grauschnäpper wurden keine oder nur bei einer Beobachtungsreihe signifikant frühere Erstankünfte festgestellt.

Abb. 2: Verfrüfung der Erstankünfte von Mönchsgrasmücke und Zilpzalp in Südwestdeutschland. – Trends towards earlier spring arrival of Blackcap and Chiffchaff at different sites in southwestern Germany.

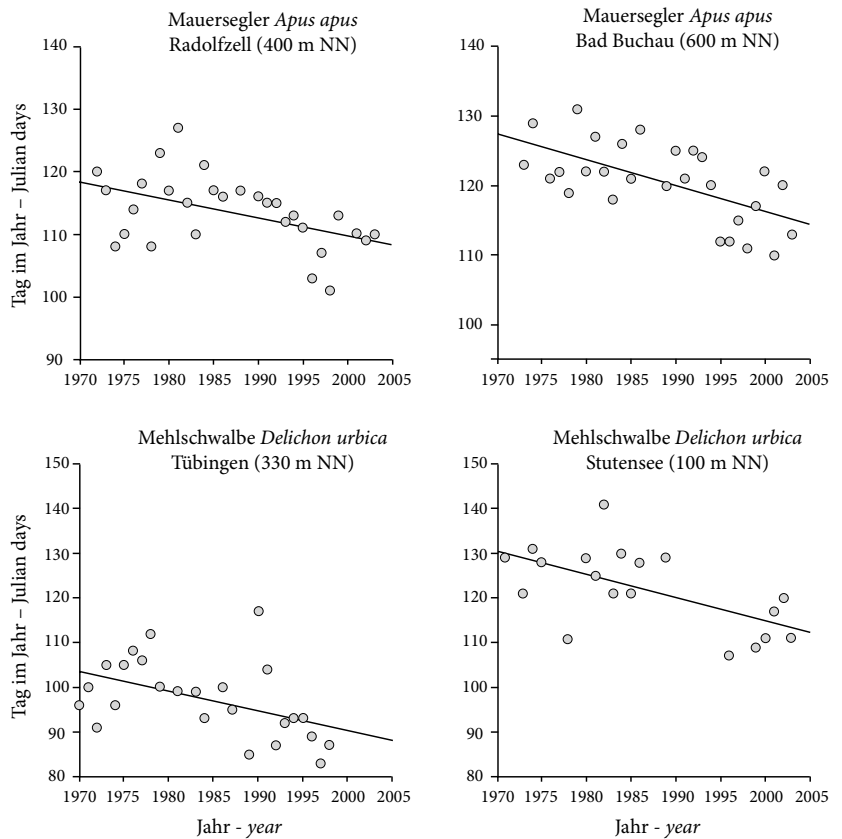
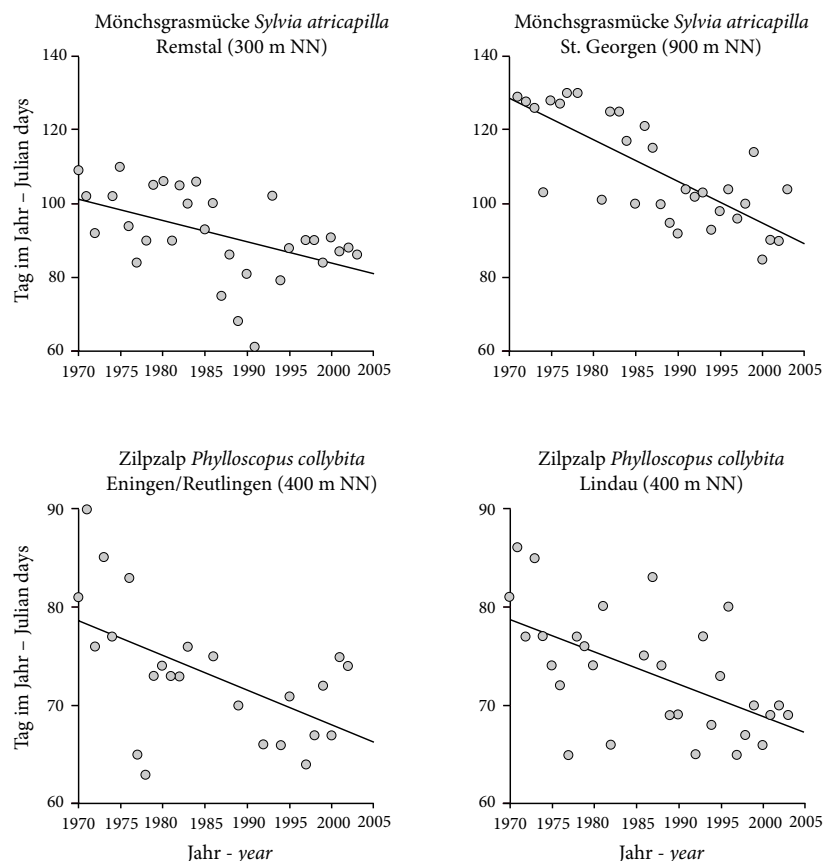


Abb. 1: Verfrüfung der Erstankünfte von Mauersegler und Mehlschwalbe in Südwestdeutschland. – Trend towards earlier spring arrival of Swift and House Martin at different sites in southwestern Germany.



3.2. Unterschiede zwischen Kurz- und Langstreckenziehern

Beide Maße für die veränderten Ankunftszeiten zeigten, dass die Verfrühung bei den Kurzstreckenziehern im Mittel signifikant stärker ausgeprägt war als bei den Langstreckenziehern (Abb. 3, Tab. 2).

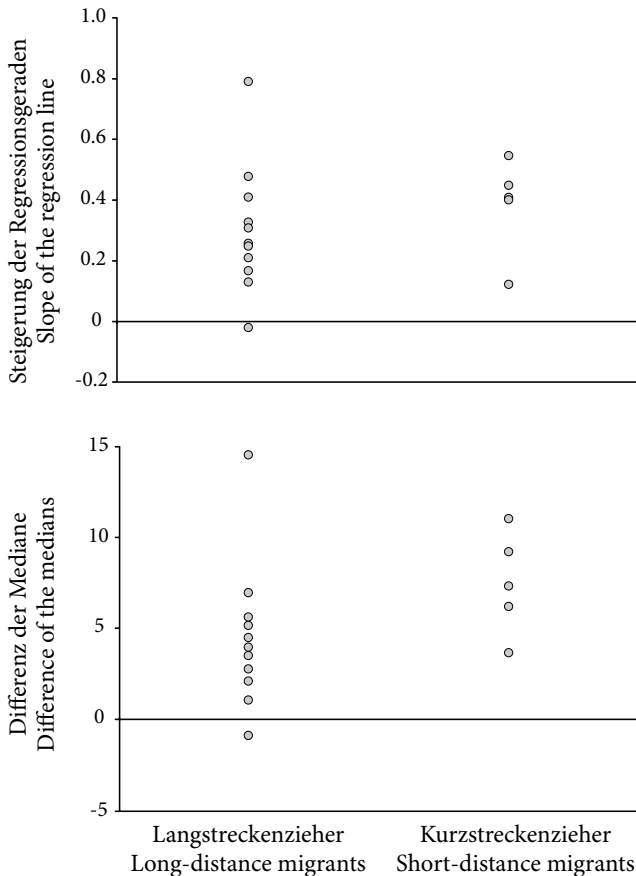


Abb. 3: Veränderung der Ankunftszeiten (Steigung der linearen Regressionsgeraden und Differenz zwischen den Medianen aus den Zeiträumen 1970-1986 und 1987-2003) von Kurz- und Langstreckenziehern. – Change in first arrival dates of short-distance and long-distance migratory birds; the change was measured as the slope of linear regression and the difference between medians of the periods 1970-1986 and 1987-2003.

Tab. 2: Varianzanalyse zum Einfluss des Zugumfangs (Kurz- vs. Langstreckenzug) auf die Verfrühung der Erstankünfte gemessen an der Steigung der linearen Regressionsgeraden und der Differenz der Mediane in den Zeiträumen 1970-1986 und 1987-2003; Signifikanz: *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, ***: $p < 0,001$. - Analysis of variance for the effects of migratory distance (short- vs. long-distance migration) on changes in arrival dates measured as the slope of linear regression and difference between medians of periods 1970-1986 and 1987-2003; significance: *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, ***: $p < 0,001$.

Varianzherkunft	FG	Steigung Regressionsgerade			Differenz Mediane		
		QS	F-Wert	Sign.	QS	F-Wert	Sign.
Zugumfang	1	0,38454	6,01	*	374,38	16,66	***
Arten	15	2,53362	2,64	**	62,96	2,80	*
Residuen	87	5,56440			22,47		
Adj. r^2		22,3			29,3		

4. Diskussion

Die Untersuchung hat deutlich gezeigt, dass bei den meisten Arten eine frühere Ankunft festzustellen ist und dieser Effekt bei Kurzstreckenziehern deutlicher ausgebildet ist als bei Langstreckenziehern. Dennoch ist die Untersuchung von Erstankunftsterminen nicht unproblematisch, weshalb die Methodik im Folgenden kritisch diskutiert werden soll:

1. Die hier analysierten Ankunftsstermine beruhen oft auf der Erstbeobachtung einzelner männlicher Vögel. Es wäre natürlich aussagekräftiger, die Ankunftsstermine mehrerer Individuen einer Brutpopulation und beider Geschlechter zu erfassen. Solche Erfassungen sind anzustreben, aber nur mit einem großen Zeitaufwand zu realisieren. Rolf und Anneliese Senk (unpubl. Daten) kamen dabei auf 20-30 ha großen Probeflächen in Nordbaden beim Zilpzalp und bei Grasmücken zum Ergebnis, dass 50% der Population manchmal schon zwei bis drei Tage nach der Ankunft des ersten Männchens, bei nasskaltem Wetter aber erst nach 8-14 Tagen, anwesend waren. Zudem konnten Sparks et al. (2005) an mehreren Orten in Europa zeigen, dass die Erstankunft und die durchschnittliche Ankunftszeit meist signifikant positiv korreliert sind.
2. Bei nicht standardisierten Beobachtungen von Feldornithologen können durch unterschiedliche Beobachtungsintensität Fehler generiert werden. Beispielsweise wenn aus Zeitgründen verstärkt am Wochenende beobachtet wird, führt dies zu unterschiedlichen Erfassungswahrscheinlichkeiten. Ein Teil der hier verarbeiteten Daten beruht jedoch auf täglich durchgeführten Beobachtungen.
3. Die Wahrscheinlichkeit, Erstankünfte von Zugvögeln zu beobachten, sinkt, wenn es sich um seltener werdende Arten handelt (Lehikoinen et al. 2004). Dieser Effekt könnte erklären, warum in Baden-Württemberg selten gewordene Arten wie z.B. Gartenrotschwanz oder Fitis keine signifikanten Trends aufweisen. Da Langstreckenzieher in den letzten 20 Jahren vom Artenrückgang viel stärker betroffen waren als Kurzstreckenzieher (s. z.B. Böhning-Gaese & Bauer 1996, Berthold et al. 1998), hat dies auch Auswirkungen auf den Vergleich dieser beiden Gruppen.
4. Durch zeitliche Autokorrelationen steigt die Wahrscheinlichkeit, dass bei statistischen Tests ein Trend signifikant wird (Diggle 1990). Trends, die nur mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,01 bis 0,05 statistisch gesichert sind, sollten daher mit Vorsicht interpretiert werden. Trends mit geringerer Irrtumswahrscheinlichkeit dürften hingegen nicht allein auf Autokorrelationen zurückzuführen sein.

Trotz dieser methodischen Schwierigkeiten ist klar zu erkennen, dass bei der überwiegenden Zahl der untersuchten Arten eine Verfrühung der Ankunft stattgefunden haben muss. Eine signifikant positive Verspätung wurde nur bei einer Beobachtungsreihe festgestellt.

Insgesamt liegen aus Süddeutschland bisher nur wenige Untersuchungen über die Veränderungen des Zugverhaltens im Frühjahr vor. Beispielsweise konnte Boschert (2004) für den Großen Brachvogel zeigen, dass sich die Mittelwerte der Ankunftsdaten vom 1. März (1977-1989) auf den 25. Februar (1990-2003) verschoben haben. In Kronenberg im Taunus trafen Mauersegler bis 1985 durchschnittlich am 27. April ein, seither am 21. April (E. Kaiser, briefl. Mitt.).

Lehikoinen et al. (2004) haben in ihrer Übersicht eine durchschnittliche frühere Ankunft von 0,37 Tagen pro Jahr festgestellt. Das stimmt gut mit dem hier festgestellten Wert von 0,33 Tagen pro Jahr überein, wobei unterschiedliche Untersuchungszeiträume zu berücksichtigen sind. Von 24 untersuchten Arten in der Fangstation der Insel Helgoland fanden Hüppop & Hüppop (2003) bei sieben Kurzstreckenziehern und zehn Langstreckenziehern eine signifikant frühere Ankunft. Die Verfrühung erfolgte um 0,05-0,28 Tage pro Jahr.

Generell lassen sich drei mögliche Ursachen für eine frühere Ankunft von Zugvögeln anführen, die sich gegenseitig nicht ausschließen (Coppack & Both 2002; Fiedler 2003):

1. Das Überwinterungsareal hat sich in Richtung Brutgebiet verschoben, wofür es etliche Beispiele gibt (s.u.).
2. Die Zuggeschwindigkeit hat zugenommen.
3. Der Zug beginnt früher.

Bei einigen Kurzstreckenziehern wird zunehmend beobachtet, dass einzelne Individuen im Brutgebiet überwintern. Einzelbeobachtungen aus dem hier untersuchten Datenmaterial, die jedoch nicht bei der statistischen Auswertung berücksichtigt wurden, verdeutlichen diesen Trend. Januar-Nachweise wurden bei Ringeltaube, Hausrotschwanz, Singdrossel, Mönchsgrasmücke und Zilpzalp registriert. Überwinterungen von Mönchsgrasmücken, z.B. in Südkanada und Schweden, werden schon länger beobachtet (Fransson & Stolt 1994; Berthold 2000). Als bekanntestes Beispiel wäre die Amsel zu nennen, bei der der Standvogelanteil in den letzten Jahrzehnten deutlich zugenommen hat (Berthold 2000). Auch von Zilpzalp und Sommergoldhähnchen werden Überwinterungen in Mitteleuropa schon seit längerem beobachtet (Schifferli et al. 1987). Eine genauere Untersuchung bzw. gute Dokumentation der wahrscheinlich steigenden Zahl von Überwinterungsversuchen von Kurzstreckenziehern steht aber noch aus. Dies wäre künftig ein lohnendes und wichtiges Betätigungsfeld für Feldornithologen.

Eine frühere Ankunft ist keineswegs nur bei Kurzstreckenziehern zu beobachten, sondern auch bei Langstreckenziehern wie Mauersegler, Rauch- und Mehlschwal-

be. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Lehikoinen et al. (2004). Es wird aber deutlich, dass die Verfrühung der Erstankünfte bei Kurzstreckenziehern deutlich stärker ausfällt als bei Langstreckenziehern (Abb. 3). Dies könnte damit zusammenhängen, dass Langstreckenzieher möglicherweise stärker endogen gesteuert werden als Kurzstreckenzieher (Berthold 2000). Dennoch ist erstaunlich, dass der Wandel bei den Langstreckenziehern so deutlich zu erkennen ist, was nicht alleine durch Verhaltensplastizitäten erklärt werden kann. Sicher spielen mikroevolutionäre Prozesse, zumindest bei kurzlebigen Singvögeln, eine wesentliche Rolle (Berthold 2000). Berthold et al. (1990) haben experimentell gezeigt, dass sich das endogene Zug-Zeitprogramm von Singvögeln bei gerichteter Selektion bereits in wenigen Generationen verändert. Der evolutionäre Prozess, der mit der globalen Klimaerwärmung einhergeht, liegt auf der Hand: die Reduzierung langer, zeitaufwendiger Zugstrecken zugunsten früherer Heimkehr mit gesteigertem Fortpflanzungserfolg (Coppack & Both 2002).

Auch bei Langstreckenziehern dürfte die Verlagerung der Winterquartiere ein nicht unerheblicher Grund für die frühere Ankunft sein. So überwintern beispielsweise Rauch- und Mehlschwalben und sogar Mauersegler schon in größerer Zahl in Südspanien statt südlich der Sahara (Berthold 2001; S. Schuster eigene Beob.). Rauchschnalben haben bereits am Genfer See überwintert (Dupuich & Geroudet 1990). Auch beim Schwarzmilan, bei dem die stärkste Verfrühung festgestellt wurde, sind Überwinterungen von einigen Hundert Individuen auf Müllplätzen im Mittelmeergebiet bekannt (S. Schuster, eigene Beob.).

Allerdings können auch klimatische Veränderungen im Überwinterungsgebiet eine Rolle spielen. Gordo et al. (2005) konnten im Gegensatz zu den meisten Untersuchungen bei drei von sechs Arten eine spätere Ankunft im Brutgebiet nachweisen und zeigen, dass Klimaveränderungen im Überwinterungsgebieten südlich der Sahelzone mit der Erstankunft in den Brutgebieten in Nordostspanien in Zusammenhang gebracht werden können.

Aus Sicht des Naturschutzes stellt sich die Frage, welche Konsequenzen eine frühere Ankunft auf die Überlebensfähigkeit von Populationen haben kann. Für eine Vielzahl von Arten wurde gezeigt, dass die Vögel auch früher zu brüten beginnen (Übersicht siehe Dunn 2004). Damit verbunden ist sogar eine Zunahme der Gelegegröße („Kalendereffekt“). Zudem ermöglichen frühe Bruten Ersatzbruten bei Gelegeverlusten und bei manchen Arten sogar Zweit- und Drittbruten (z.B. Kaiser 2004). Somit müssten früher brütende Vögel deutlich profitieren. Der Brutbeginn ist aber bei vielen synchronisiert mit der maximalen Nahrungsverfügbarkeit (z.B. massenhaftes Auftreten von Schmetterlingsraupen). Zwar unterliegen auch Pflanzen und Insekten der Klimaänderung, doch können die einzelnen Elemente einer Nahrungskette sehr unterschiedlich auf erhöhte

Temperaturen reagieren. Visser et al. (1998) konnten zeigen, dass Meisen nicht mehr zu der Zeit brüten, in der die meisten Schmetterlingsraupen auftreten. In den Niederlanden verpassen Trauerschnäpper mittlerweile das Nahrungsoptimum für ihre Brut, wahrscheinlich aufgrund ihres zeitaufwändigen Weistreckenzugs nach Afrika (Coppack & Both 2002)

5. Zusammenfassung

Der globale Klimawandel beeinflusst die Phänologie des Zugverhaltens von Vögeln. Es ist zu erwarten (und andernorts gezeigt worden), dass (1) die Zugvögel im Frühjahr früher im Brutgebiet ankommen und dass (2) dieser Effekt bei Kurzstreckenziehern stärker ist als bei Langstreckenziehern. Um dies zu überprüfen, wurden langfristige Beobachtungsreihen (1970-2003) analysiert, bei denen (1) mindestens acht Erstankünfte aus den Zeiträumen 1970-1986 und 1987-2003 vorlagen, (2) der Beobachter keinen Wohnortwechsel vorgenommen hatte und (3) mindestens drei unabhängige Beobachtungsreihen für eine Art vorhanden waren. Insgesamt wurden die Erstankunftszeiten von 17 Zugvogelarten an 13 verschiedenen Orten in Südwestdeutschland untersucht. Die Analyse der Ankunftszeiten erfolgte mit Hilfe der linearen Regression und durch den Vergleich der Mediane für die Perioden 1970-1986 und 1987-2003 (U-Test nach Mann-Whitney).

Von 103 ausgewerteten Beobachtungsreihen wurde bei 96 ein Trend zur früheren Erstankunft festgestellt, während nur bei sieben Reihen das Gegenteil der Fall war. Betrachtet man die Steigung der Regressionsgeraden als Maß für die jährliche Veränderung der Ankunftszeiten, wurde bei 58 Beobachtungsreihen eine signifikant frühere Erstankunft festgestellt. Durchschnittlich verfrühte sich die Ankunft um 0,3 Tage (max. 2,9) pro Jahr. Hingegen konnte nur bei einer Art eine signifikant spätere Ankunft festgestellt werden. Der U-Test führte zu sehr ähnlichen Erkenntnissen. Eine Varianzanalyse ergab, dass die Effekte bei Kurzstreckenziehern stärker waren als bei Langstreckenziehern. Es wird vermutet, dass die frühere Ankunft überwiegend darauf zurückzuführen ist, dass sich die Überwinterungsgebiete vieler Arten nach Norden verschoben haben.

6. Literatur

- Berthold P 2000: Vogelzug. Eine aktuelle Gesamtübersicht. 4. Aufl., Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Berthold P 2001: Vogelzug: eine neue Theorie zur Evolution, Steuerung und Anpassungsfähigkeit des Zugverhaltens. J. Ornithol. 142 (Sonderheft): 148-159.
- Berthold P, Mohr G & Querner U 1990: Steuerung und potentielle Evolutionsgeschwindigkeit des obligaten Teilzieherverhaltens: Ergebnisse eines Zweiweg-Selektionsexperiment mit der Mönchsgrasmücke (*Sylvia atricapilla*). J. Ornithol. 131: 33-45.
- Berthold P, Fiedler W, Schlenker R & Querner U 1998: 25-year study of the population development of Central European songbirds: a general decline, most evident in long-distance migrants. Naturwiss. 85: 350-353.
- Böhning-Gaese K & Bauer HG 1996: Changes in species abundance, distribution, and diversity in a central European bird community. Conserv. Biol. 10: 175-187.
- Boschert M 2004: Der Große Brachvogel (*Numenius arquata* [Linnaeus 1758]) am badischen Oberrhein – Wissenschaftliche Grundlagen für einen umfassenden und nachhaltigen Schutz. Unveröff. Dissertation, Universität Tübingen.
- Coppack T & Both C 2002: Predicting life-cycle adaptation of migratory birds to global climate change. Ardea 90: 369-378.
- Coppack T & Pulido F 2004: Photoperiodic response and the adaptability of avian life cycles to environmental change. Adv. Ecol. Res 35: 131-150.
- Diggle PJ 1990: Time series – a biostatistical introduction. Clarendon Press, Oxford.
- Dunn P 2004: Breeding dates and reproductive performance. Adv. Ecol. Res. 35: 69-87.
- Dupuich H & Geroudet P 1990: Nouvel hivernage d'Hirondelles rustiques au bord du Leman. Nos Oiseaux 40: 223.
- Fiedler W 2003: Recent changes in migratory behaviour of birds. In: Berthold, P., Gwinner, E. & Sonnenschein, E. (eds.) Avian Migration: 21-38. Springer, Berlin.
- Fiedler W, Bairlein F & Köppen U 2004: Using large-scale data from ringed birds for the investigation of effects of climate change on migrating birds: pitfalls and prospects. Adv. Ecol. Res: 49-76..
- Fransson T & Stolt BO 1994: The wintering of Blackcups *Sylvia atricapilla* (L.) in Sweden. Ornithologica 4: 105-122.
- Gordo O, Brotons L, Ferrer X & Comas P 2005: Do changes in climate patterns in wintering areas affect the timing of the spring arrival of trans-Saharan migrant birds. Global Change Biol. 11: 12-21
- Hölzinger J 1997: Die Vögel Baden-Württembergs. Bd. 3.1. Singvögel 1. Ulmer, Stuttgart.
- Hölzinger J 1999: Die Vögel Baden-Württembergs. Bd. 3.2. Singvögel 2. Ulmer, Stuttgart.
- Hölzinger J. & Mahler U 2001: Die Vögel Baden-Württembergs. Bd. 2.3. Nicht-Singvögel 3. Ulmer, Stuttgart.
- Hüppop O & Hüppop K 2003: North Atlantic Oscillation and timing of spring migration in birds. Proc. R. Soc. Lond. B. 270: 233-240.
- IPCC 2001: Third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kaiser E 2004: Gehäuftes Auftreten von Zweitbruten beim Mauersegler *Apus apus*. Vogelwelt 125: 113-115.
- Lehikoinen E, Sparks Th. & Zalakevicius M 2004: Arrival and departure dates. Adv. Ecol. Res.: 1-31.
- McCullagh P & Nelder JA 1983. Generalized linear models. Chapman and Hall, London.
- Payne RW, Lane PV, Digby PGN, Harding SA, Leech PK, Morgan GW, Todd AD, Thompson R, Tunnichiffe Wilson G, Welham S.J. & White RP 1993: GENSTAT 5 Release 3. Reference manual. University Press, Oxford.
- Schifferli L, Christen W & Blum H 1987: Winterbeobachtungen von Zilpzalp *Phylloscopus collybita* und Sommergoldhähnchen *Regulus regulus* in der Schweiz, 1960-1985. Orn. Beob. 84: 123-132.
- Sparks TH, Bairlein F, Bojarinova JG, Hüppop O, Lehikoinen EA, Rainio K, Sokolov LV & Walker D 2005: Examining the total arrival distribution of migratory birds. Global Change Biol. 11: 22-30.

Thomas CD & Lennon JJ 1999: Birds extend their ranges northwards. *Nature* 399: 213.
 Visser ME, van Noordwijk AJ, Tinbergen JM & Lessels CM 1998: Warmer springs lead to mistimed reproduction in great tits (*Parus major*). *Proc. R. Soc. London B* 265: 1867-1870.

Walther GH, Post E, Convey P, Menzel A, Parmesan C, Beebee TJC, Fromentin JM, Hoegh-Guldberg O & Bairlein F. 2002: Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416: 389-395.
 Zar JH 1999: *Biostatistical Analysis*. 4th ed., Prentice Hall, London.

Anhang 1: Trendanalyse der Erstankunftstermine von Zugvögeln in Südwestdeutschland. Regressionanalyse über die Jahre 1970-2003 sowie Vergleich der Mediane (Mann-Whitney U-Test) aus den Zeiträumen 1970-1986 und 1987-2003. Steig: Steigung der linearen Regressionsgeraden; SE: Standardfehler der Steigung; Δ M: Differenz der beiden Mediane; Signifikanz: *: p < 0,05, **: p < 0,01, ***: p < 0,001. **Appendix 1:** Trend analysis of first arrival dates on migratorx birds in southwestern Germany. Regression analysis over the period 1970-2003 and comparison of medians (Mann-Whitney U-test) from periods 1970-1986 and 1987-2003. Steig: slope of the linear regression; SE: standard error; Δ M: Difference of the two medians; significance: *: p < 0.05, **: p < 0.01, ***: p < 0.001.

Ort	N	Steig.	SE	F-Wert	Sign.	R ²	1970-1986	1987-2003	Δ M	U	Sign.
Lineare Regression							Mann-Whitney U-Test				
<i>Schwarzmilan Milvus migrans</i>											
Bad Buchau	34	-1,485	0,231	41,45	***	55,1	108	79	-29	247,5	***
Radolfzell	24	-0,415	0,118	12,45	**	33,2	78	69	-9	106	*
Sigmaringen	25	-0,607	0,146	17,19	***	40,3	83	77	-6	136	***
Tübingen	23	-0,648	0,238	7,44	**	22,6	81	67	-14	111	**
<i>Ringeltaube Columba palumbus</i>											
Eningen/Reutlingen	16	-0,558	0,262	4,53	*	19	70	58	-12	51	*
Lindau	25	-0,344	0,123	17,56	***	40,8	71	61	-10	108,5	*
Remstal	19	-0,459	0,242	3,59		12,6	76	64	-12	65,5	*
St. Georgen	33	-1,102	0,307	12,89	***	27,1	69,5	62	-7,5	198	**
Tübingen	21	-0,267	0,262	1,03		0,2	62	57,5	-4,5	72	
<i>Kuckuck Cuculus canorus</i>											
Bad Buchau	31	-0,221	0,102	4,68	*	10,9	102	101	-1	163,5	*
Remstal	27	-0,343	0,121	8,01	**	21,2	119	114	-5	138	**
Stutensee/Karlsruhe	20	-0,155	0,142	1,18		1,0	111	108	-3	58,5	
<i>Mauersegler Apus apus</i>											
Bad Buchau	28	-0,373	0,093	16,19	***	36	122	120	-2	156,5	**
Gingen/Fils	33	-0,267	0,090	8,89	**	19,8	126	122	-4	189	*
Konstanz	23	-0,237	0,081	8,65	**	25,8	115	111	-4	100,5	*
Lindau	33	-0,095	0,073	1,74		2,2	118,5	115	-3,5	175	
Radolfzell	29	-0,283	0,101	7,87	**	19,7	117	111,5	-5,5	160	**
Remstal	34	-0,113	0,086	1,76		2,2	120	118	-2	194	*
Sigmaringen	17	-0,284	0,103	7,69	**	29,5	119	115	-4	41	*
St. Georgen	29	-0,470	0,119	15,58	***	34,2	128	121	-7	150	*
Stutensee/Karlsruhe	27	-0,113	0,109	1,06		0,2	122,5	119	-3,5	116	

Ort	N	Steig.	SE	F-Wert	Sign.	R ²	1970-1986	1987-2003	Δ M	U	Sign.
Lineare Regression						Mann-Whitney U-Test					
Rauchschwalbe <i>Hirundo rustica</i>											
Bad Buchau	29	-0,392	0,183	4,61	*	11,4	96	90	-6	137,5	
Gingen/Fils	33	-0,158	0,130	1,49		1,5	96	103	7	166	
Lindau	30	-0,171	0,126	1,86		2,8	92	85,5	-6,5	173,5	*
Radolfzell	25	-0,293	0,092	10,12	**	27,5	88	83,5	-4,5	118,5	*
Remstal	33	-0,460	0,116	15,59	***	31,3	97	88	-9	231	***
Sigmaringen	24	-0,415	0,105	15,74	***	39,1	91	88	-3	113	**
St. Georgen	31	-0,907	0,246	13,56	***	29,5	112	102	-10	162	*
Stutensee/Karlsruhe	20	0,124	0,147	0,710		-	95,5	103,5	8	66,5	
Tübingen	25	-0,265	0,296	0,800		-	87,5	80	-7,5	128	**
Mehlschwalbe <i>Delichon urbica</i>											
Bad Buchau	18	-0,756	0,208	13,27	**	41,9	121	109	-12	73,5	***
Gingen/Fils	28	-0,339	0,147	5,36	*	13,9	119	114	-5	116	
Lindau	29	-0,316	0,165	3,69		8,8	101	98,5	-2,5	141,5	*
Radolfzell	23	-0,276	0,143	3,71		11	98	95,5	-2,5	86,5	
Remstal	32	-0,134	0,166	0,66		-	109	108	-1	156	
St. Georgen	23	-1,018	0,274	13,82	***	95	121	113,5	-7,5	95	*
Stutensee/Karlsruhe	19	-0,520	0,166	9,79	**	32,8	128	111	-17	73	**
Tübingen	25	-0,444	0,172	6,65	*	19,1	100	92	-8	6,47	*
Nachtigall <i>Luscinia megarhynchos</i>											
Radolfzell	29	-0,186	0,130	2,03		3,5	107,5	107	-0,5	110	
Remstal	17	0,671	0,277	5,88	*	23,4	113	123	10	49	
Stutensee/Karlsruhe	16	-0,225	0,208	1,17		1,1	117	115	-2	36,5	
Tübingen	28	-0,173	0,138	1,57		2,1	113	109	-4	131,5	
Hausrotschwanz <i>Phoenicurus ochruros</i>											
Bad Buchau	30	-0,204	0,164	1,55		1,8	83	81	-2	138	
Eningen/Reutlingen	28	-0,375	0,137	7,48	**	19,4	80	73	-7	150	**
Gingen/Fils	33	-0,342	0,059	13,04	***	27,3	85	76,5	-8,5	218	**
Göppingen	16	-0,415	0,226	3,37		13,7	84	77	-7	50	*
Lindau	31	-0,315	0,100	9,81	**	22,7	82	76	-6	187	**
Radolfzell	31	-0,327	0,130	6,31	*	15	79	74	-5	166	*
Remstal	33	-0,437	0,140	21,60	**	21,6	80,5	74	-6,5	197,5	**
St. Georgen	30	-0,775	0,259	6,92	**	16,9	84	72	-12	164,5	**
Stutensee/Karlsruhe	31	-0,329	0,135	5,95	*	14,2	81	76	-5	171,5	*
Tübingen	23	-0,476	0,187	6,47	*	19,9	78	75	-3	83,5	
Gartenrotschwanz <i>Phoenicurus phoenicurus</i>											
Gingen/Fils	24	-0,145	0,131	1,22		0,7	110	109	-1	168	
Göppingen	17	-0,029	0,135	0,05		-	111,5	111	-0,5	43	
Remstal	33	-0,217	0,109	4,00	*	8,6	104	101	-3	192,5	*
St. Georgen	24	-0,449	0,300	2,23		5,1	125	121	-4	80,5	
Singdrossel <i>Turdus philomelos</i>											
Eningen/Reutlingen	23	-0,129	0,209	0,38		-	58	53	-5	84,5	
Gingen/Fils	30	-0,181	0,226	0,68		-	65	61	-4	135	
Lindau	29	-0,054	0,154	0,12		-	58	56	-2	120	
Teichrohrsänger <i>Acrocephalus scirpaceus</i>											
Bad Buchau	26	-0,474	0,121	15,4	***	36,5	121	113	-8	145,5	***
Konstanz	21	-0,146	0,081	3,26		10,2	121	117	-4	84	**
Radolfzell	29	-0,515	0,094	29,93	***	50,8	118	110,5	-7,5	186,5	***
Remstal	22	-0,109	0,115	0,9		-	122	121	-1	71,5	

Ort	N	Steig.	SE	F-Wert	Sign.	R ²	1970-1986	1987-2003	Δ M	U	Sign.
Lineare Regression						Mann-Whitney U-Test					
<i>Klappergrasmücke Sylvia curruca</i>											
Gingen/Fils	33	0,097	0,104	0,87		-	111	114	3	153	
Lindau	27	-0,139	0,138	1,01		0,1	123	119,5	-3,5	137	**
Remstal	26	-0,317	0,234	1,84		3,2	118	108	-10	122	*
St. Georgen	30	-0,253	0,245	1,07		0,2	129,5	124	-5,5	154,5	*
Stutensee/Karlsruhe	19	-0,039	0,203	0,04		-	123	116,5	-6,5	50	
<i>Gartengrasmücke Sylvia borin</i>											
Gingen/Fils	33	-0,643	0,185	12,02	**	25,6	127,5	121	-6,5	194	*
Remstal	27	0,063	0,149	0,18		-	122	121	-1	104,5	
St. Georgen	32	-0,643	0,095	45,81	***	59,1	136	125	-11	218,5	***
Stutensee/Karlsruhe	17	-0,415	0,118	12,29	**	41,4	128	124	-4	59,5	**
<i>Mönchsgrasmücke Sylvia atricapilla</i>											
Bad Buchau	29	-0,569	0,106	28,71	***	49,7	104,5	99	-5,5	170,6	***
Ellwangen	19	-0,560	0,220	6,52	*	23,5	110,5	98	-12,5	63	*
Eningen/Reutlingen	25	-0,149	0,156	0,91		-	93	90	-3	106,5	*
Gingen/Fils	24	-0,592	0,176	11,35	**	23,9	104	91	-13	220,5	**
Göppingen	16	-0,388	0,165	5,52	*	23,2	110	96	-14	43	*
Lindau	30	-0,344	0,123	7,78	**	19,0	90,5	83,5	-7	173,5	**
Radolfzell	26	-0,519	0,168	9,49	**	25,4	93	82	-11	128,5	**
Remstal	31	-0,577	0,192	9,03	**	21,1	101	86	-15	218,5	***
St. Georgen	31	-1,128	0,176	41,07	***	57,2	125,5	100	-25,5	217,5	***
Stutensee/Karlsruhe	22	-0,043	0,125	11,52	**	33,4	92,5	86,5	-6	103	**
Tübingen	24	-0,044	0,172	6,62	*	19,6	98	89,5	-8,5	107	*
<i>Zilpzalp Phylloscopus collybita</i>											
Bad Buchau	28	-0,259	0,152	2,89		6,5	84	77	-7	154,5	**
Eningen/Reutlingen	24	-0,352	0,112	9,80	**	27,7	75,5	68,5	-7	113	**
Gingen/Fils	33	-0,263	0,127	4,24	*	9,2	83	76,5	-6,5	196	*
Lindau	30	-0,329	0,090	13,27	***	29,7	76,5	69	-7,5	176,5	**
Remstal	33	-0,538	0,149	13,01	***	27,3	81,5	69	-12,5	234,5	***
St. Georgen	29	-0,735	0,242	9,19	**	22,6	88	81	-7	145	*
Stutensee/Karlsruhe	20	-0,372	0,197	3,57		11,9	84	78,5	-5,5	64,5	
Tübingen	27	-0,405	0,151	7,21	**	19,3	75,5	70	-5,5	125,5	*
<i>Fitis Phylloscopus trochilus</i>											
Bad Buchau	26	-0,184	0,198	0,87		-	102	102	0	104	
Gingen/Fils	33	0,008	0,162	0,00		-	106	107,5	1,5	145,5	
Lindau	25	0,062	0,137	0,20		-	97	97	0	75	
Radolfzell	27	-0,144	0,115	0,22		2,1	92	92	0	97,5	
Remstal	28	-0,080	0,090	0,31		-	97	96	-1	117	
St. Georgen	31	-0,392	0,213	3,39		7,4	114	111	-3	143,5	
Stutensee/Karlsruhe	16	-0,090	0,110	0,66		-	94,5	94,5	0	37	
Tübingen	27	-0,231	0,134	2,94		-	99	93	-6	134,5	*
<i>Grauschnäpper Muscicapa striata</i>											
Gingen/Fils	33	-0,149	0,109	1,87		2,6	127,5	126	-1,5	160,5	
Lindau	30	-0,190	0,095	3,98		9,3	126	124	-2,0	146	
Remstal	32	-0,704	0,161	19,15	***	36,9	122	110	-12	231	***
St. Georgen	22	0,026	0,342	0,01	**	-	134	138,5	4,5	60,5	