

Hängt die Häufigkeit der Singdrossel *Turdus philomelos* zur Brutzeit mit der Häufigkeit grosser Gehäuseschnecken zusammen?

Nicolas Strebel, Nicolas Martinez

Der Bestand der Singdrossel *Turdus philomelos* hat in der Schweiz seit Mitte der 2000er-Jahre deutlich zugenommen. Gleichzeitig wurde im Rahmen des Biodiversitätsmonitoring Schweiz ein Anstieg der Individuenzahlen bei den Gehäuseschnecken gefunden. Angesichts der grossen Bedeutung von Gehäuseschnecken als Singdrosselnahrung liegt die Vermutung auf der Hand, dass zwischen diesen Entwicklungen ein Zusammenhang besteht. Hier untersuchten wir, ob die Bestände von Singdrossel und Gehäuseschnecken auch auf lokaler Ebene korrelieren. Dafür untersuchten wir 420 über die ganze Schweiz verteilte Standorte aus dem Monitoring Häufige Brutvögel und dem Biodiversitätsmonitoring Schweiz, aus welchen Daten zu den Beständen von Brutvögeln und Gehäuseschnecken vorliegen. Nach Korrektur für verschiedene Habitat-Kovariablen fanden wir eine leichte Korrelation zwischen der Revierzahl der Singdrossel pro Kilometerquadrat und der Häufigkeit grosser Gehäuseschneckenarten in Probeflächen, die sich am Rand der Kilometerquadrate befanden. Ebenso fanden wir eine positive Korrelation zwischen den zeitlichen Veränderungen der Singdrosselbestände und der Bestände grosser Gehäuseschnecken. Die schweizweite Zunahme der Gehäuseschnecken dürfte also zum landesweiten Anstieg der Singdrosselbestände beigetragen haben. Allerdings ist eine Beurteilung der Stärke dieses Zusammenhangs basierend auf den vorhandenen Daten schwierig. Weitere Faktoren dürften zum Bestandsanstieg der Singdrossel beigetragen haben, so die Vergrösserung der Waldfläche und eine klimabedingte Zunahme verschiedener anderer Beutetiere, insbesondere in höheren Lagen.

Die Nahrungsverfügbarkeit hat einen grossen Einfluss auf die lokale Häufigkeit von Brutvögeln (Newton 1994). Dies gilt insbesondere dann, wenn der Bestand nicht durch das Vorhandensein geeigneter Nistgelegenheiten limitiert ist. Die Singdrossel nistet in Mitteleuropa hauptsächlich im Wald oder in waldartigen Strukturen mit ausreichend dichtem Unterwuchs (Glutz von Blotzheim und Bauer 1988). Seit Mitte der 2000er-Jahre hat der Brutbestand dieser Art in der Schweiz um rund 50 % zugenommen (Knaus et al. 2020). Dieser Anstieg ist nicht durch eine Verstädterung der Singdrossel bedingt, wie sie anderorts in Mitteleuropa beobachtet wurde (Glutz von Blotzheim und Bauer 1988) – in der Schweiz brütet sie nach wie vor hauptsächlich im Wald (Knaus et al. 2018). Allerdings kann die Bestandszunahme auch nicht allein durch die Zunahme der Waldfläche während dieser Zeit erklärt werden. Die Waldfläche erhöhte sich in der Schweiz zwischen 1993–1995 und 2009–2013 um rund

7 % (Abegg et al. 2014), der Brutbestand der Singdrossel stieg gleichzeitig um knapp 20 % an (Knaus et al. 2020).

Neben Regenwürmern und Insekten in verschiedenen Stadien machen Nackt- und Gehäuseschnecken einen wichtigen Teil der Nahrung der Singdrossel aus, besonders von Winter bis Frühsommer (Glutz von Blotzheim und Bauer 1988). Seit Beginn der Aufnahmen der Gehäuseschnecken im Rahmen des Biodiversitätsmonitorings Schweiz im Jahr 2003 (www.biodiversitymonitoring.ch, nachfolgend BDM) wurde bei dieser Artengruppe ein deutlicher Anstieg der Individuenzahlen festgestellt. Angesichts der Bedeutung von Gehäuseschnecken als Singdrosselnahrung wurde ein Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Gehäuseschnecken und der Singdrossel vermutet, eine nicht-kausale Korrelation konnte jedoch nicht ausgeschlossen werden. Auffallend ist aber, dass der Brutbestand der Singdrossel mit einer leichten zeitlichen

Verzögerung ähnlich stark zunimmt wie die mittlere Anzahl der auf den BDM-Probeflächen gefundenen grossen Gehäuseschnecken (Abb. 1). Diese Entwicklung steht im Gegensatz zu den anderen vier in der Schweiz brütenden Drosselarten, deren Bestände im gleichen Zeitraum nur leicht zunehmen (Amsel *Turdus merula* und Misteldrossel *T. viscivorus*) oder abnehmen (Wacholderdrossel *T. pilaris* und Ringdrossel *T. torquatus*).

Hier untersuchen wir, inwiefern das Vorkommen von Gehäuseschnecken und Singdrosseln auf lokaler Ebene korreliert und ob die gesamtschweizerisch gefundene zeitliche Korrelation auch auf lokaler Ebene vorhanden ist.

1. Material und Methode

1.1. Datengrundlage

Im Rahmen des Monitorings Häufige Brutvögel (nachfolgend MHB) und des BDM werden die Brutbestände der Singdrossel auf insgesamt 534 über die ganze Schweiz verteilten Aufnahme­flächen von je 1 km² erfasst (Gitterzellen des Schweizer Koordinatennetzes CH1903). Die eine Hälfte dieser Aufnahme­flächen (267 Kilometerquadrate) sind sowohl Teil des MHB als auch des BDM; Brutvögel werden auf diesen Flächen jährlich erfasst. Die anderen 267 Kilometerquadrate gehören nur zum BDM und werden in einem 5-Jahres-Turnus bearbeitet, wobei in jedem Jahr rund ein Fünftel der Stichproben­flächen besucht werden.

Eine Kartierung der Brutvögel besteht aus drei (oberhalb der Waldgrenze zwei) morgendlichen Begehungen, die zwischen Mitte April und Juni auf einer

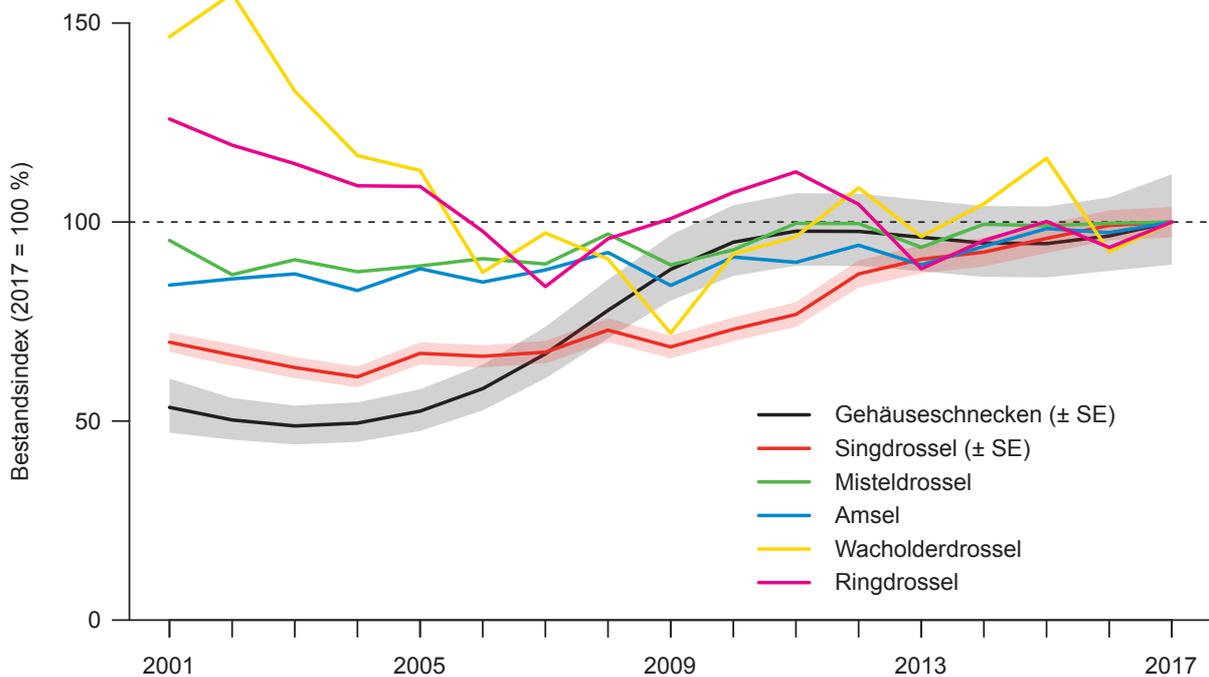


Abb. 1. Die Brutbestandsindizes der fünf in der Schweiz brütenden Drosselarten Singdrossel, Misteldrossel, Amsel, Wacholderdrossel und Ringdrossel (2017 = 100 %; basierend auf Knaus et al. 2020) sowie die relative Entwicklung der Anzahl Gehäuseschnecken-Individuen pro Bodenprobe aus dem Biodiversitätsmonitoring Schweiz. Bei den Gehäuseschnecken wurden nur die Arten berücksichtigt, die der Singdrossel als Nahrung dienen. Berücksichtigt wurden 443 Aufnahme­flächen, auf denen in mindestens zwei Jahren der Periode 2001–2017 eine Gehäuseschnecken-Aufnahme durchgeführt wurde. Die Bestandsentwicklung der Gehäuseschnecken berechneten wir mit einem generalisierten additiven gemischten Modell (Funktion «*gamm*» im R-Paket «*mgcv*»; Wood 2017).

*Breeding population indices of the five thrush species breeding in Switzerland: Song Thrush, Mistle Thrush, Eurasian Blackbird, Fieldfare and Ring Ouzel (2017 = 100 %; based on Knaus et al. 2020), and relative temporal development of the number of snail individuals per sample collected in the Swiss Biodiversity Monitoring project. Only snail species that serve as food for the Song Thrush were considered. The data are from 443 study sites where snails were sampled in at least two years of the period 2001–2017; we calculated the snail population development using a Generalized Additive Mixed Model (function «*gamm*» from R-package «*mgcv*»; Wood 2017).*

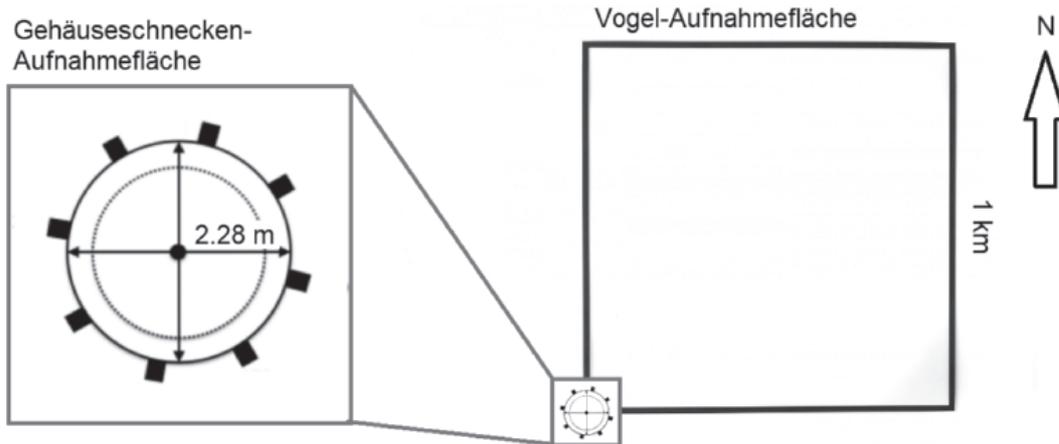


Abb. 2. Darstellung einer Vogel-Aufnahmefläche aus dem Programm «Monitoring Häufige Brutvögel» (MHB) respektive Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM; rechts, 1 km²) und der am südwestlichen Koordinatenschnittpunkt gelegenen, angrenzenden BDM-Gehäuseschnecken-Aufnahmefläche mit den 8 Teilproben (schwarze Vierecke; links). Die Abbildung ist schematisch und nicht massstabgetreu. *Site surveyed in the Common Breeding Bird Monitoring project (right, 1 km²) and the adjacent snail sampling site, located at the south-western coordinate intersection (left), consisting of 8 sub-samples (black squares). The figure is schematic and not to scale.*

die Nummer der jeweiligen Aufnahmefläche (Aufnahmeflächen-ID).

1.3. Analyse der Veränderung

Basierend auf den Daten aus den 420 zu beiden Stichprobennetzen gehörenden Aufnahmeflächen berechneten wir die zeitliche Entwicklung der mittleren Revierzahl der Singdrossel sowie der mittleren Anzahl Gehäuseschnecken. Anschliessend untersuchten wir die Korrelation zwischen der Veränderung der Anzahl Singdrosselreviere und der Veränderung der Anzahl Gehäuseschnecken auf derselben Aufnahmefläche. Wir berücksichtigten dafür die Daten von Aufnahmeflächen, bei denen jeweils im Abstand von fünf Jahren die Gehäuseschneckenerfassungen und die Vogelerfassungen in denselben Jahren durchgeführt wurden. Wir berechneten jeweils die Veränderung der Anzahl Gehäuseschnecken-Individuen und die Veränderung der Anzahl Singdrosselreviere für die gleiche Fläche zwischen Anfang und Ende eines 5-Jahres-Abschnitts. Wurden bei beiden Aufnahmen keine Gehäuseschnecken und keine Singdrosseln gefunden, haben wir den entsprechenden 5-Jahres-Abschnitt nicht berücksichtigt. Wir konnten so insgesamt 748 5-Jahres-Abschnitte aus 342 Aufnahmeflächen berücksichtigen.

Als Zielvariable wählten wir die Veränderung der Anzahl Singdrosselreviere pro Aufnahmefläche und 5-Jahres-Abschnitt, und als erklärende Variable die

gleichzeitig auf derselben Fläche gefundene Veränderung der Anzahl Gehäuseschnecken (nur als Singdrosselnahrung infrage kommende Arten). Falls die Bestände sowohl von Gehäuseschnecken als auch von Singdrosseln vor allem ab einer gewissen Höhenstufe zunehmen würden, könnte eine positive Korrelation gefunden werden, auch wenn die Zunahme beider Artengruppen unabhängig voneinander wäre und stattdessen von der Höhenstufe abhängen würde. Um eine solche Pseudokorrelation zu vermeiden, berücksichtigten wir als erklärende Variable auch die mittlere Höhe (linearer und quadratischer Effekt). Auf einigen Flächen zeigten die Gehäuseschnecken sehr starke Zunahmen. Daher werteten wir die Modelle mittels robuster linearer Regression aus, was den Einfluss von Ausreissern reduziert (Funktion «rlm» im R-Paket «MASS»).

Für Datenaufbereitung und -analyse verwendeten wir die Software R (R Core Team 2019). Statistische Unsicherheitsbereiche werden als Standardfehler (SE) angegeben.

2. Ergebnisse

2.1. Zustand

In nur 40 % der 1422 berücksichtigten Aufnahmen wurden Gehäuseschnecken gefunden, welche der Singdrossel potenziell als Nahrung dienen; der Mittelwert lag bei 1,4 Individuen auf 0,1 m² Bodenfläche. In den Aufnahmen mit Nachweisen lag der Mittelwert bei 3,6 Individuen, der höchste Wert betrug 78 Individuen (Abb. 3). In den an die Gehäuseschnecken-Aufnahmeflächen angrenzenden Kilometerquadraten wurden bei 78 % der Aufnahmen Singdrosselreviere gefunden, der Mittelwert lag bei 6,9 Revieren (Abb. 3). Wir fanden einen positiven Zusammenhang zwischen der Anzahl Singdrosselreviere und der Anzahl Gehäuseschnecken-Individuen von Arten, welche die Singdrossel als Nahrung nutzt. Basierend auf den Ergebnissen des GLMM kommen nach Korrektur für Habitat-Kovariablen, Aufnahmejahr und Aufnahmefläche pro zusätzliche Gehäuseschnecke in der Probe auf dem angrenzenden Kilometerquadrat rund 1,2 % mehr Singdrosselreviere vor (Abb. 4), was bei einem durchschnittlichen Singdrosselbestand (6,9 Reviere) in einer Zunahme um knapp 0,1 Reviere resultiert. Ein Effekt in derselben Größenordnung bestand, wenn im Modell nicht für die Aufnahmeflächen-ID korrigiert wird oder wenn die Habitat-Kovariablen nicht mitberücksichtigt werden. Wird das Aufnahmejahr als Kovariable weggelassen, so ist der gefundene Effekt noch um rund 50 % grösser (1,8 % mehr Singdrosselreviere pro zusätzliche Gehäuseschne-

cke in der Probe). Dies entspräche der Annahme, dass der Faktor Zeit selbst keinen Einfluss hat, sondern dass die Zunahme der Singdrossel über die Zeit vielmehr durch einen Anstieg der Gehäuseschneckenbestände über die Zeit bedingt ist, was auch einem möglichen Szenario entspricht.

2.2. Veränderung

Die mittlere Anzahl Gehäuseschnecken pro Aufnahmefläche (0,1 m²) nahm während des Untersuchungszeitraums um gut 0,8 Individuen zu, von gut 0,9 im Jahr 2001 auf knapp 1,8 im Jahr 2017. Bei der Singdrossel lag der mittlere Bestand pro Aufnahmefläche (km²) im Jahr 2001 bei 6,4 Revieren. Zwischen 2001 und 2004 ging der Bestand um ein Revier pro Aufnahmefläche zurück, stieg anschliessend aber um 3,5 Reviere auf rund 9 Reviere an, was in einer Zunahme um 2,5 Reviere pro Aufnahmefläche zwischen 2001 und 2017 resultierte (+ 41 %).

Der mittlere Betrag der Veränderungen pro Aufnahmefläche und Fünfjahresabschnitt (n = 748) betrug bei den Gehäuseschnecken 1,5 Individuen, bei der Singdrossel 4,2 Reviere, die Standardabweichung betrug 3,4 bei den Gehäuseschnecken und 5,4 bei den Singdrosselrevieren. Wir fanden eine positive Korrelation zwischen der Veränderung der Singdrosselbestände und der Veränderung der Anzahl Gehäuseschnecken (Abb. 5): Bei einer Zunahme um eine Gehäuseschnecke über fünf Jahre in der Probe schätzt das lineare Modell mit Berücksichtigung der Höhe als Kovariable eine Zu-

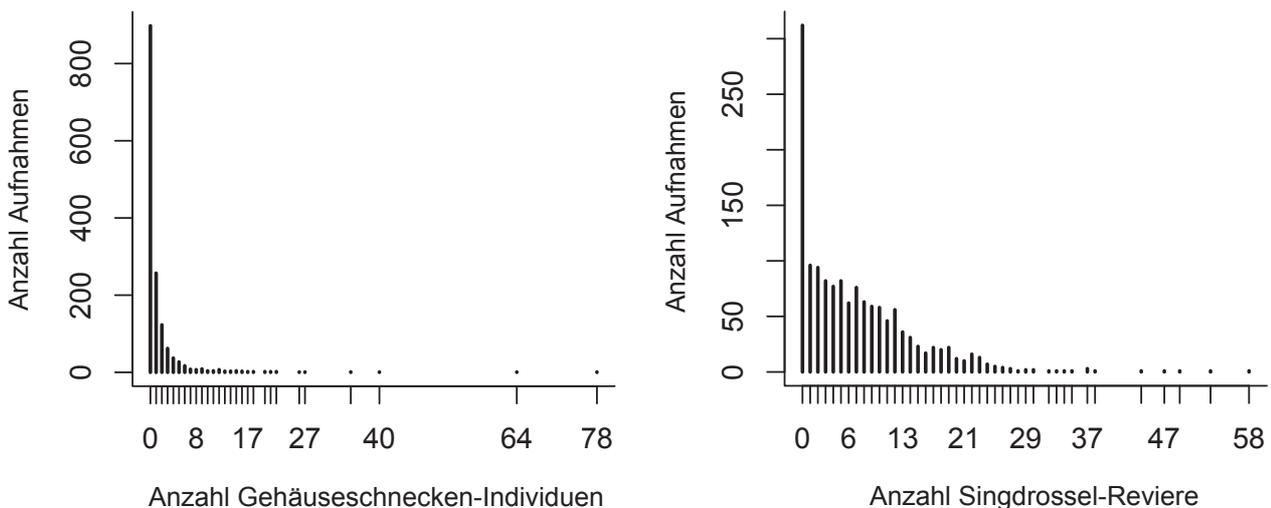


Abb. 3. Verteilung der Anzahl Gehäuseschnecken pro Probe (nur als Nahrung für Singdrosseln geeignete Arten) sowie Verteilung der Anzahl Singdrosselreviere pro Brutvogelaufnahme. Berücksichtigt wurden alle 1422 Aufnahmen von Stichprobenflächen, auf denen sowohl Brutvögel als auch Gehäuseschnecken beprobt wurden.

Distribution of the number of snail individuals per sample (only species serving as food for the Song Thrush) and distribution of the number of Song Thrush territories per breeding bird survey. We considered all 1422 surveys from sites where snails as well as breeding birds were monitored.

nahme um rund 0,13 Singdrosselreviere (Standardfehler = 0,04). Der gefundene Effekt war etwa gleich stark, wenn im Modell nicht für die Höhe korrigiert wurde. Tatsächlich war bei der Veränderung der Gehäuseschneckenbestände kein klarer Höheneffekt erkennbar, während die Zunahme der Singdrosselbestände zwischen 1000 und 1500 m am deutlichsten war (Abb. 6). Die Korrelation ist also insbesondere auf lokaler Ebene sichtbar.

3. Diskussion

In unserer Studie korrelierte die Häufigkeit von als Singdrosselnahrung geeigneten Gehäuseschnecken positiv mit der Dichte des lokalen Brutbestands der Singdrossel. Ausserdem korrelierte die Zunahme der Gehäuseschnecken mit dem Anstieg des Brutbestands der Singdrossel im selben Zeitraum. Unsere Ergebnisse basieren auf einer über die gesamte Schweiz verteilten Stichprobe von Untersuchungsflächen. Die Stärke des gefundenen Zusammenhangs lag bei der Analyse zum Zustand in derselben Grössenordnung wie bei der Analyse zur Veränderung.

Aus der Analyse der Veränderung von Gehäuseschnecken- und Singdrosselbeständen resultiert, dass bei einer Zunahme von 1 Gehäuseschnecken-Individuen in der Probe (entspricht 10 Individuen/m²) der Singdrosselbestand im angrenzenden Kilometerquadrat im Mittel um etwas mehr als 0,1 Reviere zunahm. Dass ein positiver Zusammenhang gefunden wurde, verwundert angesichts der hohen Bedeutung von Gehäuseschnecken als Singdrosselnahrung nicht. Unseres Wissens ist dies jedoch die erste Arbeit, in der dieser Zusammenhang für eine gesamte Region untersucht wird. Eine zeitliche Korrelation zwischen Singdrosselbestand und Häufigkeit von Schnirkelschnecken *Arianta arbustrorum* zeigte jedoch bereits Reichenholz (2006), allerdings für ein eng umgrenztes Gebiet von rund 500 ha in einem Auenwald am unteren Inn in Deutschland.

In einer Vorstudie verwendeten wir für die Analyse des Zustands der Singdrosselbestände anstatt der Gehäuseschneckendaten aus demselben Jahr jene aus dem Vorjahr als eine der erklärenden Variablen. Dies unter der Annahme, dass ein höherer Bestand an Gehäuseschnecken zu einem grösseren Bruterfolg und einer höheren Singdrosseldichte im Folgejahr führt. Unsere Auswertungen konnten diese Hypothese nicht bestätigen – es wurde keine auffällige Korrelation gefunden. Dies weist darauf hin, dass der Bestand an Gehäuseschnecken möglicherweise vor allem das lokale Ansiedlungsverhalten beeinflusst. Natürlich wird damit nicht ausgeschlossen, dass sich eine grössere Häufigkeit von Gehäuseschnecken positiv auf den Bruterfolg der Singdrossel auswirkt.

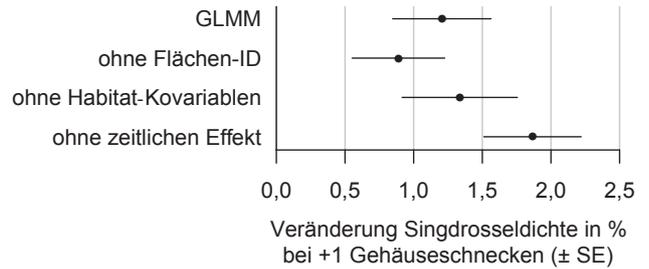


Abb. 4. Vergleich der Ergebnisse des vollständigen generalisierten linearen gemischten Modells (GLMM) mit Berücksichtigung von Habitat-Kovariablen, zeitlichem Effekt und Nummer der Aufnahmefläche (Flächen-ID) mit drei reduzierten Modellen. Bei einem Gehäuseschnecken-Individuum mehr in der Probe (nur von der Singdrossel gefressene Arten) wurden im angrenzenden Kilometerquadrat im Mittel gut 1–2 % mehr Singdrosselreviere gefunden.
Comparison of the results of the full Generalized Linear Mixed Model (GLMM) including habitat covariates, time effect and site-ID with three reduced versions of the same model (models without site-ID, without habitat covariates or without time effect). With one snail individual more in the sample (only species that serve as food for the Song Thrush), the number of Song Thrush territories in the adjacent kilometre square increased by roughly 1–2 %.

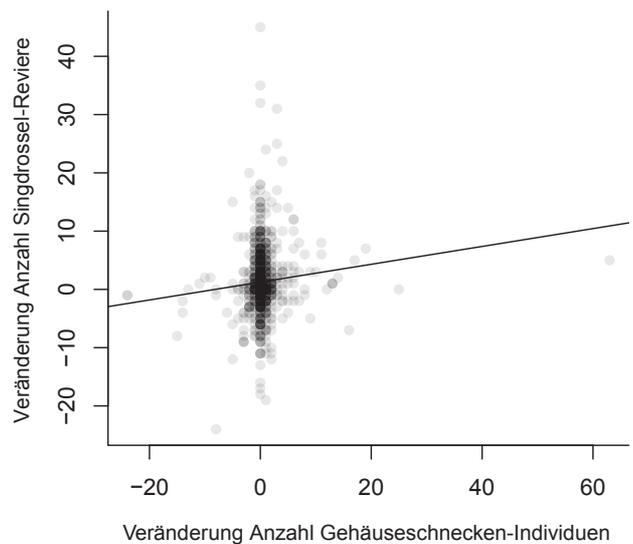


Abb. 5. Die Veränderung der Anzahl Singdrosselreviere korrelierte positiv mit der Veränderung der Anzahl Gehäuseschnecken auf der angrenzenden Fläche (Steigung der Regressionslinie = 0,15, $p = 0,002$, $r = 0,094$). Jeder Punkt entspricht der Veränderung der Anzahl Singdrosselreviere und Gehäuseschnecken über fünf Jahre auf einer Aufnahmefläche. Für die Abbildung wurden die Daten von 420 Aufnahmeflächen berücksichtigt. Eine Aufnahmefläche kann mit bis zu drei Punkten vertreten sein (z.B. Abschnitte 2001–2006, 2006–2011, 2011–2016).
The change in the number of Song Thrush territories in a kilometre square was positively correlated with the change in the number of snail individuals in the adjacent sampling site (slope of the regression line = 0.15, $p = 0.002$, $r = 0.094$). Each point corresponds to the change in the number of Song Thrush territories and snail individuals over five years on a sampling site. For the illustration, data of 420 sampling sites were considered. A sampling site can be represented by up to three points (e.g. sections 2001–2006, 2006–2011, 2011–2016).

Über alle Aufnahme­flächen betrachtet hat die Anzahl gefundener Gehäuseschnecken, welche der Singdrossel potenziell als Nahrung dienen, zwischen 2001 und 2017 pro Aufnahme­fläche im Mittel um rund 0,8 Individuen zugenommen. Bei der gefundenen Effekt­stärke von +0,13 Singdrosselrevieren pro zusätzlichem Schneckenindividuum würde dies lediglich zu einer mittleren Zunahme von rund 0,1 Singdrosselrevieren pro Kilometerquadrat führen, was den gefundenen Anstieg der Singdrosselbestände von 2,5 Revieren pro Kilometerquadrat nur zu einem sehr kleinen Teil erklärt. Die gering anmutende Zunahme von 0,8 Gehäuseschnecken-Individuen pro Probe entspricht allerdings fast einer Bestandsverdopplung und liegt damit etwa in derselben Größenordnung wie die Bestandszunahme bei der Singdrossel.

Verschiedene Faktoren könnten dazu geführt haben, dass ein in der Natur vielleicht effektiv vorhandener Zusammenhang in den vorhandenen Daten nur deutlich abgeschwächt erkennbar ist. Gehäuseschnecken sind für die Singdrossel auch ausserhalb der Brutzeit als Nahrung relevant (Glutz von Blotzheim und Bauer 1988). Neben der Entwicklung der Gehäuseschnecken im Brutrevier dürften somit auch Zunahmen von Gehäuseschnecken in ausserhalb der Brutzeit

genutzten Flächen eine Rolle spielen. Dies würde gut zur beobachteten gesamtschweizerischen Korrelation passen, jedoch einen Zusammenhang auf lokaler Ebene verwässern. Weiter dürfte eine effektiv vorhandene lokale Korrelation dadurch verwässert werden, dass die für die beiden Artengruppen bearbeiteten Flächen zwar geografisch am selben Ort liegen, aber von sehr unterschiedlicher räumlicher Ausdehnung sind (Brutvögel: 1 km²; Gehäuseschnecken: 0,1 m²). Insbesondere wenn sich die Schneckenbestände kleinräumig unterschiedlich entwickeln würden, führte dies zu einer Verwässerung. Weiter haben nicht nur die Bestände der hier als Singdrosselnahrung berücksichtigten grossen Gehäuseschnecken-Arten zugenommen. Eine deutliche Zunahme wird auch bei der Summe aller Gehäuseschnecken-Individuen gefunden, möglicherweise bedingt durch den Klimawandel (Martinez und Plattner 2015). Im BDM werden nur die Gehäuseschnecken erhoben. Auch die Nacktschnecken könnten häufiger geworden sein, was sich ebenfalls positiv auf die Nahrungsverfügbarkeit für die Singdrossel auswirken würde. Ob die Singdrossel dabei auch von der Zunahme der Spanischen Wegschnecke *Arion vulgaris* profitieren kann, ist uns nicht bekannt; die Art sondert beim Ergreifen einen ungeniessbaren Schleim aus und hat da-

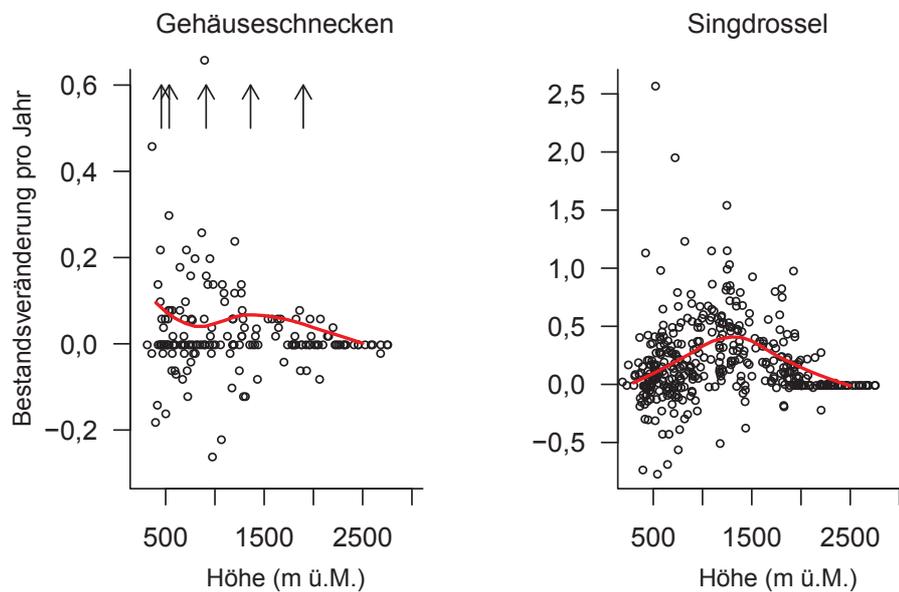


Abb. 6. Mittlere jährliche Bestandsveränderung pro Aufnahme­fläche in der Periode 2001–2017 bei den Gehäuseschnecken (n = 173 Aufnahme­flächen, links) und Singdrosseln (n = 397 Aufnahme­flächen, rechts) im Vergleich zur Höhe über dem Meeresspiegel. Berücksichtigt wurden nur jene Aufnahme­flächen, bei denen das erste und das letzte Aufnahme­jahr mindestens 15 Jahre auseinander liegen. Ausreisser bei den Gehäuseschnecken sind mit Pfeilen markiert (Veränderungen von im Mittel > 0,5 Individuen/Jahr; die Punkte liegen ausserhalb des Koordinatensystems). Die rote Linie entspricht einer Glättung mittels lokaler polynomialer Regression (R-Funktion «loess»; Cleveland et al. 1992).

Mean annual population change per study site in the period 2001–2017 for snails (n = 173 sites, left) and Song Thrushes (n = 397 sites, right) vs. elevation above sea level. We only considered sites where the first and the last survey were at least 15 years apart. Outliers of snails are marked with arrows (average change of > 0.5 individuals per year; the points are located outside the figure). The red, smooth line was calculated using local polynomial regression (R-function «loess»; Cleveland et al. 1992).



Abb. 7. Bilder der Gehäuseschnecken aus neun verschiedenen BDM-Proben. Aufnahme Archiv des Biodiversitätsmonitoring Schweiz.

Snail shells from nine different samples of the Swiss Biodiversity Monitoring.

her nur sehr wenige natürliche Feinde (Fischer und Reichschütz 1998).

Ein weiterer Faktor, der bei der Analyse zur Abschwächung eines in der Natur tatsächlich vorhandenen Effekts führen kann, ist die sogenannte Regression Dilution oder Attenuation (Spearman 1904): Eine grosse Streuung der Kovariablen-Werte (hier Anzahl Gehäuseschnecken-Individuen) führt in einer Regression zu einer Unterschätzung der Effekt-Grösse. Die Grösse der Stichprobenfläche (0,1 m²) wurde im BDM zur Erfassung der Artenvielfalt aller Gehäuseschnecken festgelegt. Zur Erfassung der Bestände grosser Gehäuseschnecken hingegen wäre eine deutlich grössere Fläche besser geeignet. Grosse Gehäuseschnecken werden innerhalb der BDM-Proben also oft gar nicht oder nur in sehr kleinen Zahlen gefunden, ihre lokale Dichte ist geringer als jene kleinerer Arten. Daraus lässt sich schliessen, dass der Zufall einen grossen Einfluss darauf hat, ob es in einer Probe grosse Gehäuseschnecken hat oder

nicht. Die daraus resultierende Regression Dilution, zusammen mit dem Unterschied in der räumlichen Ausdehnung der Probeflächen, könnte also dazu geführt haben, dass ein in der Natur tatsächlich vorhandener Effekt nur in einer sehr abgeschwächten Form gefunden wurde.

Eine zuverlässige Beurteilung der Stärke des Zusammenhangs zwischen der Entwicklung von Gehäuseschnecken- und Singdrosselbestand ist basierend auf den vorhandenen Daten also kaum möglich. Dennoch deuten die gefundenen Ergebnisse auf die Existenz eines solchen Zusammenhangs hin. Denn korrelative Studien mit Daten von wiederholten Aufnahmen aus denselben Stichprobenflächen (wie die hier durchgeführte Analyse der Veränderung) dürften weniger anfällig sein für übersehene Faktoren, die mit den beobachteten Trends korrelieren und zu einem Artefakt führen könnten (im Gegensatz zu korrelativen Studien, welche nicht auf wiederholten Aufnahmen aus denselben Stichpro-

benflächen basieren). Dies hat damit zu tun, dass die Standortbedingungen bei zwei zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführten Aufnahmen auf derselben Fläche weitgehend konstant sind, während die Bedingungen zwischen verschiedenen bei einer Korrelationsstudie berücksichtigten Aufnahmeflächen grundsätzlich unterschiedlich sind. Allerdings bringt eine Auswertung von zeitlichen Veränderungen auf denselben Stichprobenflächen die Schwierigkeit mit sich, dass das effektiv vorhandene statistische Signal (hier die Veränderung des lokalen Gehäuseschnecken-Bestands über 5 Jahre) gering sein kann im Vergleich zum statistischen Rauschen (Einfluss des Zufalls auf die Anzahl in der Probe gefundener Gehäuseschnecken). Das ungünstige Verhältnis von Signal und Rauschen hat zur Folge, dass solche zeitlichen Korrelationsauswertungen relativ selten gemacht werden, obwohl man aus unserer Sicht auf diese Weise kausale Beziehungen unter realen Bedingungen besser untersuchen kann als mit Zustandskorrelationen oder mit Experimenten, bei denen ein möglicher Einflussfaktor künstlich variiert wird.

Zusammengefasst gehen wir somit davon aus, dass die schweizweite Zunahme der Gehäuseschnecken zum landesweiten Anstieg der Singdrosselbestände beigetragen hat. Allerdings ist eine Quantifizierung dieses Zusammenhangs schwierig und die Zunahme der Gehäuseschnecken taugt auch nicht als alleinige Erklärung für den Anstieg der Singdrosselbestände; ein weiterer

Grund dürfte zum Beispiel die Zunahme der Waldfläche in der Schweiz sein. Ausserdem können höhere Temperaturen dazu führen, dass auch die Bestände von anderen Beutetieren der Singdrossel (Regenwürmer, Insekten) besonders in höheren Lagen zunehmen. Für verschiedene Vogelarten wurde ein leichtes Vordringen in höhere Lagen beobachtet (Knaus et al. 2018), was aber nur dann zu einem Bestandsanstieg führt, wenn nicht gleichzeitig die Populationen in tiefer gelegenen Flächen abnehmen. Zwischen den 1990er- und den 2010er-Jahren hat der Bestand der Singdrossel absolut gesehen im Jura und in den Voralpen am deutlichsten zugenommen, und auch im Mittelland zeigt sich eine positive Tendenz. Relativ gesehen war die Zunahme oberhalb von 1000 m am stärksten. Eine Tendenz zur Besiedlung höher gelegener Gebiete im Bereich der Baumgrenze ist ebenfalls erkennbar.

In den umliegenden Ländern ist keine vergleichbar starke Zunahme der Singdrosselbestände zu beobachten. Der gesamteuropäische Trend ist seit 1990 leicht positiv (EBCC 2020). In Italien hat der Bestand seit 2000 leicht zugenommen (Campedelli et al. 2012). In Frankreich wurde in den 1990er-Jahren eine starke Zunahme festgestellt, seit 2001 gelten die Bestände landesweit als stabil (Issa und Muller 2015), haben im Elsass aber weiter zugenommen (Muller et al 2017). In Deutschland (Gedeon et al. 2014) und Österreich (Teufelbauer et al. 2017) sind die Bestände seit langem



Abb. 8. Singdrossel bei der Drosselschmiede: Gehäuseschnecken können einen wichtigen Bestandteil der Nahrung von Singdrosseln ausmachen. Aufnahme Ian Redding.

Landsnails can make up an important part of Song Thrushes' diet.

stabil, auch wenn in einzelnen Regionen unterschiedliche Entwicklungen beobachtet werden. So ging der Bestand der Singdrossel beispielsweise am Bodensee von 1980 bis 2010 um 43 % zurück (Bauer et al. 2019). Unseres Wissens gibt es keine Angaben zur Entwicklung der Gehäuseschneckenbestände in diesen Ländern und Regionen. In England haben die Singdrosselbestände bis 1995 stark abgenommen, die stärksten Rückgänge wurden im Landwirtschaftsgebiet verzeichnet. In diesem Zusammenhang wurde unter anderem ein Rückgang der Mollusken als Ursache vermutet, bedingt durch den stark angestiegenen Einsatz von Schneckenbekämpfungsmitteln in der Landwirtschaft (Robinson et al. 2004). Seither nehmen die englischen Singdrosselbestände allerdings wieder leicht zu (Woodward et al. 2018), obwohl der Einsatz von Schneckenbekämpfungsmitteln weiter gestiegen ist (Pusstats 2019). In der Schweiz dürften Molluskizide aktuell keinen wesentlichen Einfluss auf die landesweite Entwicklung der Molluskenbestände haben; die Anwendung ist auf Zuckerrüben-, Kartoffel- und Rapsfelder beschränkt, bei der Entwicklung der Verkaufsmenge ist kein klarer Trend erkennbar (BLW 2020).

Dank

Bedanken möchten wir uns bei den freiwilligen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Monitorings Häufige Brutvögel für das Erheben der Vogeldaten sowie bei den Mitarbeitenden des Biodiversitätsmonitorings Schweiz für das Sammeln, Auslesen und Bestimmen der Gehäuseschnecken-Proben. Weiter möchten wir uns bei Pius Korner und Tobias Roth für Anregungen zur Auswertung und bei Valentin Amrhein für die aufmerksame Durchsicht des Manuskripts bedanken. Schliesslich erhielten wir wertvolle und konstruktive Kommentare von Alex Grendelmeier und einem anonymen Gutachter. Bernard Volet hat die Zusammenfassung auf Französisch übersetzt.

Abstract, Résumé

Strebel N, Martinez N (2021) Is the breeding population density of the Song Thrush *Turdus philomelos* correlated with the abundance of large snails? Ornithologischer Beobachter 118: 34–45.

The population size of the Song Thrush has increased considerably in Switzerland since the mid-2000s. At the same time, an increase in the abundance of landsnails was found in the Swiss Biodiversity Monitoring project. In view of the great importance of snails as food for the Song Thrush, a connection between these developments seems probable. We investigated whether the population sizes of Song Thrushes and snails also correlate at the local scale. We studied 420 sites, distributed over the whole of Switzerland, for which data on breeding bird and landsnail abundance were collected in the Common Breeding Bird Monitoring and the Swiss Biodiversity Monitoring programs. After correcting for a set of habitat covariates, we found a slight correlation between the number of territories of the Song Thrush per site and the abundance of large snails in a sample area located at the border of the corresponding bird census site. We also found a positive correlation between the temporal changes in Song Thrush abundance and the simultaneous changes in the number of large snails on the corresponding site. The increase in the number of snails throughout Switzerland might therefore have contributed to the nationwide increase in Song Thrush populations; however, quantifying the strength of this relationship is difficult based on the available data, and other factors might have contributed to the increase in the population of the Song Thrush, such as the increase in forest area and a climate-induced increase in various other prey animals, especially at higher altitudes.

Strebel N, Martinez N (2021) Est-ce que l'abondance de la Grive musicienne *Turdus philomelos* en période de reproduction est corrélée avec celle des grands escargots? Ornithologischer Beobachter 118: 34–45.

La population de la Grive musicienne a considérablement augmenté en Suisse depuis le milieu des années 2000. En même temps, le Monitoring de la biodiversité en Suisse a constaté une augmentation du nombre d'escargots. Compte tenu de la grande importance des escargots dans le régime alimentaire de la Grive musicienne, un lien entre ces deux augmentations a été soupçonné. Nous avons cherché à savoir si les populations de Grive musicienne et d'escargots étaient également corrélées au niveau local. Nous avons analysé les données de 420 sites réparties dans toute la Suisse avec des données pour les oiseaux nicheurs issues du Monitoring des oiseaux nicheurs répandus et du Monitoring de la biodiversité en Suisse ainsi que des données concernant l'abondance d'escargots issues du Monitoring de la biodiversité en Suisse. Nous avons trouvé une corrélation faible entre le nombre de territoires de la Grive musicienne par kilomètre carré et la fréquence de grands escargots dans la zone d'échantillonnage située à la périphérie de ce kilomètre carré, après correction pour un ensemble de covariables d'habitat. Nous avons également trouvé une corrélation positive entre l'évolution temporelle des populations de Grives musicales et les changements simultanés dans les populations des grands escargots sur l'aire d'échantillonnage correspondante. Il est donc probable que l'augmentation des populations d'escargots à l'échelle nationale ait réellement contribué à l'augmentation des populations de la Grive musicienne. Cependant, il est difficile de quantifier l'importance de cette corrélation à l'aide des données existantes. D'autres facteurs devraient avoir contribué à l'augmentation de la population nicheuse de la Grive musicienne, tels que l'augmentation de la superficie forestière et une augmentation de diverses autres espèces proies suite au changement du climat, surtout à haute altitude.

Literatur

- Abegg M, Brändli U, Cioldi F, Fischer C, Herold-Bonardi A, Huber M, Keller M, Meile R, Rösler E, Speich S, Traub B, Vidondo B (2014) Viertes Schweizerisches Landesforstinventar – Ergebnistabellen und Karten im Internet zum LFI 2009–2013 (LFI4b). Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf.
- Bates D, Maechler M, Bolker B, Walker S (2015) Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software* 67: 1–48.
- Bauer H-G, Heine G, Schmitz D, Segelbacher G, Werner S (2019) Starke Bestandsveränderungen der Brutvogelwelt des Bodenseegebietes – Ergebnisse aus vier flächendeckenden Brutvogelkartierungen in drei Jahrzehnten. *Vogelwelt* 139: 3–29.
- BLW (2020) Verkaufsmengen der Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe nach Hauptgruppen. <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/nachhaltige-produktion/pflanzenschutz/pflanzenschutzmittel/verkaufsmengen-der-pflanzenschutzmittel-wirkstoffe.html> (Stand 21. Januar 2020).
- Bogaart P, van der Loo M, Pannekoek J (2018) rtrim: trends and indices for monitoring data. R package version 2.0.4.
- Boschi C (2011) Die Schneckenfauna der Schweiz. Haupt, Bern.
- Bundesamt für Landestopografie (2007) VECTOR25. Das digitale Landschaftsmodell der Schweiz. Produkteinformation. Bundesamt für Landestopografie Swisstopo, Wabern.
- Bundesamt für Statistik (2014) Arealstatistik nach Nomenklatur 2004 – Standard. GEOSTAT-Datenbeschreibung. Bundesamt für Statistik BFS, Neuchâtel.
- Campedelli T, Buvoli L, Bonazzi P, Calabrese L, Calvi G, Celada C, Cutini S, De Carli E, Fornasari L, Fulco E, La Gioia G, Londi G, Rossi P, Silva L, Tellini Florenzano G (2012) Andamenti di popolazione delle specie comuni nidificanti in Italia: 2000–2011. *Avocetta* 36: 121–143.
- Cleveland WS, Shyu WM (1992) Chapter 8: Local regression models. Seite 309–376 in: Chambers JM, Hastie TJ (Herausgeber): *Statistical models in S*. Wadsworth & Brooks/Cole, Pacific Grove.
- EBCC (2020) Trends of common birds in Europe. <https://pecbms.info/trends-and-indicators/species-trends> (Stand: 31. August 2020).
- Fischer W, Reischütz PL (1998) Grundsätzliche Bemerkungen zum Schadschneckenproblem. *Die Bodenkultur* 49: 281–292.
- Gedeon K, Grüneberg C, Mitschke A, Sudfeldt C, Eickhorst W, Fischer S, Flade M, Frick S, Geiersberger I, Koop B, Kramer M, Krüger T, Roth N, Ryslavy T, Stübing S, Sudmann SR, Steffens R, Vökler F, Witt K (2014) Atlas Deutscher Brutvogelarten. Stiftung Vogelmonitoring und Dachverband Deutscher Avifaunisten, Münster.
- Glutz von Blotzheim UN, Bauer KM (1988) Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 11, Passeriformes (2. Teil). Aula, Wiesbaden.
- Issa N, Muller Y (2015) Atlas des oiseaux de France métropolitaine. Nidification et présence hivernale. LPO/SEOF/MNHN. Delachaux et Niestlé, Paris.
- Knaus P, Antoniazza S, Wechsler S, Guélat J, Kéry M, Strebel N, Sattler T (2018) Schweizer Brutvogelatlas 2013–2016. Verbreitung und Bestandsentwicklung der Vögel in der Schweiz und im Fürstentum Liechtenstein. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.

- Knaus P, Schmid H, Strebel N, Sattler T (2020) Zustand der Vogelwelt in der Schweiz 2020 online. www.vogelwarte.ch/zustand. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- Martinez N, Plattner M (2015) Starke Zunahme der Mollusken-individuen in der Schweiz. 54. Frühjahrstagung der Deutschen Malakologischen Gesellschaft in Beatenberg/Schweiz vom 22. bis 25. Mai 2015. Beatenberg.
- Muller Y, Dronneau C, Bronner JM (2018) Atlas des oiseaux d'Alsace. Nidification et hivernage. Collection «Atlas de la faune d'Alsace». LPO Alsace, Strasbourg.
- Newton I (1994) Experiments on the limitation of bird breeding densities: a review. *Ibis* 136: 397–411.
- Pusstats (2019) Pesticide usage statistics. <http://pusstats.fera.defra.gov.uk/myindex.cfm> (Stand: 15. November 2019).
- R Core Team (2019) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. www.R-project.org.
- Reichenholf JH (2006) Die Abnahme der Singdrosseln (*Turdus philomelos*) im Auwald am unteren Inn. *Vogelkundliche Nachrichten aus Oberösterreich – Naturschutz aktuell* 14: 159–168.
- Rihm B, Achermann B (2016) Critical Loads of Nitrogen and their Exceedances. Swiss contribution to the effects-oriented work under the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (UNECE). Environmental studies no. 1642. Federal Office for the Environment, Bern.
- Robinson RA, Green RE, Baillie SR, Peach WJ, Thomson DL (2004) Demographic mechanisms of the population decline of the song thrush *Turdus philomelos* in Britain. *Journal of Animal Ecology* 73: 670–682.
- Schmid H, Zbinden N, Keller V (2004) Überwachung der Bestandsentwicklung häufiger Brutvögel in der Schweiz / Surveillance de l'évolution des effectifs des oiseaux nicheurs répandus en Suisse. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- Spearman C (1904) The proof and measurement of association between two things. *American Journal of Psychology* 15: 72–101.
- Swisstopo (2005) DHM25. Das digitale Höhenmodell der Schweiz. Produktinformation. Bundesamt für Landestopografie Swisstopo, Wabern.
- Teufelbauer N, Seaman BS, Dvorak M (2017) Bestandsentwicklungen häufiger österreichischer Brutvögel im Zeitraum 1998–2016 – Ergebnisse des Brutvogel-Monitoring. *Egretta* 55: 43–76.
- Venables WN, Ripley BD (2002) Modern applied statistics with S. 4th edition. Springer, New York.
- Wood SN (2017) Generalized Additive Models: An introduction with R. 2nd edition. Chapman & Hall/CRC texts in statistical science. CRC Press/Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Woodward ID, Massimino D, Hammond MJ, Harris SJ, Leech DI, Noble DG, Walker RH, Barimore C, Dadam D, Eglington SM, Marchant JH, Sullivan MJP, Baillie SR, Robinson RA (2018) BirdTrends 2018: trends in numbers, breeding success and survival for UK breeding birds. Research Report 708. British Trust for Ornithology, Thetford.

Manuskript eingegangen am 7. Januar 2020

Autoren

Nicolas Strebel ist Mitarbeiter in der Abteilung «Überwachung der Vogelwelt» der Schweizerischen Vogelwarte Sempach und ist unter anderem für die Bestandsschätzungen und Trendberechnungen der Brutvögel verantwortlich. Nicolas Martinez arbeitet in der Umweltberatungsfirma Hintermann & Weber AG und war bis 2018 verantwortlich für die Koordination der Gehäuseschnecken-aufnahmen im Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM).

Nicolas Strebel, Schweizerische Vogelwarte, Seerose 1, CH-6204 Sempach, E-Mail nicolas.strebel@vogelwarte.ch; Nicolas Martinez, Hintermann & Weber AG, Austrasse 2a, CH-4153 Reinach BL, E-Mail martinez@hintermannweber.ch