

NATUR UND LANDSCHAFT

Zeitschrift für Naturschutz und Landschaftspflege

98. Jahrgang 2023 Heft

Seiten

DOI:

Welche Standortfaktoren beeinflussen die Besiedlung von Mehlschwalbentürmen in Ortslage?

Which site factors affect the occupancy of house martin towers in built-up areas?

Ortwin Elle und Melinda Lanfer

Zusammenfassung

Die vorliegende Studie untersucht auf breiter empirischer Datengrundlage, welche Standorteigenschaften die Besiedlungswahrscheinlichkeit eines Schwalbenturms (ST) erhöhen bzw. erniedrigen. Verwendet wurden einfach zu erfassende Variablen, die die Struktur der umgebenden Gebäude sowie die horizontale und vertikale Einbindung des ST in die urbane Umgebung charakterisieren. Als wichtigster Faktor stellte sich die Höhe der am ST befestigten Kunstnester in Relation zur Höhe des Dachüberstands der umgebenden Häuser heraus. Hängen die Kunstnester in niedrigerer Höhe, besteht eine signifikant höhere Wahrscheinlichkeit, dass dieser ST unbesiedelt bleibt als bei mindestens gleicher Höhe. Obwohl innerhalb des Spektrums mutmaßlich geeigneter Standorte bestimmte Konstellationen eine signifikant höhere Erfolgsquote als andere hatten, gab es für jeden Standorttyp mit Besiedlung auch Standorte mit nahezu identischen Eigenschaften, die unbesiedelt blieben. Deshalb kann es selbst an optimalen ST-Standorten keine Erfolgsgarantie geben. Für ST mit einer bestehenden Mehlschwalbenkolonie in der Umgebung ist die Chance einer Besiedlung 3,7-mal höher als in mehlschwalbenfreier Umgebung. Die Erfolgsquote schwankte in Abhängigkeit von den Standortfaktoren zwischen ca. 50 % und 100 %. Abschließend werden Empfehlungen für die Suche nach geeigneten ST-Standorten formuliert.

Schwalbenturm – *Delichon urbicum* – Brutkolonie – Besiedlung – logistische Regression – kategoriale Hauptkomponentenanalyse (CATPCA) – Continued-Ecological-Functionality(CEF)-Maßnahme

Abstract

The present study examines on a broad empirical base the question of which site factors increase or reduce the likelihood of occupancy of house martin towers (HMTs). All variables used are easy to record; they characterise the structure of the surrounding buildings as well as the horizontal and vertical embedding of the HMT into the urban environment. The height of the artificial nests on the HMT in relation to the height of the roof overhang of surrounding buildings proved to be the key factor. Where nests are lower, the probability of the HMT remaining unoccupied is significantly increased compared to HMTs with their nests at least at the same level as a nearby roof overhang. Although, within the spectrum of presumably suitable locations, some constellations had a significantly higher rate of success than others, for each successful site type there were sites with virtually identical characteristics that remained unoccupied. It follows that there can be no guarantee of success, even at sites considered optimal. HMTs with a neighbouring breeding colony of house martins have a 3.7 times greater likelihood of occupancy than HMTs with no breeding colony in their vicinity. The success rates of HMTs were found to vary between approximately 50 % and 100 %, depending on site factors. Finally, the article presents recommendations for the search for suitable HMT sites.

House martin tower – *Delichon urbicum* – Breeding colony – Occupancy – Logistic regression – Categorical principal components analysis (CATPCA) – Continued Ecological Functionality (CEF) measure

Manuskripteinreichung: 23.3.2022, Annahme: 18.10.2022

DOI: 10.19217/NuL2023-01-01

1 Einleitung

Die Errichtung sog. Mehlschwalbentürme, oft auch als Schwalbenhaus oder Schwalbenhotel bezeichnet, ist mittlerweile eine weit verbreitete Maßnahme zur Unterstützung der Mehlschwalbe (*Delichon urbicum*) in bebauter Ortslage (Wegener, Stork 2001; Wendt 2007; Meier 2014; Over 2015; Dietzen 2017; Schuldes 2020; Wegener, Zedler 2020). Dabei handelt es sich um eine überdachte, vier- oder mehreckige Bruthilfe in Form eines kleinen Hauses auf einem hohen Stahlmast, ausgestattet mit einer größeren Zahl von Kunstnestern. Diese sind am Turmkorpus an den Außenwänden unterhalb des Dachüberstands oder an anderen zu diesem Zweck geschaffenen Strukturen montiert. Je nach Modell werden den Schwalben so auf engstem Raum meist bis zu 50 Kunstnester angeboten (Abb. 1).

Insbesondere bei den Schwalbentürmen (ST), die als CEF-Ausgleichsmaßnahme (Continued Ecological Functionality) im Rahmen der Eingriffsregelung nach § 44 Abs. 5 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) geplant werden, ist der Erfolgsdruck (d. h. eine zeitnahe Besiedlung durch die Mehlschwalbe) für die Planerinnen und Planer besonders hoch, sollen derartige Maßnahmen doch per Definition die kontinuierliche Funktionsfähigkeit der von einem Eingriff betroffenen Fortpflanzungsstätten der Art gewährleisten (Runge et al. 2010). ST gehören anerkanntermaßen zu den CEF-Maßnahmen hoher bis sehr hoher Eignung, weil sie unter bestimmten Voraussetzungen eine hohe Erfolgswahrscheinlichkeit sowie eine zeitnahe Wirksamkeit haben können. Dennoch gibt es eine nicht unerhebliche Zahl von ST, die von Beginn an unbesetzt bleiben (z. B. van den Bremer et al. 2019; Elle et al. 2020). Nicht in jedem dieser Fälle sind offensichtliche Planungsfehler bei der

Standortsuche erkennbar, sodass die Ursache für den Misserfolg oft unklar bleibt.

Eine statistische Überprüfung der üblicherweise als relevant betrachteten Standortfaktoren auf breiter empirischer Datenbasis fehlt bisher. Sie ist aber Voraussetzung, um bei mehreren Standortoptionen innerhalb eines Projekts vor Errichtung des ST eine bessere Prognose über die jeweiligen Erfolgsaussichten abgeben zu können. Die vorliegende Studie füllt diese Lücke. Für 115 ST, die sich über ganz Deutschland verteilen, wurden der Besiedlungserfolg und die Standorteigenschaften im Umfeld des Turms erfasst und mithilfe multivariater statistischer Verfahren analysiert. Damit lässt sich erstmals quantitativ abschätzen, welche Merkmalskonstellationen eines Standorts die Besiedlungswahrscheinlichkeit eines ST erhöhen bzw. erniedrigen und wie hoch die Erfolgsaussichten selbst bei optimalen Standortfaktoren überhaupt sind. Darauf aufbauend werden abschließend Empfehlungen für die Suche geeigneter Standorte für ST gegeben.

2 Brutstandorte der Mehlschwalbe

Die Mehlschwalbe gehört laut § 7 BNatSchG zu den sog. besonders geschützten Arten. Sie brütet in Mitteleuropa v. a. in dörflichen und städtischen Sekundärlebensräumen an den Außenwänden nicht zu hoher Gebäude (überwiegend zwei- bis dreigeschossige Häuser), meist direkt unterhalb des Dachüberstands, wo sie ihr Lehmnest befestigt (Hund, Prinzinger 1985; Südbeck et al. 2005). Als Koloniebrüter, der in einigen Regionen Deutschlands seit vielen Jahren einen negativen Bestandstrend zeigt und seit der 5. Fassung der Roten Liste der Brutvögel Deutschlands als „gefährdet“ eingestuft wird (Grüneberg et al. 2015; Ryslavi et al. 2020), gehört sie zu den planungsrelevanten Tierarten im Rahmen der Eingriffsregelung.

Bevorzugte Koloniestandorte zeichnen sich insbesondere durch folgende Eigenschaften aus (z. B. Bauer et al. 2005):

- Vorhandensein geeigneter Strukturen für die Nestanbringung unterhalb des Dachüberstands in der bevorzugten Höhe über Grund,
- Gewährleistung eines ungehinderten Anflugs der Schwalben an das nesttragende Gebäude,
- vor Nestprädatoren geschützte Lage der Nester,
- Verfügbarkeit von Nistmaterial in der Nähe der Brutgebäude.

3 Methoden

3.1 Standortauswahl und -charakterisierung

Die Kriterien zur Standortauswahl der ST sowie deren Lage sind Abschnitt 1 im Online-Zusatzmaterial unter https://online.natur-und-landschaft.de/zusatz/1_2023_A_Elle zu entnehmen. Bei den Variablen zur Standortcharakterisierung der ST handelt es sich fast durchweg um nominal- oder ordinalskalierte Variablen mit zwei bis vier Kategorien,



Abb. 1: Schwalbenturm mit 48 Kunstnestern (Standort: Trier-Petrisberg). (Foto: Ortwin Elle)

Fig. 1: House martin tower with 48 artificial nests (location: Trier-Petrisberg).

die sich vor Ort ohne aufwändige Messungen schnell erheben lassen (die Variablen mit den zugehörigen Kategorien sind in Tab. 1 beschrieben). Die Variablen Ortslage (OrtsL), vorherrschende Gebäudehöhe (GbHoeH) und Anzahl der Bäume (nBaum) decken die wesentlichen Eigenschaften der direkten Umgebung eines ST ab. Ferner wurden Variablen aufgenommen, die die räumlichen Beziehungen zwischen dem ST (bzw. den Kunstnestern) und den umgebenden Gebäuden berücksichtigen: Höhe der Kunstnester am Schwalbenturm in Relation zum Dachüberstand der umgebenden Häuser (TmHoeH), Entfernung des Schwalbenturms zum nächsten Gebäude (GbEntf bzw. kGbEntf). Die Variablen Verfügbarkeit von Nistmaterial (NistM), Zugänglichkeit der Kunstnester für nicht flugfähige Prädatoren (ZPraed) und Präsenz von Brutkolonien in der Nähe (Kolnah) sind jeweils binäre Variablen vom Typ „ja/nein“, bei deren Zutreffen entweder eine deutliche positive oder eine deutliche negative Wirkung auf die Besiedlungswahrscheinlichkeit eines ST erwartet wird. Bauliche Eigenschaften des ST-Korpus (Form, Größe, Material, Farbe) wurden hier nicht berücksichtigt, weil die untersuchten ST diesbezüglich recht einheitlich waren.

Tab. 1: Variablen zur Charakterisierung der Standorte der Schwalbentürme (Kategoriennummerierung der kategorialen Variablen in Klammern).

Table 1: Variables to characterise the sites of house martin towers (numbering of categories for categorical variables in brackets).

Variable	Beschreibung und Skala bzw. Kategorien der Ausprägung
OrtsL	Ortslage: (1) innerorts; (2) peripher; (3) außerhalb
GbEntf	Entfernung des Schwalbenturms zum nächsten Gebäude in m
kGbEntf	Wie GbEntf, aber kategorial: (1) bis 30 m; (2) > 30 – 70 m; (3) > 70 – 100 m
GbHoeH	Vorherrschende Gebäudehöhe (Anzahl der Stockwerke = SW, inkl. Erdgeschoss) der umgebenden Gebäude: (1) 1 SW; (2) 2 SW; (3) 3 SW; (4) 4 und mehr SW
TmHoeH	Höhe der Kunstnester am Schwalbenturm in Relation zur Höhe des Dachüberstands der umgebenden Häuser: (1) Kunstnester höher; (2) gleich hoch; (3) niedriger
nBaum	Anzahl der Bäume in der Umgebung (bis ca. 50 m): (1) Standort baumfrei; (2) Einzelbäume; (3) Baumgruppen
NistM	Verfügbarkeit von Nistmaterial: (1) verfügbar; (2) nicht verfügbar
ZPraed	Zugänglichkeit der Kunstnester für nicht flugfähige Prädatoren: (1) ja; (2) nein
Kolnah	Brutkolonie in der Nähe (bis ca. 100 m): (1) vorhanden; (2) nicht vorhanden

3.2 Statistik

Um zu untersuchen, ob es einen Zusammenhang zwischen den Standorteigenschaften in der näheren Umgebung eines ST und dessen Besiedlungserfolg gibt, wurden die Variablen zunächst univariat untersucht. Bei den kategorialen Variablen kam dafür der Pearson-Chi-Quadrat-Test zum Einsatz (ggf. mit paarweisen z-Tests als Post-hocs, bonferroni-korrigiert) bzw. bei erwarteten Häufigkeiten < 5 der exakte Test nach Fisher. Bei der einzigen metrisch skalierten Variablen (GbEntf) wurde der Welch-Test verwendet (Ruxton 2006; Crawley 2015). Getestet wurde jeweils auf dem 5 %-Signifikanzniveau.

Zur Untersuchung der Besiedlungswahrscheinlichkeit der ST kam eine logistische Regression zum Einsatz. Die Standortcharakteristika besiedelter und unbesiedelter ST wurden mithilfe einer kategorialen Hauptkomponentenanalyse (CATPCA) untersucht. Details zur Datenerhebung und Statistik finden sich in Abschnitt 2 im Online-Zusatzmaterial.

4 Ergebnisse

4.1 Erfolgsquote und Dauer bis zur Besiedlung

Von den 115 untersuchten ST wurden im Jahr 2018 insgesamt 58 ST von Mehlschwalben zum Brüten genutzt – das ist fast exakt die Hälfte (50,4 %). Betrachtet man nur die Standorte, an denen nachweislich in einem Umkreis von 100 m bereits Mehlschwalbenkolonien vorhanden waren (n = 38), so erhöht sich die Erfolgsquote bei 25 besetzten ST auf knapp zwei Drittel (65,8 %, Chi-Quadrat-Test, p = 0,052).

Für 35 ST ist bekannt, wie lange es gedauert hatte, bis sie von Schwalben besiedelt wurden. 16 ST wurden bereits im Jahr ihrer Errichtung besiedelt, 11 weitere ST im Jahr darauf. Demnach wurden 77,1 % der besiedelten ST mit bekannter Besiedlungshistorie innerhalb kürzester Zeit (zwei Jahre) von den Schwalben angenommen. 6 ST wurden im übernächsten Jahr besiedelt und jeweils ein ST wurde erst 4 Jahre bzw. 6 Jahre nach der Errichtung besiedelt.

4.2 Standortfaktoren

Die Verteilung der besiedelten bzw. unbesiedelten ST auf die verschiedenen Kategorien der Variablen ist in Abb. 2 ersichtlich (zu den Abkürzungen der Variablen siehe Tab. 1). Ein signifikanter Unterschied (p < 0,05) ergibt sich nur für die Variablen GbEntf und TmHoeh. Im Einzelnen lassen sich folgende Ergebnisse festhalten:

- **Variable OrtsL:** ST innerhalb der Ortslage erzielten mit 58,3 % die höchste Erfolgsquote. Im Vergleich dazu wurden in der Ortsperipherie 46,4 % und außerhalb bebauter Ortslagen 36,4 % aller ST besiedelt.

Letztere Kategorie war jedoch nur mit 11 Standorten vertreten. Insgesamt waren die Unterschiede bei der Variablen OrtsL statistisch nicht signifikant (Chi-Quadrat-Test, p = 0,297).

- **Variable GbEntf:** 80,0 % aller besetzten ST sind maximal 30 m zum nächstgelegenen Gebäude entfernt. Ein ST mit erfolgreicher Besiedlung steht in einer durchschnittlichen Entfernung von 25,47 m (Standardfehler – SF: 2,87 m) zum nächstgelegenen Gebäude, für ST ohne Besiedlung liegt der Wert bei 36,54 m (SF: 4,29 m). Der Unterschied ist signifikant (Welch-Test, p = 0,034).

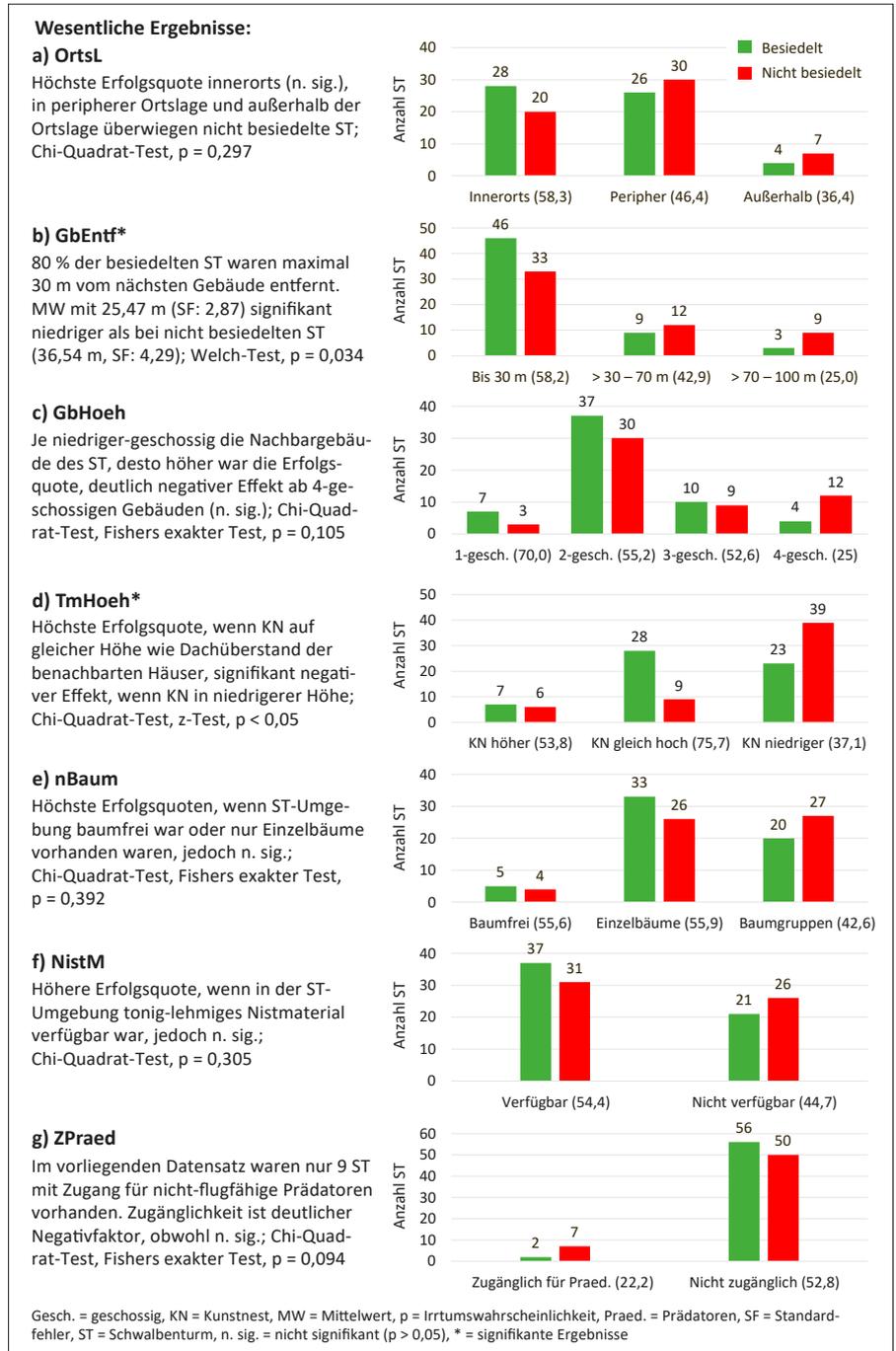


Abb. 2: Häufigkeiten besiedelter (grün) und nicht besiedelter (rot) Schwalbentürme nach Standortvariablen. Die Kategorienachse zeigt in Klammern die jeweiligen Erfolgsquoten in %. Für die gebäudebezogenen Variablen GbEntf, GbHoeh und TmHoeh gilt n = 112, für alle anderen Variablen n = 115; Erläuterungen der Variablenkürzel: siehe Tab. 1, S. 3.

Fig. 2: Frequencies of occupied (green) and not occupied (red) house martin towers by site variables. X-axis shows percentage success rates in brackets. For the building-related variables GbEntf, GbHoeh and TmHoeh: n = 112, for all other variables: n = 115; see Table 1, p. 3, for explanations of the variable abbreviations.

Tab. 2: a) Koeffizienten des verwendeten logistischen Regressionsmodells. Positive Koeffizienten erhöhen die Chance des Referenzereignisses („Turm wurde besiedelt“), negative Koeffizienten verringern sie. Bei metrisch skalierten Variablen (nur GbEntf) zeigt der Effekt-Koeffizient Exp(B) an, um welchen Faktor sich die Chance des Referenzereignisses bei Erhöhung um eine Maßeinheit der betreffenden Variablen erhöht bzw. verringert. Bei kategorialen Variablen (alle anderen hier verwendeten Variablen) bezieht sich der Faktor auf den Wert der jeweiligen Referenzkategorie (REF-KAT) der betreffenden Variablen. Erläuterungen der Variablenkürzel und der Nummerierung der Variablenkategorien: siehe Tab. 1, S. 3. b) Trefferquoten des logistischen Regressionsmodells, n = 112; Gesamttrefferquote des Modells: 69,6 %.

Table 2: a) Coefficients of the logistic regression model applied. Positive coefficients increase the odds of the reference outcome (“tower occupied”), negative coefficients reduce it. In metric variables (only GbEntf), the odds ratio Exp(B) indicates the factor by which the odds of the reference outcome is increased or reduced when increasing the value of the respective metric variable by one unit. In categorical variables (all other variables used), the odds ratio refers to the odds of the respective categorical variable's reference category (REF-KAT); see Table 1, p. 3, for explanations of the variable abbreviations and the numbering of variable categories. b) Success rates of the logistic regression model, n = 112; total success rate of the model: 69.6 %.

a) Koeffizienten der logistischen Regression			
Variablenkategorie	Regr-K. B	Sig	Exp(B)
OrtsL_3 (außerhalb)	REF-KAT	0,743	–
OrtsL_1 (innerorts)	0,594	0,558	1,810
OrtsL_2 (peripher)	0,249	0,788	1,282
GbEntf (metrisch)	–0,013	0,131	0,987
GbHoeh_4 (4+SW)	REF-KAT	0,668	–
GbHoeh_1 (1SW)	0,591	0,608	1,807
GbHoeh_2 (2SW)	0,181	0,806	1,198
GbHoeh_3 (3SW)	0,786	0,314	2,195
TmHoeh_3 (KNniedr)	REF-KAT	0,022*	–
TmHoeh_1 (KNhoeh)	0,805	0,254	2,340
TmHoeh_2 (KNgleich)	1,661	0,006*	5,266
nBaum_3 (Ba-Gruppe)	REF-KAT	0,524	–
nBaum_1 (Ba-frei)	0,578	0,475	1,783
nBaum_2 (Einzel-Ba)	0,501	0,287	1,650
NistM_1 (verfügbar)	0,524	0,263	1,689

b) Klassifizierungstabelle			
Beobachtet	Vorhergesagt		Korrekt [%]
	Besiedelt	Nicht besiedelt	
Besiedelt	39	15	72,2
Nicht besiedelt	19	39	67,2

Ba = Baum, Exp(B) = Effekt-Koeffizient von B, KN = Kunstnest, REF-KAT = Referenzkategorie, Regr-K. B = Regressionskoeffizient B, Sig = Signifikanz, SW = Stockwerk, * = signifikantes Ergebnis

- **Variable GbHoeh:** Die höchsten Erfolgsquoten traten auf, wenn am Standort um den ST niedrige Gebäude mit einem Stockwerk (70,0% Erfolgsquote) oder zwei Stockwerken (55,2% Erfolgsquote) vorherrschten, wobei die erstgenannte Kategorie nur mit wenigen Standorten vertreten war. An Standorten mit überwiegend dreigeschossigen Gebäuden hielt sich die Anzahl der ST mit erfolgreicher und erfolgloser Besiedlung in etwa die Waage (52,6% erfolgreich), wohingegen bei vorherrschend vier- und höhergeschossigen Gebäuden Türme ohne Besiedlung mit 75,0% deutlich überwogen. Aber auch diese Kategorie war im Datensatz stark unterrepräsentiert. Insgesamt lässt sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der vorherrschenden Stockwerkszahl der umliegenden Gebäude und dem Besiedlungserfolg nachweisen (Chi-Quadrat-Test, Fishers exakter Test, p = 0,105).
- **Variable TmHoeh:** Die höchste Erfolgsquote hatten ST, deren Kunstnester etwa auf gleicher Höhe wie der Dachüberstand der umgebenden Häuser waren (Kategorie 2). 28 von 37 ST (75,7%) dieser Kategorie wurden erfolgreich besiedelt. Bei den wenigen ST der Kategorie 1, deren Kunstnester höher als der umgebende Dachüberstand waren, war das Verhältnis erfolgreicher zu erfolgloser Besiedlung mit 7 zu 6 fast ausgeglichen. Die meisten ST (n = 62) gehörten zur Kategorie 3, bei der die Höhe der Kunstnester niedriger als der Dachüberstand der umgebenden Häuser war. Von diesen wurden nur 23 ST (37,1%) von Mehlschwalben als Bruthilfe angenommen. Die Variable TmHoeh hatte insgesamt einen signifikanten Einfluss auf die Erfolgsquote der ST (Chi-Quadrat-Test, p = 0,001), wobei sich in den Post-hocs nur die Unterschiede

zwischen Kategorie 2 und 3 als signifikant herausstellten (z-Test, p < 0,05).

- **Variable nBaum:** Komplett baumfreie Standorte zeigten bei der Erfolgsquote in etwa ausgeglichene Verhältnisse (55,6% mit Besiedlung), waren im Datensatz aber stark unterrepräsentiert. ST mit vereinzelt Bäumen in der Umgebung (Kategorie 2) hatten mit 55,9% eine nahezu identische Erfolgsquote wie die baumfreien Standorte, mit 33 erfolgreich besiedelten ST allerdings auf sehr viel breiterer Datenbasis. An Standorten mit kleineren Baumgruppen in der Umgebung überwogen mit 57,4% die unbesiedelten ST. Dennoch ließ sich bzgl. der Variable nBaum kein signifikanter Einfluss auf die Erfolgsquote nachweisen (Chi-Quadrat-Test, Fishers exakter Test, p = 0,392).
- **Variable NistM:** Bezüglich der Verfügbarkeit von Nistmaterial am Standort war die Erfolgsquote zwar höher, wenn geeignete Stellen für die Aufnahme tonig-lehmigen Materials in der Umgebung vorhanden waren (54,4% gegenüber 44,7% beim Fehlen solcher Stellen). Dieser Zusammenhang war jedoch statistisch nicht signifikant (Chi-Quadrat-Test, p = 0,305).
- **Variable ZPraed:** Nur zwei (22,2%) der neun ST, die durch direkt angrenzende Bäume einer erhöhten Prädationsgefahr ausgesetzt sind, wurden von der Mehlschwalbe besiedelt. Der Einfluss dieser Variablen war statistisch nicht signifikant (Chi-Quadrat-Test, Fishers exakter Test, p = 0,094).
- **Kolnah:** Diese in Tab. 1 aufgeführte Variable wurde nicht als Einzelvariable, sondern ausschließlich bzgl. ihrer förderlichen Wirkung auf die Besiedlungswahrscheinlichkeit unterschiedlicher Standortkonstellationen untersucht (vgl. Abschnitt 5.2, S. 7 f.).

4.3 Besiedlungswahrscheinlichkeit

Tab. 2a, S. 5 zeigt die Koeffizienten der logistischen Regression. Als binäre abhängige Variable wurde untersucht, ob ein ST von Mehlschwalben besiedelt wurde (Referenzereignis) oder unbesiedelt blieb. Als erklärende Variablen wurden die Variablen OrtsL, GbEntf, GbHoeh, TmHoeh, nBaum und NistM verwendet. Nachfolgend im Text entsprechen bei den kategorialen Variablen die Zahlen nach den Variablennamen der Kategoriennummer gemäß Tab. 1, S. 3. Die Variable ZPraed wurde wegen der geringen Zahl der ST mit Prädatorenzugang (n=9) nicht in das logistische Regressionsmodell aufgenommen. Ihr zweifellos vorhandener Einfluss wird an anderer Stelle berücksichtigt (vgl. Abb. 2, S. 4, und Abschnitt 5.2).

Nur die Variable TmHoeh hat einen statistisch signifikanten Einfluss auf den Besiedlungserfolg (p=0,022). Gegenüber der Referenzkategorie TmHoeh_3 (Kunstnester sind niedriger als der Dachüberstand der umgebenden Gebäude) erhöht sich die Chance für das Referenzereignis „Besiedlung erfolgreich“ signifikant um das 5,3-fache, wenn die Nester des ST etwa auf Höhe des Dachüberstands der umgebenden Gebäude sind (TmHoeh_2, p=0,006). Kunstnester, die höher als der Dachüberstand der Umgebung hängen (TmHoeh_1), erhöhen ebenfalls die Chance einer Besiedlung. Sie steigt gegenüber der Referenzkategorie um das 2,3-fache, allerdings ist dieses Ergebnis nicht signifikant (p=0,254).

Bezüglich der anderen Variablen sind die Ergebnisse der logistischen Regression statistisch nicht signifikant. Sie werden hier dennoch kurz vorgestellt, weil sie möglicherweise Tendenzen widerspiegeln, die sich durch weitere Studien erhärten ließen. Es ist erkennbar, dass ST in Ortslage (OrtsL_1) bzw. ST in randlicher Ortslage (OrtsL_2) gegenüber der Referenzkategorie OrtsL_3 (außerhalb der Ortslage) eine 1,8- bzw. 1,3-mal höhere Chance auf Besiedlung haben (p=0,743). Der (leicht) negative Koeffizient (-0,013) der einzigen metrisch skalierten Variablen GbEntf zeigt, dass mit zunehmender Entfernung des ST von einem Gebäude die Chance (leicht) sinkt, besiedelt zu werden (p=0,131). Bezüglich der vorherrschenden Geschosshöhe der umgebenden Gebäude (GbHoeh) zeigt sich, dass gegenüber einer Umgebung mit vier- und höhergeschossigen Gebäuden (GbHoeh_4) niedrigere Geschosshöhen die Chance auf eine Besiedlung auf bis das 2,2-fache erhöhen (p=0,668). ST an Standorten ohne oder höchstens mit einzelnen Bäumen in der Umgebung (nBaum_1 bzw. nBaum_2) haben gegenüber Standorten mit Baumgruppen (nBaum_3) eine mehr als 1,5-fache Chance, von Mehlschwalben besiedelt zu werden (p=0,524). Die Verfügbarkeit von Nistmaterial in der Umgebung eines ST (NistM_1) erhöht gegenüber Standorten ohne verfügbares Nistmaterial (NistM_2) die Chance auf eine Besiedlung um den Faktor 1,7 (p=0,263).

Das logistische Regressionsmodell hat eine Gesamt-Trefferquote von 69,6 %. Sowohl unter den besiedelten als auch unter den nicht besiedelten ST wurden 39 ST durch das Modell korrekt klassifiziert, was jeweils einem Anteil von über zwei Drittel entspricht (Tab. 2b).

Die Hinzunahme der Variablen Kolnah zu den erklärenden Variablen (in Tab. 2, S. 5, nicht gezeigt) führt zu einem leicht verbesserten logistischen Regressionsmodell, bei dem mit TmHoeh (p=0,033) und Kolnah (p=0,017) zwei Variablen einen signifikanten Beitrag zur Erklärung der binären Response-Variablen leisten. Laut Effekt-Koeffizienten ist für einen ST mit einer bestehenden Mehlschwalbenkolonie in der näheren Umgebung die Chance für eine Besiedlung um das 3,7-fache höher als bei ST in mehlschwalbenfreier Umgebung. Die Zahl der korrekt klassifizierten ST steigt gegenüber dem ersten Modell um 4 auf insgesamt 82 ST (73,2 %).

4.4 Standortkonstellationen

Die CATPCA brachte drei Hauptkomponenten (HK) mit einem Eigenwert > 1 hervor, die insgesamt 71,4 % der Varianz erklären. Cronbachs Alpha liegt bei einem Gesamtwert von 0,92 und zeigt somit eine geeignete Variablenauswahl für die Ableitung der HK

Tab. 3: Ladungsmatrix der kategorialen Hauptkomponentenanalyse (CATPCA). Ladungsbeträge > 0,6 sind in fetter Schrift hervorgehoben. Erläuterungen der Variablenkürzel: siehe Tab. 1, S. 3.

Table 3: Loadings of categorical principal components analysis (CATPCA). Absolute values of loadings > 0.6 are highlighted in bold letters. See Table 1, p. 3, for explanations of the variable abbreviations.

	HK1	HK2	HK3
OrtsL	-0,115	0,818	0,233
kGbEntf	0,206	0,791	-0,166
GbHoeh	0,887	0,033	-0,098
TmHoeh	0,887	0,022	0,109
nBaum	0,116	-0,144	0,834
NistM	0,139	-0,370	-0,606
Eigenwert	1,661	1,454	1,167
% der Varianz	27,69	24,23	19,45

HK = Hauptkomponente

an (vgl. Abschnitt 2 im Online-Zusatzmaterial für weitere Erklärungen). HK1 wird vor allem durch die Variablen GbHoeh und TmHoeh definiert, HK2 durch die Variablen OrtsL und kGbEntf und HK3 durch die Variablen nBaum und NistM (Tab. 3).

Abb. 3 zeigt im durch HK1 und HK2 aufgespannten Merkmalsraum die Positionierung der besiedelten und nicht besiedelten ST. Negative Werte bei HK1 stehen für eine Turmumgebung mit überwiegend niedrigen Häusern sowie für Kunstnester, die am ST auf gleicher Höhe oder höher als der umgebende Dachüberstand angebracht sind. Positive HK1-Werte stehen dagegen für eine Umgebung

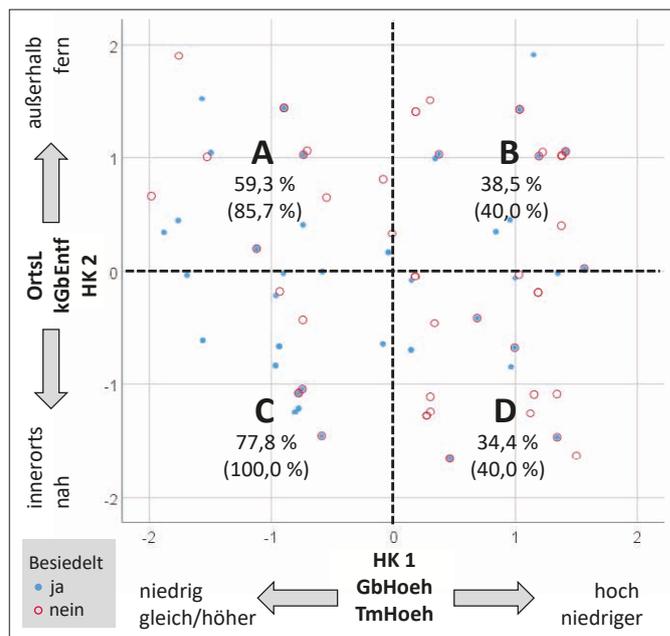


Abb. 3: Ergebnisse der kategorialen Hauptkomponentenanalyse (CATPCA). Dargestellt wird der durch die ersten beiden Hauptkomponenten definierte Merkmalsraum (n=112). Die Prozentwerte geben die Erfolgsquote pro Quadrant an (in Klammern nur für Schwalbentürme mit Mehlschwalbenkolonien in der Umgebung). Quadrant A: n=27, B: n=26, C: n=27, D: n=32. Weitere Erläuterungen in Abschnitt 4.4; Erläuterungen der Variablenkürzel: siehe Tab. 1, S. 3.

Fig. 3: Results of the categorical principal components analysis (CATPCA). The Figure shows feature space defined by the first two principal components (n=112). The percentage values indicate the success rates by quadrant (in brackets only for house martin towers with breeding colonies in the vicinity). Quadrant A: n=27, B: n=26, C: n=27, D: n=32. See Section 4.4 for further explanations; see Table 1, p. 3, for explanations of the variable abbreviations.

aus höheren Häusern und für Kunstnester, die am ST niedriger als der umgebende Dachüberstand hängen. Bei HK2 stehen die negativen Komponentenwerte für ST innerhalb der Ortslage, die sich außerdem in eher geringer Entfernung zum nächstgelegenen Gebäude befinden. Das obere Ende des HK2-Gradienten repräsentiert dagegen ST, die an der Ortsperipherie oder außerorts stehen und eine größere Entfernung zum nächstgelegenen Gebäude einnehmen. Sowohl besiedelte als auch nicht besiedelte ST verteilen sich über die gesamte Diagrammfläche (d. h. über das gesamte untersuchte urbane Spektrum) und in zahlreichen Fällen ist die Position von ST mit und ohne Besiedlung sogar nahezu deckungsgleich.

Dennoch sind im Detail räumliche Ungleichgewichte innerhalb beider ST-Kategorien erkennbar. Um diese genauer zu untersuchen, wurde der Merkmalsraum in [Abb. 3](#) entlang der beiden Null-Linien von HK1 bzw. HK2 in vier Quadranten unterteilt, die jeweils für eine bestimmte Konstellation der Umgebungsvariablen stehen. Die verschiedenen innerhalb dieser Quadranten aufgetretenen Erfolgsquoten unterscheiden sich signifikant voneinander (Chi-Quadrat-Test, $p = 0,003$). Die mit Abstand höchste Erfolgsquote (77,8 %) trat mit 21 besiedelten zu 6 nicht besiedelten ST in Quadrant C auf, gefolgt von Quadrant A (59,3 %, 16 : 11), wo ebenfalls die besiedelten ST überwogen. In den Quadranten B (38,5 %, 10 : 16) und D (34,4 %, 11 : 21) gab es dagegen deutlich mehr nicht besiedelte als besiedelte ST. Trotzdem wurde auch in Quadrant D immerhin noch ein Drittel aller ST besiedelt. Bei den paarweisen Vergleichen (Post-hocs) zwischen den Quadranten unterschied sich lediglich Quadrant C jeweils signifikant von Quadrant D bzw. B (z-Test, $p < 0,05$). Alle anderen Paarungen ergaben keine statistisch signifikanten Ergebnisse.

[Abb. 3](#) zeigt auch für jeden Quadranten die Erfolgsquoten der ST, die jeweils eine Mehlschwalbenkolonie in der näheren Umgebung hatten ($n = 38$, vgl. [Abschnitt 4.1](#), S. 4 ff.). Für diese Teilmenge waren die Erfolgsquoten v. a. in den Quadranten A (85,7 %) und C (100,0 %) deutlich höher als für die Gesamtheit aller ST.

5 Diskussion

5.1 Relevanz der Standortfaktoren

[Abb. 3](#) zeigt deutlich, dass es innerhalb des gesamten urbanen Spektrums, in dem sich die untersuchten ST befinden, zu einer Annahme der ST durch die Mehlschwalbe gekommen ist. Das verwundert insofern nicht, als hinter jedem ST-Projekt die Expertise erfahrener Fachleute steht und somit vollkommen ungeeignete Standorte in dieser Studie gar nicht vertreten waren. Auch die etwa 50 % nicht besiedelter ST, die im Bezugsjahr 2018 (vermutlich jeweils seit ihrer Errichtung) unbesetzt waren, decken das gesamte urbane Spektrum ab und nehmen im Merkmalsraum durchweg Positionen ein, die in der Nähe zu erfolgreichen ST-Projekten liegen oder sogar deckungsgleich mit diesen sind. Insofern ist das Ausbleiben der Besiedlung bei diesen ST in den allermeisten Fällen nicht auf offensichtliche Fehler bei der Planung bzgl. Positionierung des ST zurückzuführen, weil es andernorts ST-Projekte gibt, die jeweils in vergleichbarer Umgebung erfolgreich waren.

Im Detail gibt es jedoch signifikante Abweichungen von der Gesamterfolgsquote von ca. 50 %. So zeigt der Anteil von 77,8 % besiedelter ST in Quadrant C ([Abb. 3](#)), dass die Erfolgsaussichten eines ST-Projekts am höchsten sind, wenn der ST in Ortslage mit vorherrschend niedrigen Gebäuden in nicht zu weiter Entfernung zu einem Gebäude so installiert wird, dass die Kunstnester in etwa in Höhe des Dachüberstands der umgebenden Gebäude am ST befestigt sind. Direkt unterhalb des Dachüberstands bauen die Mehlschwalben normalerweise ihre Nester, wenn sie an einem Gebäude brüten ([Südbeck et al. 2005](#)). Im Vergleich dazu war die Erfolgsquote des Quadranten D mit 34,4 % signifikant niedriger ([Abb. 3](#)). Dieser Quadrant steht für eine Konstellation, bei der die Gebäude in Ortslage eher höher (drei- oder viergeschossig) waren und/oder die Kunstnester in einer deutlich niedrigeren Höhe als

der Dachüberstand der umgebenden Häuser am ST angebracht waren. Auch die logistische Regression ([Tab. 2](#), S. 5) und die Ergebnisse der Chi-Quadrat-Tests ([Abb. 2](#), S. 4) bestätigen tendenziell die negative Wirkung höherer Gebäude auf die Erfolgsaussichten der ST.

Die Quadranten A und B sind in gleicher Weise entlang der HK1 angeordnet wie die Quadranten C und D. Wie die höheren Werte der Quadranten A und B auf der HK2 zeigen, stehen die durch diese Quadranten repräsentierten ST allerdings eher an der Ortsperipherie oder schon außerhalb der eigentlichen Ortslage und auch die Entfernung zwischen ST und nächstgelegenen Gebäude ist hier etwas größer als in den Quadranten C und D.

Vermutlich wirkt das ungünstige Verhältnis zwischen der Höhe der Kunstnester im Vergleich zur Höhe des Dachüberstands der Gebäude in Quadrant B deutlich stärker erfolgsmindernd als ihre Positionierung bzgl. der Ortslage. Das zeigt sich nicht nur in der deutlich besseren Erfolgsquote von Quadrant A (59,3 %) gegenüber Quadrant B, der nur auf 38,5 % kommt. Es zeigt sich auch und v. a. darin, dass die logistische Regression der TmHoeh als einziger Variablen einen signifikanten Einfluss auf das Referenzereignis „Besiedlung des Turms“ zuschreibt ([Tab. 2](#), S. 5). Laut diesem Modell ist die Chance, dass ein ST besiedelt wird, um mehr als das 5-fache erhöht, wenn die Kunstnester am ST in etwa in Höhe des Dachüberstands der umgebenden Gebäude hängen und nicht niedriger. Auch die Ergebnisse des Chi-Quadrat-Tests ([Abb. 2](#), S. 4) sprechen für die herausragende Bedeutung der Variablen TmHoeh.

Dass die mittlere Entfernung zum nächstgelegenen Gebäude bei besiedelten ST signifikant niedriger liegt als bei nicht besiedelten ST (25,47 m gegenüber 36,54 m), deutet darauf hin, dass die Mehlschwalben auch beim Brüten in einem ST die Nähe zu Gebäuden suchen. Auch [Over \(2015\)](#) und [Dietzen \(2017\)](#) betonen, dass ST gebäudenah in Ortslage positioniert sein sollten. In der logistischen Regression ist dieser Zusammenhang angedeutet, jedoch nicht signifikant. Da die Mehlschwalbe in ihren Primärlebensräumen vorwiegend ein Felsbrüter ist ([Hund, Prinzing 1985](#)), kommen in ihren urbanen Sekundärlebensräumen als Ersatzstruktur Gebäude einer Felswand deutlich näher als ein isoliert stehender ST mit geringerer Bindung an die Ortslage. Vermutlich aus diesem Grund liegt die Erfolgsquote des Quadranten A trotz günstiger Höhe der Kunstnester in Relation zum Dachüberstand der umgebenden Häuser 18,5 Prozentpunkte unter der Erfolgsquote des Quadranten C.

Die zu erwartende positive Wirkung der Variablen NistM sowie die negative Wirkung von nBaum auf den Besiedlungserfolg der ST sind im vorliegenden Datensatz (vgl. [Abb. 2](#), S. 4, [Tab. 2a](#), S. 5) nur angedeutet. Diese Erwartungen begründeten sich zum einen darin, dass Mehlschwalben bevorzugt dort brüten, wo in der Nähe der Brutplätze tonig-lehmiges Material verfügbar ist ([Hund, Prinzing 1985](#); [Murgui 2002](#); [Schuldes 2020](#)) – und zwar auch dort, wo ihnen bei Brutbeginn bereits Kunstnester zur Verfügung stehen ([Piersma 2013](#)). Vermutlich verliert die Verfügbarkeit von Nistmaterial im Kontext von ST an Bedeutung aufgrund der hohen Zahl der bereitgestellten Kunstnester (vgl. z. B. [Hoffmann, Michler 2015](#)).

Darüber hinaus sollte der freie Anflug zu den Nestern nicht durch Bäume verstellt sein ([Südbeck et al. 2005](#); [Over 2015](#); [Wegener, Zedler 2020](#)), sodass eine größere Zahl von Bäumen im Umfeld des ST hinderlich sein sollte. Immerhin gehen die Zahlen sowohl bei der logistischen Regression als auch bei den univariaten Chi-Quadrat-Tests in die erwartete Richtung, jedoch in keinem Fall statistisch signifikant.

5.2 Ein Booster und ein Klotz am Bein – zwei kardinale Standortfaktoren

ST mit benachbarten Brutvorkommen der Mehlschwalbe wurden zu 65,8 % besiedelt; ihre Erfolgsquote lag dabei im gesamten untersuchten urbanen Spektrum (v. a. Quadranten A und C) höher als bei Berücksichtigung aller ST (vgl. [Abb. 3](#)). In Quadrant A lag diesbezüglich die Erfolgsquote bei 85,7 %, im „Optimal-Quadranten“ C

sogar bei 100 %, was freilich nicht als hundertprozentige Erfolgsgarantie interpretiert werden darf. Nichtsdestotrotz sind aus planerischer Sicht die Erfolgsaussichten eines ST-Projekts mit benachbarten Schwalbenvorkommen innerhalb der durch diese beiden Quadranten definierten urbanen Rahmenbedingungen mehr als zufriedenstellend.

Außerdem wurde das logistische Regressionsmodell treffsicherer bzgl. der Klassifizierung in ST mit und ohne Besiedlung, wenn Kolnah als erklärende Variable hinzugenommen wurde (73,2 % Trefferquote gegenüber 69,6 % ohne diese Variable) und die Chance auf einen besiedelten ST stieg um das 3,7-Fache.

Die in Fachkreisen empirisch gestützte Einschätzung, dass bestehende Brutvorkommen der Mehlschwalbe im Umfeld eines neu installierten ST einen „Booster-Effekt“ auf dessen Besiedlungswahrscheinlichkeit haben können (z. B. Meier 2014; Over 2015; van den Bremer et al. 2019; Wegener, Zedler 2020), wird hier erstmalig auf breiter Datengrundlage quantitativ untermauert. Gleiches gilt im Übrigen auch für den Besiedlungserfolg von Kunstnestern an Gebäuden (Meister, Ehrenguber 2015).

Weniger bekannt ist möglicherweise der Umstand, dass es mit der Zugänglichkeit der Kunstnester am ST für nicht flugfähige Prädatoren (z. B. Katzen, Marder oder Eichhörnchen über einen sehr dicht am ST stehenden Baum) einen kardinalen Negativfaktor bei der Standortplanung gibt. Dass Schwalben diesbezüglich bei der Wahl des Neststandorts sehr empfindlich auf potenzielle Gefahren durch Prädatoren reagieren können, ist bekannt (Hund, Prinzinger 1985; Schuldes 2020). Dies deckt sich auch mit unseren eigenen Untersuchungen von Schwalbenbruten an Flussbrücken (Elle, Nagel 2020), wo potenziell gut geeignete Mikrostandorte für die Nestanlage konsequent von den Schwalben gemieden wurden, wenn diese über Rohrleitungen oder Stahlträger für Prädatoren erreichbar waren. In einem anderen Fall wurden langjährige Neststandorte an einer Brückenseite dauerhaft aufgegeben, nachdem dort im Zuge von Sanierungsarbeiten nachträglich solche Rohrleitungen installiert wurden, während die unveränderte Brückenseite nach Beendigung der Bauarbeiten wiederbesiedelt wurde.

Der Faktor „Zugänglichkeit für Prädatoren“ (ZPraed) konnte hier allerdings wegen sehr geringer Fallzahlen (n=9) in unserer Stichprobe nur in eher deskriptiver Manier abgehandelt werden. Sieben der neun für Prädatoren erreichbaren ST blieben unbesiedelt, obwohl bei fünf dieser ST Mehlschwalben in der Umgebung gebrütet hatten! Die Zugänglichkeit eines ST für Prädatoren ist somit nach unserer Datenlage wahrlich ein „Klotz am Bein“, der eine ansonsten günstige Standortwahl zunichtemachen kann. Dies kann bei der Planung aber sehr leicht durch einen ausreichenden Abstand zwischen ST und dem nächstgelegenen Baum berücksichtigt werden.

5.3 Naturschutzfachliche Bewertung

Welche Relevanz haben diese Ergebnisse aus naturschutzfachlicher Sicht? ST, die im Rahmen einer CEF-Maßnahme errichtet werden, um Brutvorkommen der Mehlschwalbe während eines Eingriffs über kurze oder mittlere Distanzen zu verlagern, haben sehr gute Erfolgsaussichten. Das gilt selbst für Standorte außerhalb der eigentlichen Ortslage, die ansonsten als Standort für einen ST eher vermieden werden sollten. So konnte bspw. im Jahr 2015 während der Sanierung einer Moselbrücke bei Zell deren Mehlschwalbenbrutbestand erfolgreich auf einen eigens dafür installierten ST verlagert werden, von dem aus nach Beendigung der Sanierungsarbeiten ohne weiteres Zutun auch hauptsächlich die Wiederbesiedlung dieser Brücke ausging (Elle, Nagel 2020; weitere Beispiele in Wegener, Zedler 2020).

Sehr positiv sind unter Beachtung der hier herausgearbeiteten förderlichen Standortfaktoren auch die Erfolgsaussichten von ST-Projekten außerhalb des behördlichen Naturschutzes, seien es privat motivierte Projekte von Schwalbenbegeisterten oder Initiativen von Firmen mit „grünem“ Engagement auf ihrem Firmengelände. Sofern diese sich im Einzugsgebiet etablierter Schwalben-

OrtsL	ST innerorts	Periphere Lage	Außerorts
GbEntf	ST nah an Gebäuden	Mittlere Entfernung	Fern von Gebäuden
GbHoeh	Umgebungsgebäude ein- bis zwei- (bis drei-)geschossig		vier-geschossig
TmHoeh*	KN mindestens so hoch wie Dachüberstand		KN niedriger aufgehängt
nBaum	Maximal einzelne Bäume in ST-Nähe		Baumgruppen
NistM	Nistmaterial in ST-Nähe verfügbar	Nistmaterial nicht verfügbar	
ZPraed*	ST nicht direkt zugänglich für Präd.	ST für Prädatoren leicht zugänglich	
Kolnah*	Brutkolonie im nahen Umfeld vorhanden	Keine Brutkolonie im Umfeld des ST	

* Schlüsselfaktoren, KN = Kunstnester, Präd. = Prädatoren, ST = Schwalbenturm

Abb. 4: Empfehlungen für die Planungspraxis (Erläuterungen der Variablenkürzel: siehe Tab. 1, S. 3). Grün: positive Wirkung auf Besiedlungswahrscheinlichkeit, rot: negative Wirkung. Grundlage der Standortbewertung sind die im Rahmen dieser Studie empirisch gewonnenen Ergebnisse (logistische Regression, kategoriale Hauptkomponentenanalyse – CATPCA und univariate Statistiken).

Fig. 4: Recommendations for planning practice (see Table 1, p. 3, for explanations of the variable abbreviations). Green: positive impact on likelihood of occupancy, red: negative impact. Site assessment is based on the empirical findings of this study (logistic regression, categorical principal components analysis – CATPCA, and univariate statistics).

metapopulationen befinden, werden mit etwas Glück auch brutwillige Schwalben den Weg in den neuen ST finden.

Problematisch sind dagegen Projekte, die das Ziel haben, durch die Aufstellung eines ST in einer weiträumig mehlschwalbenfreien Umgebung diese Vogelart dort lokal anzusiedeln. Diese Auffassung vertreten auch andere Autorinnen und Autoren (Over 2015; Schmolz 2017; Wegener, Zedler 2020). Es sollte in solchen Fällen zunächst auf der Mesoebene untersucht werden, warum die Mehlschwalbe dort großflächig nicht als Brutvogel auftritt, bevor man an eine derart aufwändige ST-Maßnahme auf der Ebene des Mikrostandorts denkt.

Auch Standorte mit hoher Bebauung (vier- und höhergeschossig) sind für die Aufstellung von ST, die nach Möglichkeit nicht niedriger als die umgebenden Gebäude sein sollten, eher ungeeignet, da der ST-Höhe aus statischen und wartungstechnischen Gründen (z. B. Reinigung der Nester) Grenzen gesetzt sind. Obwohl auch für solche Standorte erfolgreiche ST belegt sind (vgl. Abb. 2c, d, S. 4), empfehlen wir bei der Umsetzung einer CEF-Maßnahme – falls möglich – ein Ausweichen in benachbarte Stadtteile mit günstigerer urbaner Struktur oder die Durchführung der Maßnahme mithilfe von Kunstnestern.

Die höchsten Erfolgsaussichten sind in einer urbanen Umgebung gegeben, die in dieser Untersuchung durch Quadrant C in Abb. 3, S. 6, repräsentiert wird. Dennoch lässt die Fülle der hier untersuchten ST-Projekte den erfreulichen Schluss zu, dass innerhalb jedes prinzipiell geeigneten urbanen oder dörflichen Umfelds a priori stets die Möglichkeit besteht, dass ein ST-Projekt am Ende

erfolgreich ist – insbesondere dann, wenn es in der Umgebung bereits Brutvorkommen der Mehlschwalbe gibt. Es wird aber auch sehr deutlich, dass selbst in mutmaßlich optimaler Umgebung einzelne ST-Projekte ohne erkennbaren Grund dauerhaft erfolglos bleiben können. Ähnliches gilt im kleineren Maßstab auch für Kunstnester, die an Gebäuden montiert werden (z. B. [Willi et al. 2011](#)).

Ob ein ST erfolgreich besiedelt wird oder nicht, zeigt sich nach unserer Datenlage in den allermeisten Fällen in den ersten zwei bis drei Jahren nach dessen Errichtung. Knapp 95 % der 35 besiedelten ST mit bekannter Besiedlungshistorie wurden spätestens im zweiten Jahr nach ihrer Errichtung von den Mehlschwalben zum Brüten genutzt. Bleibt eine Erstbesiedlung innerhalb dieses Zeitraums aus, sind die Aussichten auf eine spätere Besiedlung eher gering. Sollte ein ST trotz benachbarter Mehlschwalbenvorkommen dauerhaft unbesiedelt bleiben, könnte als Ultima Ratio auch eine Versetzung des ST an einen besser geeigneten Standort in Erwägung gezogen werden (z. B. [Meier 2014](#)).

Für die Initiatorinnen und Initiatoren eines ST-Projekts, die meist für nur einen ST verantwortlich sind, geht es bei „ihrem“ ST immer um „alles oder nichts“. Als abschließende Empfehlung für die Praxis fasst [Abb. 4](#) zusammen, welche Eigenschaften bei der Suche nach einem geeigneten Standort für einen ST berücksichtigt werden sollten, um die Erfolgsaussichten zu optimieren (für Empfehlungen zum Bautyp des ST siehe [Meier 2014](#) oder [Wegener, Zedler 2020](#)). Einen „Goldstandard“ mit Erfolgsgarantie kann aber auch diese Studie nicht bieten. Somit bleibt für jedes individuelle ST-Projekt stets ein Restrisiko des Scheiterns, das die Projektträgerinnen und -träger gegenüber ihrem Wunsch nach einer erfolgreichen Mehlschwalbenansiedlung selbst abwägen müssen.

6 Literatur

- Bauer H.-G., Bezzel E., Fiedler W. (2005): Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas. Alles über Biologie, Gefährdung und Schutz. 2. Bd: Passeriformes – Sperlingsvögel. Aula-Verlag, Wiebelsheim: 622 S.
- Crawley M.J. (2015): Statistics. An introduction using R. Wiley, Chichester: 354 S.
- Dietzen C. (2017): Mehlschwalbe *Delichon urbicum* (LINNAEUS, 1758). In: Dietzen C., Folz H.-G. et al. (Hrsg.): Die Vogelwelt von Rheinland-Pfalz. Bd. 4.1: Singvögel (Passeriformes) – Teil 1 Pirole bis Drosseln. Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz, Beiheft 49: 270 – 281.
- Elle O., Nagel V. (2020): Brücken als konfliktarme Standorte für kompensatorische Maßnahmen des Artenschutzes – dargestellt am Beispiel der Mehlschwalbe (*Delichon urbicum*) im Moseltal. *Natur und Landschaft* 95(12): 532 – 538.
- Elle O., Wiesenthal A. et al. (2020): Bestandsentwicklung der Mehlschwalbe (*Delichon urbicum*) in Trier 2011 bis 2020. *Dendrocopos* 47: 7 – 36.
- Grüneberg C., Bauer H.-G. et al. (2015): Rote Liste der Brutvögel Deutschlands. 5. Fassung, 30.11.2015. *Berichte zum Vogelschutz* 52: 19 – 67.
- Hoffmann J., Michler S. (2015): Unterschiede zwischen Natur- und Kunstnestern der Mehlschwalbe (*Delichon urbicum*): Nestbau, Besetzung und Bruterfolg. *Schweizerische Vogelwarte. Sempach*: 22 S.
- Hund K., Prinzinger R. (1985): *Delichon urbica* – Mehlschwalbe. In: Glutz von Blotzheim U.N. (Hrsg.): *Handbuch der Vögel Mitteleuropas*. Bd. 10: Passeriformes – 1. Teil: Alaudidae – Hirundinidae. Aula-Verlag, Wiesbaden: 465 – 507.
- Meier W. (2014): Vierzehn Jahre Schwalbenhäuser im Landkreis Waldeck-Frankenberg – ein Erfahrungsbericht. *Vogelkundliche Hefte Edertal* 40: 80 – 85.
- Meister R., Ehrengreber U. (2015): Einfluss des Standorts auf die Besetzung von Nisthilfen für die Mehlschwalbe *Delichon urbicum*. *Der Ornithologische Beobachter* 112(1): 1 – 6.
- Murgui E. (2002): Breeding habitat selection in the House Martin *Delichon urbica* in the city of Valencia (Spain). *Acta Ornithologica* 37(2): 75 – 83.
- Over J. (2015): Leitfaden für den Schwalbenschutz. *Praxiswissen und Aktionsideen*. NABU Niedersachsen. Hannover: 74 S.
- Piersma T. (2013): Timing, nest site selection and multiple breeding in House Martins: Age-related variation and the preference for self-built mud nests. *Ardea* 101(1): 23 – 32.
- Runge H., Simon M. et al. (2010): Rahmenbedingungen für die Wirksamkeit von Maßnahmen des Artenschutzes bei Infrastrukturvorhaben. *Umweltforschungsplan 2007 – FKZ 3507 82 080*. Endbericht. Planungsgruppe Umwelt. Hannover: 376 S.
- Ruxton G.D. (2006): The unequal variance t-test is an underused alternative to Student's t-test and the Mann-Whitney U test. *Behavioural Ecology* 17(4): 688 – 690.
- Ryslavi T., Bauer H.-G. et al. (2020): Rote Liste der Brutvögel Deutschlands. 6. Fassung, 30.9.2020. *Berichte zum Vogelschutz* 57: 13 – 112.
- Schmolz M. (2017): Ergebnisse eines Langzeitmonitorings von Brutbeständen der Mehlschwalbe *Delichon urbicum* und Rauchschwalbe *Hirundo rustica* in Stuttgart. *Naturschutzbund Deutschland*. Stuttgart: 75 S.
- Schuldes Y. (2020): Erfahrungsbericht zum Schutz von Mehlschwalben *Delichon urbicum* und Rauchschwalben *Hirundo rustica*. *Otis* 27: 87 – 94.
- Südbeck P., Andretzke H. et al. (Hrsg.) (2005): Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands. Max-Planck-Institut für Ornithologie, Vogelwarte Radolfzell. Radolfzell: 777 S.
- Van den Bremer L., van der Wal J. et al. (2019): Wat bepaalt het succes van huiszwaluwwillen? [What determines the success of Common House Martin houses?] *De Levende Natuur* 120: 5 – 10.
- Wegener O., Stork R. (2001): Schwalben und Schwalbenhaus. In: *Bund für Vogelschutz Krodorf-Gleiberg* (Hrsg.): 40 Jahre Bund für Vogelschutz Krodorf-Gleiberg e.V. – Vier Jahrzehnte für den Naturschutz 1961 – 2001. Bund für Vogelschutz Krodorf Gleiberg. Wettenberg: 101 – 105.
- Wegener O., Zedler A. (2020): Voraussetzungen für eine erfolgreiche Besiedlung: Schwalben- und Seglerhäuser. *Der Falke* 67: 16 – 21.
- Wendt W. (2007): Niststättenluxus für Mehlschwalben. *Der Falke* 54: 157.
- Willi T., Korner-Nievergelt F., Gruebler M.U. (2011): Rauchschwalben *Hirundo rustica* brauchen Nutztiere, Mehlschwalben *Delichon urbicum* Nisthilfen. *Der Ornithologische Beobachter* 108(3): 215 – 224.

Dank

Wir danken Herrn Dipl.-Ing. agr. Oliver Wegener (Firma Agrofor, Wettenberg), ohne dessen Kooperation es uns nicht möglich gewesen wäre, eine so große Anzahl von ST-Standorten in Deutschland ausfindig zu machen und zu untersuchen. Ein Interessenkonflikt bestand zu keinem Zeitpunkt, da seitens Agrofor die Studie weder finanziell unterstützt wurde noch Einfluss auf die Auswahl der Standorte oder die Auswertung und Interpretation der Ergebnisse genommen wurde. Außerdem danken wir zwei anonymen Gutachterinnen bzw. Gutachtern für ihre äußerst konstruktive Kritik sowie wertvolle Anregungen zu unserem Manuskript.

Dr. Ortwin Elle
Korrespondierender Autor
Universität Trier
Universitätsring 15
54296 Trier
E-Mail: elle@uni-trier.de



Der Autor studierte an der Universität des Saarlandes Geographie mit Schwerpunkt Biogeographie und promovierte anschließend an der Universität Trier mit Untersuchungen zum Habitatwahlverhalten von Singvögeln. Seit 2000 ist er dort wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fach Biogeographie und beschäftigt sich als Dozent im Bachelor- und Masterstudiengang „Umweltbiowissenschaften“ seit vielen Jahren auch mit naturschutzfachlichen Fragen zum Thema „Vögel in der Stadt“. Er ist u. a. verantwortlich für ein Langzeitmonitoring der Mehlschwalbenbestände in Trier (seit 2006); neben der Bedeutung von Schwalbentürmen untersuchte er auch das Potenzial von Flussbrücken als Standorte für kompensatorische Maßnahmen zugunsten der Mehlschwalbe.

Melinda Lanfer, B. Sc. Umweltbiowissenschaften (UBW)
E-Mail: melanf@uni-bonn.de

Zusatzmaterial zu:

Welche Standortfaktoren beeinflussen die Besiedlung von Mehlschwalbentürmen in Ortslage?

Supplement to:

Which site factors affect the occupancy of house martin towers in built-up areas?

Ortwin Elle und Melinda Lanfer

Natur und Landschaft – 98. Jahrgang (2023) – Ausgabe 1: 2–9

Zusammenfassung

Die vorliegende Studie untersucht auf breiter empirischer Datengrundlage, welche Standorteigenschaften die Besiedlungswahrscheinlichkeit eines Schwalbenturms (ST) erhöhen bzw. erniedrigen. Verwendet wurden einfach zu erfassende Variablen, die die Struktur der umgebenden Gebäude sowie die horizontale und vertikale Einbindung des ST in die urbane Umgebung charakterisieren. Als wichtigster Faktor stellte sich die Höhe der am ST befestigten Kunstnester in Relation zur Höhe des Dachüberstands der umgebenden Häuser heraus. Hängen die Kunstnester in niedrigerer Höhe, besteht eine signifikant höhere Wahrscheinlichkeit, dass dieser ST unbesiedelt bleibt als bei mindestens gleicher Höhe. Obwohl innerhalb des Spektrums mutmaßlich geeigneter Standorte bestimmte Konstellationen eine signifikant höhere Erfolgsquote als andere hatten, gab es für jeden Standorttyp mit Besiedlung auch Standorte mit nahezu identischen Eigenschaften, die unbesiedelt blieben. Deshalb kann es selbst an optimalen ST-Standorten keine Erfolgsgarantie geben. Für ST mit einer bestehenden Mehlschwalbenkolonie in der Umgebung ist die Chance einer Besiedlung 3,7-mal höher als in mehlschwalbenfreier Umgebung. Die Erfolgsquote schwankte in Abhängigkeit von den Standortfaktoren zwischen ca. 50 % und 100 %. Abschließend werden Empfehlungen für die Suche nach geeigneten ST-Standorten formuliert.

Schwalbenturm – *Delichon urbicum* – Brutkolonie – Besiedlung – logistische Regression – kategoriale Hauptkomponentenanalyse (CATPCA) – Continued-Ecological-Functionality(CEF)-Maßnahme

Abstract

The present study examines on a broad empirical base the question of which site factors increase or reduce the likelihood of occupancy of house martin towers (HMTs). All variables used are easy to record; they characterise the structure of the surrounding buildings as well as the horizontal and vertical embedding of the HMT into the urban environment. The height of the artificial nests on the HMT in relation to the height of the roof overhang of surrounding buildings proved to be the key factor. Where nests are lower, the probability of the HMT remaining unoccupied is significantly increased compared to HMTs with their nests at least at the same level as a nearby roof overhang. Although, within the spectrum of presumably suitable locations, some constellations had a significantly higher rate of success than others, for each successful site type there were sites with virtually identical characteristics that remained unoccupied. It follows that there can be no guarantee of success, even at sites considered optimal. HMTs with a neighbouring breeding colony of house martins have a 3.7 times greater likelihood of occupancy than HMTs with no breeding colony in their vicinity. The success rates of HMTs were found to vary between approximately 50 % and 100 %, depending on site factors. Finally, the article presents recommendations for the search for suitable HMT sites.

House martin tower – *Delichon urbicum* – Breeding colony – Occupancy – Logistic regression – Categorical principal components analysis (CATPCA) – Continued Ecological Functionality (CEF) measure

Manuskripteinreichung: 23.3.2022, Annahme: 18.10.2022

DOI: 10.19217/NuL2023-01-01

1 Auswahl der Schwalbentürme

Abb. A,S.2, zeigt die 115 untersuchten Standorte mit Schwalbentürmen (ST). Dabei handelt es sich ausschließlich um ST der Firma Agrofor (Wettenberg), die seit vielen Jahren im Schwalbenschutz engagiert ist und diese Bruthilfen hauptsächlich in Deutschland vertreibt. Die Auswahl der Standorte erfolgte nach geographischen und logistischen Gesichtspunkten und stets ohne A-priori-Kenntnisse zu deren Besiedlungserfolg.

2 Statistik

Um den multidimensionalen Charakter der ST-Standorte zu berücksichtigen, wurden für die Analyse auch multivariate statistische Verfahren verwendet. Mit einer binär logistischen Regression (Backhaus et al. 2018) kann für mehrere Einflussvariablen gleichzeitig getestet werden, ob sie die Wahrscheinlichkeit für die Besiedlung eines ST jeweils erhöhen, erniedrigen oder unbeeinflusst lassen.

Anders als bei der linearen Regression sind bei der logistischen Regression die Regressionskoeffizienten B nicht direkt (linear) interpretierbar, sondern nur über den sog. Effekt-Koeffizienten $\text{Exp}(B)$. Dieser gibt Auskunft darüber, um welchen Faktor sich die Chance für das Referenzereignis p (hier: „Turm wird von Mehlschwalben besiedelt“) pro Maßeinheit einer Variablen (bei metrisch skalierten Variablen) bzw. im Vergleich zur Referenzkategorie (bei kategorialen Variablen) erhöht oder erniedrigt. Der Begriff Chance p/q (engl. odds; Wahrscheinlichkeit des Referenzereignisses p dividiert durch die Wahrscheinlichkeit des Gegenereignisses q) im statistischen Sinne ist nicht zu verwechseln mit der Wahrscheinlichkeit $p/(p+q)$. Eine Wahrscheinlichkeit von 0,33 für ein Ereignis entspricht einer Chance von 1 : 2 oder $\frac{1}{2}$. Zur Bewertung des Einflusses der verschiedenen Kategorien einer Variablen wurde jeweils die mutmaßlich ungünstigste Kategorie als Referenz verwendet, um anhand des Effekt-Koeffizienten $\text{Exp}(B)$ zu sehen, wie stark die günstigeren Kategorien die Besiedlungschance der ST im Vergleich zur Referenzkategorie erhöhen.

Außerdem wurde eine kategoriale Hauptkomponentenanalyse (CATPCA) durchgeführt. Bei diesem für nominal- und ordinalskalierte Variablen entwickelten Verfahren werden zunächst in einem Optimal-Scaling-Arbeitsschritt den Variablenkategorien numerische Werte zugeordnet, auf deren Grundlage anschließend die „eigentliche“ Hauptkomponentenanalyse gerechnet werden kann (Meulman et al. 2004). Durch die Dimensionsreduzierung einer größeren Zahl von Originalvariablen auf eine deutlich geringere Zahl von Hauptkomponenten (hier: 3 Dimensionen) ist das System nach der CATPCA einfacher zu verstehen und zeigt Zusammenhänge zwischen den Standortvariablen, die sonst nicht direkt erkennbar wären.

Ob die gewählten Variablen geeignet sind, um in sich konsistente Hauptkomponenten als latente, „hinter den Variablen“ stehende Konstrukte abzuleiten, kann am Gütemaß Cronbachs Alpha festgemacht werden. Es können Werte zwischen -1 und $+1$ auftreten. Konventionsgemäß werden Werte $>0,7$ als ausreichend für eine geeignete Variablenauswahl angesehen. Niedrigere und v.a. negative Werte stehen für eine ungeeignete Variablenauswahl. Nach dem weit verbreiteten Kaiser-Kriterium werden Hauptkomponenten mit einem Eigenwert >1 verwendet, weil diese mindestens so viel Varianz erklären wie eine standardisierte Originalvariable. Das Ziel besteht darin, mit wenigen, gut interpretierbaren Hauptkomponenten einen möglichst hohen Anteil der ursprünglichen Varianz zu reproduzieren. Die CATPCA wurde mit Varimax-Rotation durchgeführt. Variablen mit Komponentenladungen ab einem Betrag von 0,6 wurden den entsprechenden Hauptkomponenten inhaltlich zugeordnet.

Bei beiden multivariaten Verfahren wurden drei Türme aus der Analyse ausgeschlossen, weil sich bei diesen aufgrund ungewöhn-

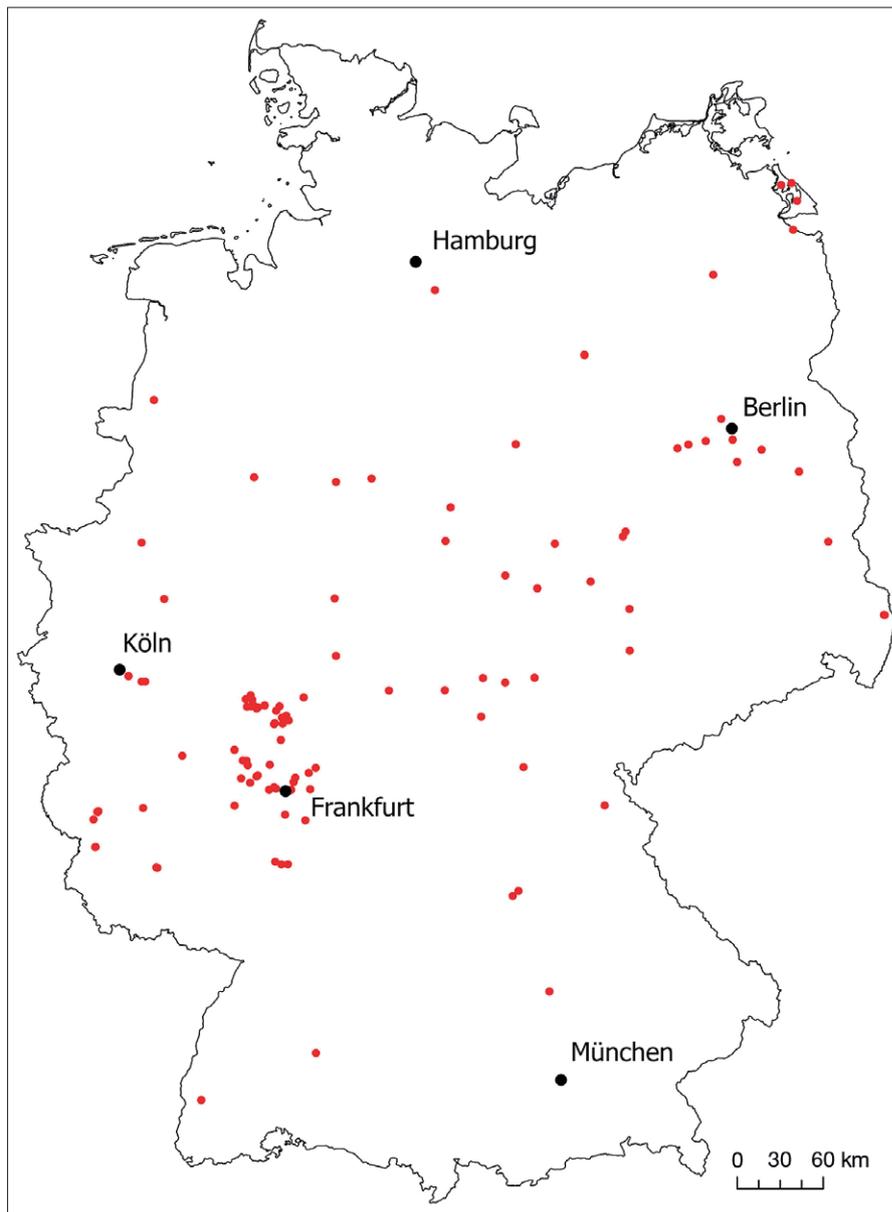


Abb. A: Lage der untersuchten Schwalbentürme (n = 115).

Fig. A: Locations of house martin towers studied (n = 115).

lich hoher Distanz zum nächstgelegenen Gebäude die gebäudebezogenen Variablen nicht sinnvoll zuordnen ließen. Daraus ergibt sich für die logistische Regression und die CATPCA jeweils eine Stichprobengröße von $n = 112$.

3 Literatur

Backhaus K., Erichson B. et al. (2018): *Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung*. Springer Gabler. Wiesbaden: 639 S.

Meulman J.J., van der Kooij A.J., Heiser W.J. (2004): Principal components analysis with nonlinear optimal scaling transformations for ordinal and nominal data. In: Kaplan D. (Hrsg.): *The SAGE handbook of quantitative methodology for the social sciences*. Sage Publications. Thousand Oaks: 49 – 72.

Dr. Ortwin Elle
Korrespondierender Autor
Universität Trier
Universitätsring 15
54296 Trier
E-Mail: elle@uni-trier.de



Der Autor studierte an der Universität des Saarlandes Geographie mit Schwerpunkt Biogeographie und promovierte anschließend an der Universität Trier mit Untersuchungen zum Habitatwahlverhalten von Singvögeln. Seit 2000 ist er dort wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fach Biogeographie und beschäftigt sich als Dozent im Bachelor- und Masterstudiengang „Umweltbiowissenschaften“ seit vielen Jahren auch mit naturschutzfachlichen Fragen zum Thema „Vögel in der Stadt“. Er ist u. a. verantwortlich für ein Langzeitmonitoring der Mehlschwalbenbestände in Trier (seit 2006); neben der Bedeutung von Schwalbentürmen untersuchte er auch das Potenzial von Flussbrücken als Standorte für kompensatorische Maßnahmen zugunsten der Mehlschwalbe.

Melinda Lanfer, B. Sc. Umweltbiowissenschaften (UBW)
E-Mail: melanf@uni-bonn.de