

Rauchschwalben *Hirundo rustica* brauchen Nutztiere, Mehlschwalben *Delichon urbicum* Nisthilfen

Tanja Willi, Fränzi Korner-Nievergelt, Martin U. Gruebler



WILLI, T., F. KORNER-NIEVERGELT & M. U. GRÜEBLER (2011): Barn Swallows *Hirundo rustica* need livestock, Common House Martins *Delichon urbicum* artificial nests. Ornithol. Beob. 108: 215–224.

In the last decades, populations of Barn Swallows *Hirundo rustica* and Common House Martins *Delichon urbicum* have decreased in Europe. Among others, two important causes have been identified: decreasing numbers of cattle farms which produce aerial insects and loss of nest sites and nest construction material due to modernisation of farm buildings and agricultural driveways. We investigated whether the number and presence of livestock or artificial nests had an influence on the number of breeding pairs of Barn Swallows and House Martins in Ettiswil (canton of Lucerne). In 27 farms the number of breeding pairs of both swallow species was counted during the breeding season 2008. Additionally, farmers were asked for the number of livestock and the duration of livestock presence in the stable, and the artificial nests were counted.

In Barn Swallows, the number of breeding pairs was positively associated with the number of livestock animals and the duration of livestock presence in the stables, whereas in House Martins, solely the presence of artificial nests was important. The results emphasise the different ecological demands of the two species. For Barn Swallows the presence of livestock is important, because of the enhanced insect density and higher nest site temperature in stables inhabited by livestock compared to empty stables. The number of House Martin breeding pairs seems to be more dependent on the type and the presence of nest sites. Consequently, the study shows that artificial nests may be an important tool in the conservation of House Martin population, whereas for Barn Swallows habitat structures producing high insect densities need to be promoted. Further, this study emphasises the need for new measures and types of artificial nests that guarantee favourable microclimate for Barn Swallows in modern stable buildings and in the absence of livestock.

Tanja Willi, Schnarzen 14, CH–6218 Ettiswil; Fränzi Korner-Nievergelt und Martin U. Gruebler, Schweizerische Vogelwarte, Seerose 1, CH–6402 Sempach, E-Mail fraenzi.korner@vogelwarte.ch, martin.gruebler@vogelwarte.ch

Rauchschwalben *Hirundo rustica* und Mehlschwalben *Delichon urbicum* sind in grossen Teilen Europas weit verbreitet und gehören zum typischen Dorfbild. Die Populationen beider Schwalbenarten haben aber in den letzten Jahrzehnten europaweit abgenommen (Bird-Life International 2004). Die Gründe dafür

sind vielfältig. Zwei wichtige Merkmale von Bauernhöfen werden aber regelmässig mit der Anwesenheit von Schwalbenbrutpaaren in Zusammenhang gebracht: der Viehbestand und die Nestbaumöglichkeiten.

Einerseits sind Schwalben als Flugjäger vom Angebot an fliegenden Insekten abhängig.

Viehhaltung produziert grosse Mengen von Fluginsekten, da sich viele Larven im Dung und in Miststöcken entwickeln (Loske 1994, Vickery et al. 2001, Grüebler et al. 2008). Zudem bieten Ställe, die regelmässig mit Vieh besetzt sind, ein ausgeglichenes und warmes Klima für die Jungenaufzucht. Mehrere Studien zeigten, dass das Vorkommen von Rauchschnalben in Norditalien und Dänemark durch Viehhaltung gefördert wird (Møller 2001, Ambrosini et al. 2002, Ambrosini & Saino 2010). Rauchschnalben zeigen einen höheren Bruterfolg, wenn sie in Ställen brüten und wenn das Nahrungsangebot durch Miststöcke erhöht ist (Ambrosini et al. 2006, Ambrosini & Saino 2010, Grüebler et al. 2010). Das Verschwinden von Rauchschnalben ist eng mit der Aufgabe der Viehhaltung verbunden (Ambrosini et al. 2002). Auch der Bruterfolg und das Überleben von Mehlschnalben ist stark vom Nahrungsangebot abhängig (Bryant 1975, Tatner 1978, Bryant & Turner 1982). Deshalb könnten auch Mehlschnalben vom erhöhten Nahrungsangebot auf Landwirtschaftsbetrieben mit Viehhaltung profitieren.

Auf der anderen Seite fehlt den beiden Schnalbenarten zunehmend das Nistmaterial, weil Vorplätze und Wege heute oft asphaltiert sind. Fassaden und Innenwände neuer Gebäude sind oft zu glatt für die Befestigung von Schnalbenestern. Diese Missstände haben zur Empfehlung von Massnahmen geführt: Kunstnester können zur Verfügung gestellt oder Stützen für die Nester angeboten werden (z.B. Nägel oder kurze Holzlaten). Während die Kunstnester fehlendes Nistmaterial ersetzen, bieten die Stützen gute Fundamente für Nester und verhindern deren Herunterfallen, insbesondere bei schlechtem Nistmaterial und glattem Hintergrund.

Im Rahmen einer Maturaarbeit der Erstautorin an der Kantonsschule Willisau wurde untersucht, welche Faktoren das Vorkommen und die Anzahl Rauch- und Mehlschnalbenpaare auf Bauernhöfen in Ettiswil (Kanton Luzern) beeinflussen. Dabei wurde die Anzahl Rauch- und Mehlschnalbenpaare korreliert mit der Anzahl Nutztiere (Kühe oder Pferde), mit der Dauer der Stallbesetzung und mit dem Angebot an Nisthilfen.

1. Methoden

1.1. Schnalben und Merkmale der Bauernhöfe

Im Jahr 2008 wurden 27 Ställe in Ettiswil untersucht. Die Auswahl der Ställe erfolgte mit einem Aufruf im Publikationsorgan der Gemeinde sowie durch eigene Suche nach Mehl- und Rauchschnalbenestern. Im Aufruf wurden Bauernbetriebe gesucht, auf denen aktuell oder in der Vergangenheit Mehl- oder Rauchschnalben brüteten. Zwischen dem 13. Juni und dem 17. Juli wurde jeder Stall 1–3-mal besucht, um die Anzahl besetzter Rauch- und Mehlschnalbenester zu ermitteln. Es wurde angenommen, dass das Ergebnis der Anzahl anwesender Brutpaare entspricht. Zusätzlich wurde von jedem Stall die Anzahl Nutztiere ermittelt. Die Bewirtschafter wurden gefragt, ob sich die Tiere ohne Unterbrechung im Stall befanden und ob sie 1–30 oder mehr als 30 Tage (d.h. $>30 \times 24$ h) pro Sommer ausserhalb des Stalls waren (Alpwirtschaft, Weidewirtschaft). Die Nisthilfen wurden ebenfalls erfasst. Dabei wurde zwischen den 4 Klassen «keine Nisthilfen», «Stützen», «Kunstnester» und «sowohl Kunstnester als auch Stützen» unterschieden.

1.2. Statistische Auswertung

Die Korrelationen zwischen allen Variablen wurden in bivariaten Abbildungen dargestellt sowie mit Pearson's Korrelationen, Einweg-Varianzanalysen oder Fisher-Exakt-Tests geprüft. Danach testeten wir die Einflüsse der Anzahl Nutztiere, der Leerstandsdauer sowie der Art der Nisthilfen auf die Anzahl Rauch- und Mehlschnalbenpaare in generalisierten linearen Modellen. Für die Rauchschnalbe wurden Quasi-Poissonmodelle verwendet und die Einflüsse der einzelnen erklärenden Variablen mittels F-Test getestet (Bolker et al. 2008). Zur Anzahl Nutztiere wurde Eins addiert und die Variable danach Logarithmus-transformiert. Die Art der Nisthilfe und die Leerstandsdauer wurden als 4- resp. 3-stufiger geordneter Faktor behandelt. Da die Mehlschnalbe nur an 5 Ställen vorkam, modellierten wir anstelle der Paarzahl die Präsenz der Art. Dazu verwendeten wir ein logistisches Modell mit der logarithmierten Anzahl Nutztiere und den Faktoren

Nisthilfen und Leerstandsdauer als erklärende Variablen. Die beiden Faktoren wurden wegen der geringen Varianz (viele Ställe ohne Mehlschwalbenpaaren) zu zweistufigen Faktoren reduziert, wobei die beiden Stufen «kein Kunstnest» vs. «Kunstnest» für Nisthilfe und «nie» vs. «mindestens einen Tag» für die Leerstandsdauer lauteten. In diesem Modell wurden die Einflüsse der erklärenden Variablen mit Likelihood-ratio-Tests geprüft.

1.3. Kollinearität

Die drei erklärenden Variablen korrelierten stark miteinander, es lag also Kollinearität vor (Abb. 1). Das bedeutet, dass in Regressionsanalysen, wozu auch die hier verwendeten generalisierten linearen Modelle gehören, gemessene Effekte der einen Variablen auf die abhängige Variable durch die Präsenz von anderen Variablen im Modell beeinflusst werden (z.B. Stahl 2000, Hector et al. 2010). Insbesondere können zwei korrelierte Variablen sich gegenseitig Effekte verringern, weil jener Varianzanteil, der durch beide Variablen erklärt wird, auf beide aufgeteilt werden muss, wenn beide gleichzeitig im Modell enthalten sind. Kollinearität ist ein verbreitetes Phänomen in der Auswertung felddbiologischer Daten, weil – im Gegensatz zu Laborexperimenten – nicht alle Einflussvariablen kontrolliert werden können. Viele verschiedene statistische Methoden wurden verwendet, um Kollinearität in Auswertungen felddbiologischer Daten zu berücksichtigen: (1) Anstelle der Originalvariablen werden deren Hauptkomponenten (unkorrelierte Linearkombinationen der Originalvariablen; Pearson 1901, Manly 1994) als erklärende Variablen verwendet. Als Resultat erhält man zwar eindeutige Varianzanteile, die durch die verschiedenen Hauptkomponenten erklärt werden. Es ist jedoch meist schwierig, die Hauptkomponenten sinnvoll zu interpretieren. (2) Korrelierte Variablen werden sinnvoll kombiniert, z.B. die Summe von zwei Variablen. Dadurch kann Kollinearität meist reduziert, nicht jedoch eliminiert werden und es ist oft schwierig, sinnvolle Kombination von Variablen zu finden. (3) Nur eine der korrelierten Variablen wird analysiert. Damit wird aber ein grosser Teil der Information, die in

den Daten steckt, nicht berücksichtigt. (4) Das Netzwerk der Beziehungen zwischen den Variablen wird mittels komplizierter statistischer Verfahren analysiert (z.B. Pfadanalyse oder Strukturgleichungsmodelle; Wright 1921, Pearl 2000). Diese Verfahren bedeuten einen grossen Analyseaufwand und stellen bezüglich Stichprobengrösse und Verteilung meist hohe Anforderungen an die Daten. (5) Die durch jede Variable erklärten Varianzanteile sowie deren Überlappungsbereiche, d.h. jener Varianzanteil, der durch zwei oder mehrere Variablen erklärt werden kann, werden quantifiziert (Hector et al. 2010).

In der vorliegenden Studie verwendeten wir die letzte (5.) Methode, weil sie die gemessenen erklärenden Variablen nicht verändert und eine transparente Interpretation erlaubt. Wir rechneten für jede Schwalbenart die 8 Modelle mit allen möglichen Kombinationen der Variablen, d.h. ein Modell, das alle drei erklärenden Variablen enthielt, drei Modelle mit je zwei erklärenden Variablen und drei Modelle mit je nur einer erklärenden Variablen und das Nullmodell. Für jedes Modell berechneten wir die Devianz als Mass für die nicht durch die Variablen erklärte Varianz. Die Devianz wird für generalisierte lineare Modelle anstelle der Residuen-Quadratsumme als Mass für die Differenz zwischen den Daten und dem Modell verwendet. Die Nulldevianz kann als Gesamtvarianz in der abhängigen Variablen interpretiert werden (der Begriff «Nulldevianz» bezieht sich auf das «Nullmodell», also das 8. Modell, das keine erklärende Variable enthält). Die Differenz zwischen der Nulldevianz und der Devianz benutzten wir als Mass für die durch die Variablen erklärte Devianz. Wenn die Variablen untereinander nicht korrelieren, entspricht die erklärte Devianz im Modell mit zwei Variablen der Summe der erklärten Devianzen der Modelle mit je einer Variablen. Dies gilt nicht, wenn die Variablen untereinander korrelieren. Wir stellten deshalb die Anteile der erklärten Devianzen für jedes Modell als überlappende Flächen dar (Abb. 2, zur Berechnung der Flächenanteile s. Anhang).

2. Ergebnisse

In und an den 27 Ställen brüteten 2008 total 40 Rauch- und 19 Mehlschwalbenpaare. Das macht im Durchschnitt 1,5 (Spannweite 0–6) Rauch- resp. 0,7 (0–10) Mehlschwalbenpaare pro Stall. Die mittlere Zahl der Nutztiere war 14,0 (0–45). In 11 Ställen gab es keine Nisthilfen, in oder an 4 Ställen waren Kunstnester angebracht worden, 8 Ställe wiesen Stützen als Nisthilfen auf, 3 Ställe hatten sowohl Kunstnester als auch Stützen und von einem Stall gab es keine Angaben über Nisthilfen. In 15 Ställen waren die Nutztiere ununterbrochen präsent und in 4 Ställen mit Unterbrechungen von bis zu 30 Tagen pro Sommer, und 8 Ställe waren mehr als 30 Tage pro Sommer unbesetzt.

In den paarweisen Korrelationen war die Anzahl Rauchschnalbenpaare signifikant positiv mit der Anzahl Nutztvieh und der Besetzungsdauer korreliert (Abb. 1). Die Mehlschnalbe kam an Ställen ohne Nisthilfen nie vor, während Ställe mit Nisthilfen im Durchschnitt knapp eine Mehlschnalbenbrut beherbergten. Die Anzahl des Nutztviehs war stark negativ mit der Besetzungsdauer korreliert, und in und an Ställen, die ab und zu leer standen, wurden seltener Nisthilfen angebracht als an Ställen, die nie leer standen.

Die Art und Anwesenheit von Nisthilfen hatte keinen Einfluss auf die Präsenz oder Anzahl von Rauchschnalbenpaaren (Tab. 1). In den Modellen korrelierte aber die Anzahl Rauchschnalbenpaare signifikant positiv mit der Anzahl Nutztiere und deren Anwesenheitsdauer in den Ställen (Tab. 1). Diese Zusammenhänge waren jedoch nur signifikant, wenn beide Variablen einzeln getestet wurden. In den Modellen, die beide Variablen enthielten, hatte keine der beiden einen signifikanten Effekt auf die Anzahl Rauchschnalbenpaare (Abb. 2). Die drei Rechtecke (Summe der Teilflächen A, C, G und F, Summe der Teilflächen C, D, E und G und Summe der Teilflächen B, E, F und G) zeigen den Anteil der Devianz, die durch die drei Variablen erklärt wird, wenn sie im Modell die alleinige erklärende Variable sind. Wenn zwei oder drei Variablen zusammen ins Modell aufgenommen werden, dann vermögen sie zusammen die durch beide resp. alle drei Rechtecke

abgedeckte Fläche der Devianz zu erklären. Diese gemeinsame Fläche ist kleiner als die Summe der einzelnen Rechteckflächen, weil die Rechtecke überlappen. Die Überlappung kommt durch die Korrelation der Variablen untereinander zustande und zeigt den Anteil der Devianz, der zwar erklärt werden kann, für den jedoch nicht entschieden werden kann, welche der beteiligten Variablen am wichtigsten ist.

Für die Mehlschnalbe fanden wir in den Modellen keinen signifikanten Zusammenhang der Anzahl Nutztiere, der Besetzungsdauer der Ställe oder der Nisthilfen mit der Präsenz der Art. Dieses Ergebnis ist aufgrund der geringen Stichprobe (nur 5 Ställe mit Mehlschnalben) nicht erstaunlich, da die statistische Macht sehr tief liegen dürfte. Interessant ist jedoch, dass das Ergebnis andeutungsweise mit jenem der Rauchschnalbe kontrastiert. Anders als bei der Rauchschnalbe schien bei der Mehlschnalbe die Nisthilfen wichtiger zu sein als die Anzahl der Nutztiere oder deren Anwesenheitsdauer (Tab. 1). Alle drei Variablen übten einen stärkeren Einfluss aus, wenn sie gemeinsam berücksichtigt wurden. In Abb. 2 ist dies durch «negative» Überlappungsflächen visualisiert: Die erklärte Devianz im Modell, das zwei Variablen enthält, ist grösser als die Summe der erklärten Devianzen in den Modellen mit nur einer Variable. Das bedeutet, dass der Effekt der Nisthilfen «besser erkannt» wird, wenn die Anwesenheitsdauer des Viehs berücksichtigt wird. Der Effekt der Nisthilfen testet aber im verwendeten Modell nur den Unterschied zwischen Ställen mit und solchen ohne Kunstnester (Kategorien «keine Nisthilfe» oder «Stützen» vs. «Kunstnest» oder «beides», s. Abb. 1). Der grössere Unterschied besteht jedoch zwischen Ställen ohne und Ställen mit Stützen und/oder Kunstnestern. Letzteres konnte im Binomialmodell aus mathematischen Gründen nicht getestet werden (keine Varianz in Ställen ohne Nisthilfen). Abb. 1 zeigt aber, dass Mehlschnalben ausschliesslich an Ställen mit Nisthilfen beobachtet worden sind. Und der Fisher's Test zeigt, dass eine solche Beobachtung nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,05 auftritt, wenn Mehlschnalben unabhängig von Nisthilfen vorkommen würden.

Tab. 1. Einflüsse der Nutztierzahl, der Leerstandsdauer und der Art von Nisthilfen auf die Anzahl Rauchscharbenpaare und auf die Präsenz von Mehlschwalben in allen 7 neben dem Nullmodell möglichen Modellen. Die Modelle unterscheiden sich in der Zahl und Zusammensetzung der erklärenden Variablen. Für jedes Modell sind für die erklärenden Variablen die Koeffizienten (β) und die p-Werte des F-Testes angegeben. Die Art der Nisthilfe und die Leerstandsdauer wurden bei der Rauchscharbe als geordnete Faktoren behandelt. Entsprechend wurden lineare (L), quadratische (Q) und, für die Art der Nisthilfen, auch kubische (K) Effekte geschätzt. Für die Mehlschwalbe wurden die beiden Variablen binarisiert (s. Kap. 1.2). In den untersten vier Zeilen sind die Freiheitsgrade (FG) sowie die Residuen-, Null- und erklärte Devianz eingetragen. Signifikante Einflüsse ($p < 0,05$) sind fett markiert. – *Effects of number of livestock, duration of livestock absence, and type of artificial nest on the number of Barn Swallow breeding pairs («Rauchscharbe») and House Martin («Mehlschwalbe») presence in all seven models that can be constructed based on three predictor variables. The models differ in the number of composition of the predictor variables. For each model the model coefficient(s) (β) and the p-value of the F-test is given per predictor variable. In the Barn Swallow, the type of artificial nest and the duration of livestock absence were treated as ordered factors. Therefore, the linear (L), quadratic (Q) and cubic (K) trends were estimated for these variables. These variables were binarised for the House Martin. The lowest four rows contain the degrees of freedom (FG), the residual-, null- and explained deviance. Significant effects ($p < 0.05$), are marked in bold.*

Modell	1		2		3		4		5		6		7	
	Anzahl Variablen im Modell		β	p	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p
<i>Rauchscharbe</i>														
Anzahl Nutztiere	0,24	0,29	0,34	0,026	0,25	0,17	–	–	0,44	0,005	–	–	–	–
Nisthilfen	L	1,04	0,45	0,77	0,26	–	1,04	0,42	–	–	0,96	0,09	–	–
	Q	–0,66	–	–0,52	–	–	–0,52	–	–	–	–0,60	–	–	–
	K	0,37	–	0,22	–	–	0,54	–	–	–	0,37	–	–	–
Leerstandsdauer	L	–0,41	0,69	–	–	–0,75	0,39	–0,94	0,17	–	–	–	–	–1,26
	Q	–0,78	–	–	–	0,12	–	–0,96	–	–	–	–	–	–0,08
FG		19		21		22		20		24		22		23
Residuen-Devianz		29,4		31,0		35,0		31,9		37,8		40,0		37,9
Nulldevianz		52,4		52,4		52,4		52,4		52,4		52,4		52,4
Erklärte Devianz		23,0		21,4		17,4		20,5		14,6		12,4		14,5
<i>Mehlschwalbe</i>														
Anzahl Nutztiere	0,19	0,67	–0,04	0,91	0,04	0,92	–	–	–0,02	0,95	–	–	–	–
Nisthilfen	1,92	0,16	1,29	0,26	–	–	1,78	0,18	–	–	1,28	0,26	–	–
Leerstandsdauer	–1,45	0,37	–	–	–0,35	0,80	–1,03	0,43	–	–	–	–	–0,26	0,81
FG		23		24		24		24		25		25		25
Residuen-Devianz		20,6		21,4		22,6		20,8		22,6		21,4		22,6
Nulldevianz		22,7		22,7		22,7		22,7		22,7		22,7		22,7
Erklärte Devianz		2,1		1,3		0,1		1,9		0,1		1,3		0,1

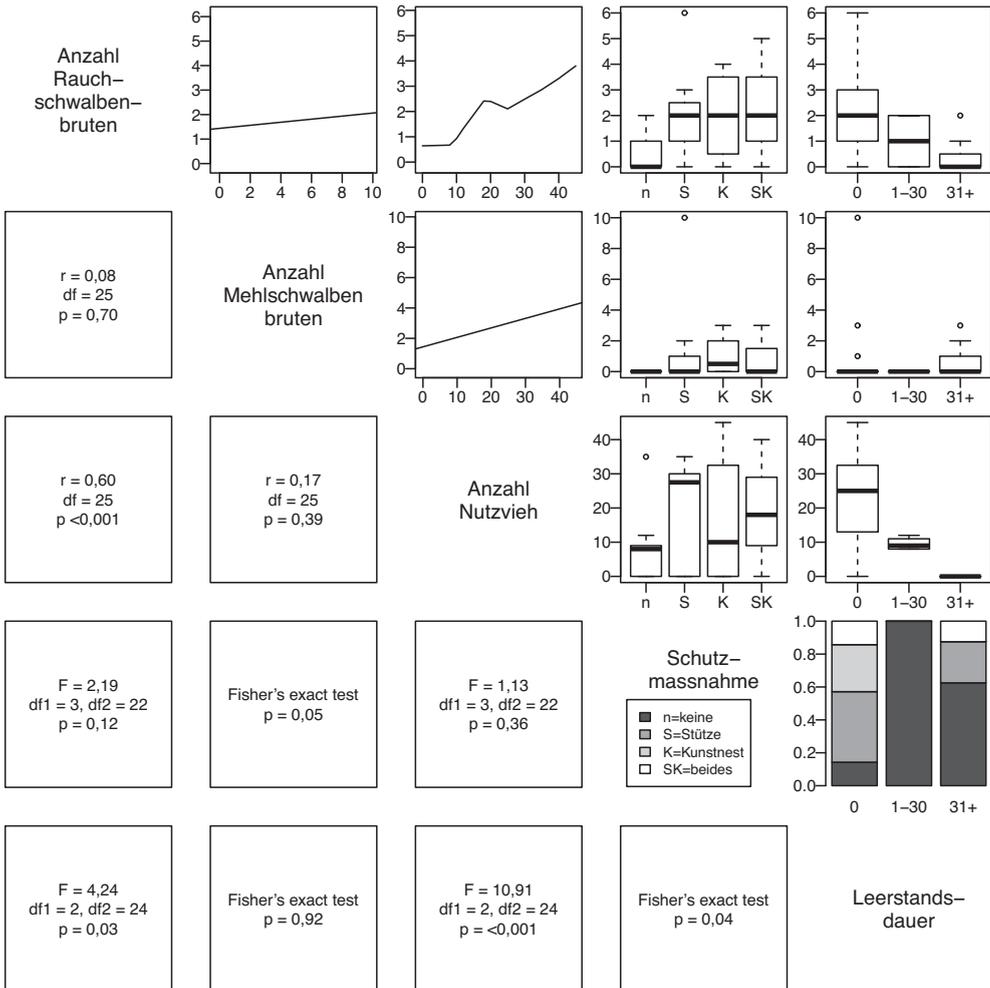


Abb. 1. Paarweise Korrelationen zwischen Anzahl Rauch- und Mehlschwalbenpaaren sowie Anzahl Nutzvieh, Leerstandsdauer und Art der Nisthilfen. In der oberen rechten Hälfte der Abbildung sind die Messdaten grafisch dargestellt, in der unteren linken Hälfte ist jeweils das Ergebnis des zugehörigen statistischen Tests angegeben. – Pair-wise correlation between numbers of Barn Swallow («Anzahl Rauchschwalbenbruten») and House Martin breeding pairs («Anzahl Mehlschwalbenbruten»), and the number of livestock («Anzahl Nutzvieh»), the type of artificial nest («Schutzmassnahme») and the duration of livestock absence («Leerstandsdauer»). In the upper right panel, the pair-wise relationships are presented graphically and in the lower left panel the corresponding statistical test results are given.

3. Diskussion

Die Resultate dieser Studie weisen auf die unterschiedlichen ökologischen Ansprüche der beiden Schwalbenarten hin. Die Rauchschal-

be war assoziiert mit Nutzvieh, während bei der Mehlschwalbe ein solcher Zusammenhang nicht nachgewiesen werden konnte. Sowohl die Anzahl Nutztiere als auch deren Anwesenheitsdauer in den Ställen korrelierten positiv

mit der Anzahl Rauchschnalbenpaare. Ob beide oder nur eine Variable für den gemeinsamen Einfluss verantwortlich sind, kann mit dem vorliegenden Datenmaterial nicht entschieden werden. Mehlschnalben brüteten ausschliesslich auf Bauernhöfen mit Nisthilfen. Ausserdem nisteten Mehlschnalben häufiger an Orten mit als an Orten ohne Kunstnester.

Die direkte Abhängigkeit der Rauchschnalben von Gebäuden mit Viehhaltung und von deren Nutzungsintensität dürfte auf der Tatsache beruhen, dass die Anwesenheit von Vieh in den Nisträumen das Mikroklima in Rauchschnalbennestern positiv beeinflusst (Ambrosini & Saino 2010, Grüebler et al. 2010). Insbesondere überleben mehr Nestlinge an

Neststandorten mit Viehpräsenz, was mit der höheren und konstanteren Temperatur im Nestbereich erklärt wird. Im Gegensatz zu traditionellen Ställen werden moderne Stallgebäude oft so konstruiert, dass durch gute Durchlüftung und grosse Öffnungen die Raumtemperatur nahe bei der Aussentemperatur liegt. Für Rauchschnalben können deshalb Änderungen in der Stallarchitektur oder in der Besetzungsdauer negative Auswirkungen haben. Diese Änderungen werden unter anderem durch den Wechsel von Milch- zu Fleischproduktion gefördert. Ausserdem gehen jährlich Brutplätze durch das Verschwinden von Landwirtschaftsbetrieben verloren. Ersatzstandorte wie Pferde­ställe und offene Unterstände könnten deshalb,

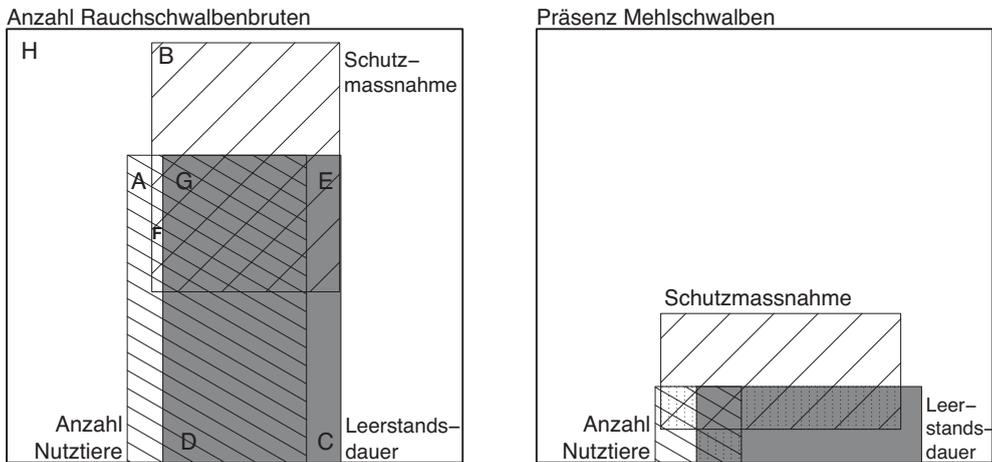


Abb. 2. Anteile der durch die drei Variablen «Nutztierzahl», «Leerstandsdauer» und «Nisthilfen» erklärten Devianz in der Anzahl Brutpaare von Rauchschnalben (links) und in der Präsenz von Mehlschnalben (rechts). Die Fläche des ganzen Rechteckes entspricht 100 % der Devianz in der Anzahl Rauchschnalbenpaare resp. in der Präsenz von Mehlschnalben. Die weisse, unschraffierte Fläche (H) entspricht dem Devianzanteil, der durch keine der 3 Variablen erklärt werden kann. Die Flächenanteile, die durch die drei schraffierten oder grauen Rechtecke markiert sind, entsprechen den durch die jeweilige Variable erklärten Devianzanteilen (s. Anhang). Überlappungen kommen durch Korrelationen unter den Variablen zustande. Punktiert schraffierte Flächen sind «negative» Überlappungen. Dies bedeutet, dass die erklärte Devianz im Modell mit beiden Variablen (um den punktiert schraffierten Flächenanteil) grösser ist als die Summe der erklärten Devianzen der beiden Modelle mit nur einer Variablen. – *Proportions of explained variances in the number of Barn Swallow breeding pairs (left) and in the presence of House Martin (right). The total area corresponds to 100 % of the variance in the number of Barn Swallow breeding pairs and the presence of House Martin, respectively. The white, non-hatched area (H) is the proportion of variance that cannot be explained by any of the three predictor variables. The proportions of variance explained by each of the three predictor variables are given in hatched and grey rectangulars (see Appendix). There is overlap due to correlation between the variables. Dotted hatched areas are negative overlaps. This is, because the explained variance of the model including both predictor variables is larger than the sum of the explained variances of the two models containing each of the variables alone.*

mit geeigneten Nistmöglichkeiten versehen, in Zukunft wichtiger werden. Massnahmen und Nisthilfen, die in offenen Gebäuden ein günstiges Mikroklima für das Nest schaffen, sind deshalb zu entwickeln und zu prüfen. Dadurch, dass die Mehlschwalbe in den allermeisten Fällen ausserhalb der Gebäude brütet, dürfte der Effekt des verbesserten Nestmikroklimas für die Mehlschwalbe von untergeordneter Bedeutung sein.

Ein weiterer Vorteil der Viehhaltung ist das erhöhte Angebot an fliegenden Insekten (Loske 1994, Möller 2001, Evans et al. 2007, Grüebler et al. 2008, 2010). Davon dürften beide Schwalbenarten profitieren. Allerdings wird in einer kleinräumig genutzten Landschaft, wie sie in Ettiswil und in grossen Teilen der Schweiz vorherrscht, der direkte räumliche Bezug zum Bauernhof verwischt. Viehhaltung erhöht das Nahrungsangebot auch auf Nachbarhöfen ohne Viehhaltung. Diese Zusammenhänge mit der Viehhaltung dürfen aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass das Nahrungsangebot nicht nur durch die Viehhaltung erhöht wird. Wichtig für die Flugjäger sind einerseits Strukturen und Mikrohabitate, in denen es viele fliegende Insekten gibt (wie z.B. Naturwiesen, Kleingewässer, Viehweiden, Komposthaufen usw.) und andererseits Orte, an denen Fluginsekten auch bei kühlem und regnerischem Wetter verfügbar bleiben. Dies ist insbesondere über Gewässern und an Gehölzen der Fall, also an Hecken, Waldrändern, in Obstgärten und unter grossen Einzelbäumen, wo sich Fluginsekten bei schlechtem Wetter akkumulieren (Grüebler et al. 2008). Da beide Schwalbenarten im Umkreis von 400–500 m um das Nest jagen (Bryant & Turner 1982, Turner 2006, van den Broek 2010), sollten die Nahrungsressourcen in der nahen Umgebung der Höfe vorhanden sein.

Die Auswirkungen des Mangels an Nistmaterial auf die Präsenz von Mehlschwalben sind schlecht untersucht. Es gibt aber gute Hinweise darauf, dass Nestbaumaterial ein limitierender Faktor ist. So nahmen die Kolonien und Paarzahlen in städtischen Gebieten Spaniens stärker ab als in Randgebieten, und besetzte Kolonien waren näher bei grösseren und dauerhaft lehmigen Stellen, als dies eine zufällige Ver-

teilung erwarten lassen würde (Murgui 2002). Auch über die Wirksamkeit von Kunstnestern zur Förderung von Mehlschwalbenpopulationen ist wenig bekannt. Viele Beispiele aus dem praktischen Vogelschutz lassen aber eine positive Wirkung erahnen. So gelingen immer wieder Umsiedlungen in Schwalbenhäuser (z.B. in Lausen, Kanton Basel-Landschaft; Oberer-Kundert 2010) und Neuansiedlungen an neuen Gebäuden mit glatter Fassade. In bestehenden Populationen werden angebotene Kunstnester regelmässig genutzt (z.B. Weiserbs et al. 2004). Die zahlreichen unbenutzt bleibenden Kunstnester lassen aber vermuten, dass neben dem Nistmaterial auch andere Faktoren wichtig sind, so z.B. das Nahrungsangebot oder soziale Faktoren. Auch in der vorliegenden Arbeit können keine gesicherten Aussagen zur Wirksamkeit von Kunstnestern gemacht werden. Ob die Korrelation zwischen Nisthilfen und Mehlschwalben dadurch zustande kommt, dass die Mehlschwalben aktiv Nisthilfen aufsuchen, oder dadurch, dass Menschen Nisthilfen dort anbringen, wo es bereits Mehlschwalben hat, kann nicht entschieden werden. Die Anzahl der Rauchschalbenpaare zeigt keinen Zusammenhang mit Art und Anzahl der Nisthilfen auf dem Hof. Das Nistmaterial ist wohl für die Rauchschalbe nicht limitierend. Rauchschalbennester werden oft mit Mist gebaut, der in Ställen gut verfügbar ist. Stützen wie eingeschlagene alte Mäherklingen oder Nägel (und auch Kunstnester) werden aber regelmässig angenommen und erhöhen vermutlich die Lebensdauer der Nester.

Zusammenfassung

Die Populationen von Rauch- und Mehlschwalben haben in den letzten Jahrzehnten europaweit abgenommen. Der Rückgang des Viehbestands und die Modernisierung von Stallgebäuden und Fahrwegen und damit die Verknappung von Nestbaumöglichkeiten werden als Hauptgründe angegeben.

Diese Arbeit ging der Frage nach, ob die Anzahl Tiere, die Besetzungsdauer der Ställe sowie die Präsenz von künstlichen Nisthilfen einen Einfluss auf die Zahl der Brutpaare von Rauch- und Mehlschwalben in Ettiswil (Kanton Luzern) haben.

Während der Brutsaison 2008 wurden in 27 Bauernhöfen die Zahl brütender Paare beider Schwalbenarten gezählt. Die Zahl der Tiere und deren Auf-

enthaltungsdauer im Stall wurde über die Betreiber erfragt, die künstlichen Nisthilfen gezählt.

Zuerst wurden die Korrelationen unter den erklärenden Variablen untersucht und danach mit generalisierten linearen Modellen die Einflüsse der erklärenden Variablen auf die Brutpaarzahl beschrieben. Total wurden 40 Rauch- und 19 Mehlschwalbenpaare gezählt.

Bei der Rauchschnalbe war die Brutpaarzahl positiv mit der Zahl der Nutztiere und deren Anwesenheitsdauer im Stall korreliert. Im Unterschied dazu hatte nur die Präsenz von künstlichen Nisthilfen einen Einfluss auf das Vorkommen der Mehlschnalbe.

Das Resultat zeigte die verschiedenen ökologischen Ansprüche der beiden Arten. Die Rauchschnalbe ist eng an Nutztiere gebunden. Diese enge Bindung ist einerseits aufgrund der durch die Nutztiere erhöhten Insektendichte zu erklären. Andererseits erwärmen die Nutztiere durch ihre Anwesenheit im Stall die Nestumgebung, womit für die Rauchschnalbe günstige mikroklimatische Bedingungen erreicht werden. Das Vorkommen von Mehlschnalben scheint eher durch das Vorhandensein von Nistmöglichkeiten limitiert zu sein. Die Arbeit zeigt, dass das Anbringen von künstlichen Nestern für die Mehlschnalbe wichtig und nützlich ist. Die Rauchschnalbe hingegen braucht ein hohes Angebot an Insekten sowie ein günstiges Mikroklima in der Nestumgebung. Letzteres zeigt, dass neue Massnahmen und Nisthilfen für die Rauchschnalbe entwickelt und geprüft werden sollten, die auch in modernen Ställen und anderen offenen Gebäuden ein günstiges Mikroklima für das Nest anbieten.

Dank. Ein herzliches Dankeschön gilt den Hofbesitzern und Hofbetreibern, die unsere Fragen freundlich beantworteten, namentlich Josef Baumann, Gabriela Felder, Josef Heer, Oskar Herzog, Theres Herzog, Heidy Hüslser, Walter Kaufmann, Viktor Krummenacher, Bernhard Künzli, Franz Künzli, Hans Künzli, Christa Marbach, Martina Müller, Bernadette und Hansjörg Schwegler, Theres Schwegler, Ursula Stadelmann, Thomas Steger, Joseph Steiner, Hans Steinmann, Franz Stocker, Kurt Stocker, Emilie Wälti, Josef Wetterwald, Franz Willi, Josef Willi und Jakob Ziswiler. Für die Durchsicht des Manuskripts danken wir Marc Kéry, Peter Knaus und Michael Schaub.

Literatur

- AMBROSINI, R., A. M. BOLZERN, L. CANOVA, S. ARIENI, A. P. MÖLLER & N. SAINO (2002): The distribution and colony size of barn swallows in relation to agricultural land use. *J. Appl. Ecol.* 39: 524–534.
- AMBROSINI, R., A. M. BOLZERN, L. CANOVA & N. SAINO (2002): Latency in response of barn swallow *Hirundo rustica* populations to changes in breeding habitat conditions. *Ecol. Lett.* 5: 640–647.
- AMBROSINI, R., R. P. FERRARI, R. MARTINELLI, M. ROMANO & N. SAINO (2006): Seasonal, meteorological, and microhabitat effects on breeding success and offspring phenotype in the barn swallow, *Hirundo rustica*. *Ecoscience* 13: 298–307.
- AMBROSINI, R. & N. SAINO (2010): Environmental effects at two nested spatial scales on habitat choice and breeding performance of barn swallow. *Evol. Ecol.* 24: 491–508.
- BirdLife International (2004): Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status. BirdLife Conservation Series no. 12. BirdLife International, Cambridge.
- BOLKER, B. M., M. E. BROOKS, C. J. CLARK, S. W. GEANGE, J. R. POULSEN, M. H. H. STEVENS & J.-S. S. WHITE (2008): Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends Ecol. Evol.* 24: 127–135.
- BRYANT, D. M. (1975): Breeding biology of House Martins *Delichon urbica* in relation to aerial insect abundance. *Ibis* 117: 180–216.
- BRYANT, D. M. & A. K. TURNER (1982): Central place foraging by swallows (Hirundinidae): the question of load size. *Anim. Behav.* 30: 845–856.
- EVANS, K. L., J. D. WILSON & R. B. BRADBURY (2007): Effects of crop type and aerial invertebrates abundance on foraging Barn Swallows *Hirundo rustica*. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 122: 267–273.
- GRÜEBLER, M. U., F. KORNER-NIEVERGELT & J. VON HIRSCHHEYDT (2010): The reproductive benefits of livestock farming in barn swallows *Hirundo rustica*: quality of nest site or foraging habitat? *J. Appl. Ecol.* 47: 1340–1347.
- GRÜEBLER, M. U., M. MORAND & B. NAEF-DAENZER (2008): A predictive model of the density of airborne insects in agricultural environments. *Agric., Ecosyst. Environm.* 123: 75–80.
- HECTOR, A., S. VON FELTEN & B. SCHMID (2010): Analysis of variance with unbalanced data: an update for ecology and evolution. *J. Anim. Ecol.* 79: 308–316.
- LOSKE, K.-H. (1994): Untersuchungen zu Überlebensstrategien der Rauchschnalbe (*Hirundo rustica*) im Brutgebiet. Diss. Univ. Bonn. Cuvillier, Göttingen.
- MANLY, B. F. J. (1994): Multivariate statistical methods, a primer. Chapman & Hall, London.
- MÖLLER, A. P. (2001): The effect of dairy farming on barn swallow *Hirundo rustica* abundance, distribution and reproduction. *J. Appl. Ecol.* 38: 378–389.
- MURGUI, E. (2002): Breeding habitat selection in the House Martin *Delichon urbica* in the city of Valencia (Spain). *Acta Ornithol.* 37: 75–83.
- OBERER-KUNDERT, S. (2010): Schwalbenhäuser für's Baselbiet. BNV-Mitteilungsblatt 2: 5.
- PEARL, J. (2000): Causality: models, reasoning and inference. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- PEARSON, K. (1901): On lines and planes of closest fit to systems of points in space. *Philosophical Mag.* 2: 559–572.

- STAHEL, W. A. (2000): Statistische Datenanalyse. Eine Einführung für Naturwissenschaftler. 3. Aufl. Vieweg, Wiesbaden.
- TATNER, P. (1978): A review of House Martin (*Delichon urbica*) in part of South Manchester, 1975. Naturalist 103: 59–68.
- TURNER, A. (2006): The Barn Swallow. Poyser, London.
- VAN DEN BROEK, K. (2010): Overlap of the ecological niches of the Barn Swallow *Hirundo rustica* and the House Martin *Delichon urbica* around farms. Aves 47: 75–83.
- VICKERY, J. A., J. R. TALLOWIN, R. E. FEBER, E. J. ASTERAKI, P. W. ATKINSON, R. J. FULLER & V. K. BROWN (2001): The management of lowland neutral grasslands in Britain: effects of agricultural practices on birds and their food resources. J. Appl. Ecol. 38: 647–664.
- WEISERBS, A., M. NINANNE & J.-P. JACOB (2004): Evolution de la population d'Hirondelles de fenêtre (*Delichon urbica*) à Bruxelles. Aves 41: 223–228.
- WRIGHT, S. S. (1921) Correlation and causation. J. Agric. Res. 20: 557–585.

Manuskript eingegangen 10. November 2010
Bereinigte Fassung angenommen 25. Juli 2011

Anhang

Berechnung der Flächenanteile zur Beschreibung der Anteile der Devianzen, die durch die drei erklärenden Variablen und deren Kombinationen erklärt werden.

Jede der acht Teilflächen in Abb. 2 entspricht einem definierbaren Anteil der Gesamtvarianz (Nulldevianz) in der abhängigen Variablen (Tab. 1). Die Gesamtfläche entspricht der Nulldevianz. Die weiße, unschraffierte Fläche (H) entspricht der Restdevianz, die durch keine der Variablen erklärt werden kann. Die Bedeutung der anderen Teilflächen sind:

- A Alleine – unabhängig von den anderen Variablen – durch Anzahl Nutztiere erklärte Devianz;
- B Alleine durch die Art der Nisthilfe erklärte Devianz;
- C Alleine durch die Leerstandsdauer erklärte Devianz;
- D Devianzanteil, der sowohl durch Anzahl Nutztiere wie auch durch die Leerstandsdauer erklärt wird;
- E Devianzanteil, der sowohl durch die Art der Nisthilfe wie auch durch die Leerstandsdauer erklärt wird;
- F Devianzanteil, der sowohl durch die Art der Nisthilfe wie auch durch die Anzahl Nutztiere erklärt wird;
- G Devianzanteil, der durch alle drei Variablen erklärt wird;
- H durch keine der drei Variablen zu erklärende Restdevianz.

Verschiedene Kombinationen der schraffierten Flächen ergeben die erklärten Devianzen der 8 Modelle. Somit kann folgendes lineares Gleichungssystem mit acht Gleichungen und acht unbekanntem (Teilflächen) erstellt und nach den acht Teilflächen aufgelöst werden:

$$\begin{array}{rcl}
 A + B + C + D + E + F + G + H & = & \text{Nulldevianz} \\
 A + D + F + G & = & \text{erklärte Devianz durch Anzahl Nutztiere (Modell 5)} \\
 B + E + F + G & = & \text{erklärte Devianz durch Art der Nisthilfe (Modell 6)} \\
 C + D + E + G & = & \text{erklärte Devianz durch Leerstandsdauer (Modell 7)} \\
 A + B + D + E + F + G & = & \text{erklärte Devianz durch Anzahl Nutztiere und Art der Nisthilfe} \\
 & & \text{(Modell 2)} \\
 A + C + D + E + F + G & = & \text{erklärte Devianz durch Anzahl Nutztiere und Leerstandsdauer} \\
 & & \text{(Modell 3)} \\
 B + C + D + E + F + G & = & \text{erklärte Devianz durch Art der Nisthilfe und Leerstandsdauer} \\
 & & \text{(Modell 4)} \\
 A + B + C + D + E + F + G & = & \text{erklärte Devianz durch alle 3 erklärenden Variablen (Modell 1)}
 \end{array}$$