

Die Malser Haide – eine bewässerte Landschaft mit grosser Bedeutung für Wiesenbrüter

Simon Birrer, Erich Gasser, Dominik Hagist, Oskar Niederfriniger und Leo Unterholzner



BIRRER, S., E. GASSER, D. HAGIST, O. NIEDERFRINIGER & L. UNTERHOLZNER (2015): The Heath of Malles – an irrigated landscape of high importance for meadow-breeding birds. Ornithol. Beob. 112: 269–282.

It is known that the irrigation of meadows in dry areas can negatively affect breeding birds. We tested whether the type of irrigation system also influences the occurrence of breeding birds. We thus recorded breeding birds in the Heath of Malles, a grassland area of 7,48 km² (South Tyrol, Province Bozen/Bolzano, Italy), which is partly irrigated by traditional irrigation using water channels and partly with sprinklers. Contrary to our anticipation, sprinkler-irrigated areas were significantly more frequently occupied by Whinchats *Saxicola rubetra* than traditionally irrigated areas. A similar, non-significant trend was found for Eurasian Skylarks *Alauda arvensis*. In relation to the number of species, no influence of the irrigation system was found. These population surveys emphasise the high importance of the Heath of Malles area for ground-breeding birds. The Skylark in particular reaches a very high territory density for grasslands (15.9 territories/km²), which can rarely be observed elsewhere in the Alps. The Whinchat also reaches a remarkable territory density (5.5 territories/km²). It is expected that the intensification of land use will advance in the near future and that in consequence, existing nature values could be under threat. We recommend that efforts for meadow conservation in the Heath of Malles region be treated with high priority.

Simon Birrer, Schweizerische Vogelwarte, Seerose 1, CH–6204 Sempach, E-Mail simon.birrer@vogelwarte.ch; Erich Gasser, Feldweg 15A, I–39010 Gargazon, E-Mail gasser-erich@rolmail.net; Dominik Hagist, Schweizerische Vogelwarte, Seerose 1, CH–6204 Sempach, E-Mail dominik.hagist@vogelwarte.ch; Oskar Niederfriniger, Claudia de Medicistrasse 8, I–39012 Meran, E-Mail nios42@alice.it; Leo Unterholzner, Probstwieserweg 24A, I–39011 Lana-Vollan, E-Mail leo.unterholzner@tin.it

Die Bestände von Wiesenbrütern wie Feldlerche *Alauda arvensis*, Baumpieper *Anthus trivialis* oder Braunkehlchen *Saxicola rubetra* haben in der Schweiz und den benachbarten Gebieten in den letzten Jahrzehnten einen sehr starken Rückgang erlitten. Diese Arten waren in der ganzen Schweiz noch in den 1950er-Jahren weit verbreitet (Knaus et al. 2011). Heute fehlen Baumpieper und Braunkehlchen im Mittelland fast vollständig, und im Jura und den Voralpen sind höchstens noch schwa-

che Bestände vorhanden (Glutz von Blotzheim 2000, Marti 2004, Horch et al. 2008), und selbst in den Zentralalpen setzte ein Rückgang ein (Graf & Korner 2011). Die Situation der Feldlerchenbestände ist noch etwas besser, vor allem in den Ackerbaugebieten. In den vorwiegend als Grünland genutzten Gebieten der Schweiz geht diese Art aber ebenfalls sehr stark zurück und fehlt bereits auf grossen Flächen. Zudem gibt es Hinweise, dass die Feldlerchenbestände auch in den Sömmerungsge-

bieten abnehmen (Korner & Graf in Vorb.). Im Südtirol (Italien) ist ebenfalls ein starker Bestandsrückgang bei den Wiesenbrütern festzustellen. So weist das Verbreitungsgebiet des Braunkehlchens heute grosse Lücken in Regionen auf, die 1987–1991 noch besiedelt waren (Gasser et al. 2014).

Als Grund für den Rückgang der Wiesenbrüter gilt die intensivierete Bewirtschaftung mit Einsatz von Dünger oder früherem und häufigerem Schnitt (Müller et al. 2005). Die Düngung führt zu einem veränderten Pflanzenbestand und zu dichter Vegetation und damit zu einem reduzierten Angebot von Wirbellosern respektive einer geringeren Erreichbarkeit der vorhandenen Wirbelloser für die Vögel (Donald et al. 2001, Vickery et al. 2001, Buckingham et al. 2004). Der frühere und häufigere Schnitt wird durch Düngung ermöglicht und kann zum Verlust von Brut und zur erhöhten Sterblichkeit von brütenden Altvögeln führen (Flade et al. 2003, Grüebler et al. 2008). In niederschlagsarmen Gebieten kann auch die Bewässerung der Wiesen zu einer Intensivierung führen (Graf et al. 2014). Neue Bewässerungsanlagen sind wahrscheinlich mit ein Grund für den starken Rückgang der Wiesenbrüter im Engadin in den letzten 20 Jahren (Graf & Korner 2011). Offen bleibt aber die Frage, wie sich verschiedene Bewässerungssysteme in seit Langem bewässerten Gebieten auswirken. Bei der traditionellen Berieselung wird das Wasser in Kanälen (Suonen, Bissen, im Südtirol als «Waal» bezeichnet) bis zu den Wiesen geführt und mit einem System feinst verzweigter Kanälchen schliesslich über die Wiesen verteilt (Leibundgut & Kohn 2014b). Diese Berieselung führt dazu, dass gewisse Teilflächen über die Zeit der Bewässerung praktisch unter Wasser stehen, während erhöhte Teilflächen trocken bleiben. Seit einigen Jahrzehnten können Wiesen auch mit Sprinklern beregnet werden. Eine solche Beregnung entspricht für die Vögel einem Starkniederschlag über der gesamten Fläche während ein paar Stunden.

Wir untersuchten den Brutvogelbestand auf traditionell mit Kanälen berieselten Wiesen und solchen, die mit Sprinkleranlagen beregnet werden. Wir postulierten, dass die Artenzahl der Brutvögel und die Siedlungsdichte

der Bodenbrüter auf traditionell berieselten Wiesen höher ist als auf mit Sprinklern beregneten. Dies weil berieselte Wiesen vermutlich weniger intensiv bewirtschaftet werden und ein stark ausgeprägtes Kleinrelief aufweisen und weil entlang der Gräben oft ein Krautsaum vorhanden ist.

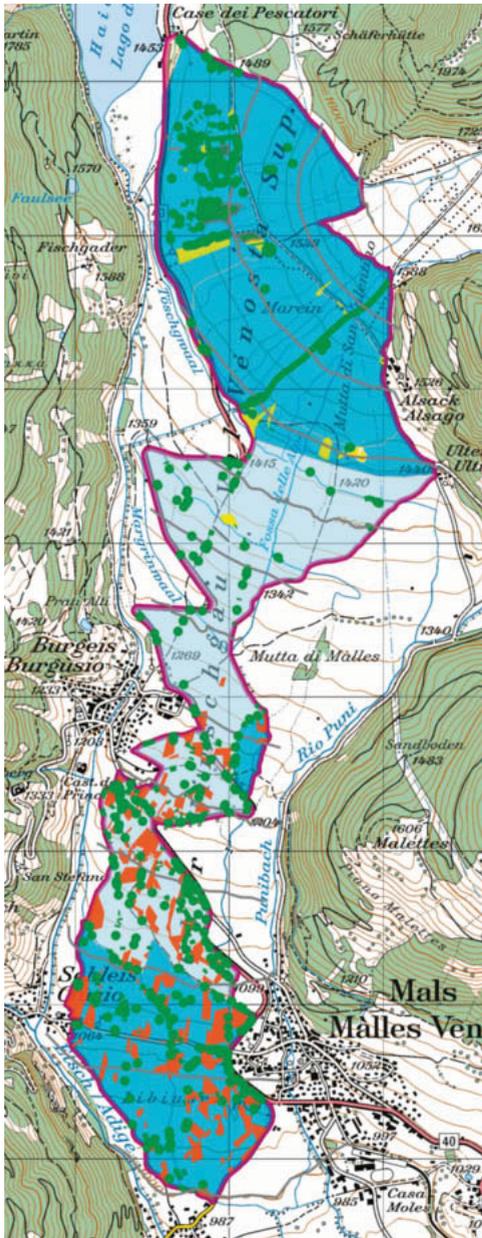
1. Untersuchungsgebiet und Methode

1.1. Untersuchungsgebiet

In der Schweiz gibt es keine grossflächigen Gebiete mehr, auf denen sowohl traditionelle Berieselung mit Kanälen als auch Beregnungsanlagen mit Sprinklern eingesetzt werden und die deshalb für eine solche Untersuchung geeignet wären. Im Südtirol, wenige Kilometer östlich der Schweizer Grenze, gibt es eine solche: Die Malser Haide (46°43' N/10°32' E) umfasst den obersten Teil des Vinschgau zwischen dem Reschensee und Mals (Provinz Bozen). Das Tal wurde durch grosse Schwemmkegel der Etsch und ihrer Nebenflüsse aufgefüllt, so dass sich die Malser Haide wie eine schiefe Ebene von 1–2 km Breite und 8 km Länge präsentiert. Durch die Lage im Zentrum der Alpen und die hohen Berge im N, W und S weist der Vinschgau sehr geringe Niederschlagsmengen und eine hohe Sonnenscheindauer auf. In grossen Teilen des Vinschgau fallen weniger als 500 mm Regen pro Jahr, selbst in Reschen auf 1513 m ü.M. sind es nur 663 mm (Wikipedia, Stand 2. Juli 2015).

Unsere Untersuchungsgebiet umfasste die Malser Haide und die Krauterwiesen bei Schluderns. Die Fläche betrug insgesamt 7,48 km². Der höchste Punkt der Malser Haide lag auf der östlichen Talseite bei Plawenn auf 1600 m ü.M., der tiefste bei Mals auf 1000 m ü.M. Die Krauterwiesen, 3 km talabwärts bei Schluderns, liegen auf 920 m ü.M. (Abb. 1).

Wir untersuchten vor allem die als Wiesen genutzten Teile der Malser Haide. Mit Ausnahme kleinster Bereiche wird die ganze Untersuchungsfläche bewässert. Dank den grossen zur Verfügung stehenden Wassermengen und dem Haider- und Reschensee war das Wasser im Gebiet nie ein begrenzender Faktor. Bei der



Berieselung werden in der Regel in Abständen von 3–4 Wochen mindestens 1000 m³ Wasser pro ha verabreicht. Die ersten Sprinkleranlagen wurden in den 1980er-Jahren erstellt (M. Joos briefl.) und bestehen aus zahlreichen kleinen Sprinklern, die im Abstand von 10 bis 20 m über die ganze Wiese verteilt sind (Abb. 2). Solche Anlagen sind vor allem im Bereich oberhalb vom 1450 m ü.M. zu finden. Die modernsten Anlagen bestehen aus einzelnen Wasserwerfern, die das Wasser im Umkreis von mehreren Dutzend Meter verteilen. Diese sind im unteren Teil des Untersuchungsgebietes zu finden und wurden 2007/08 erstellt. Üblicherweise wird im unteren Teil der Haide jede Fläche einmal pro Woche bewässert, Ausnahmen gibt es während der Futterernte und bei stärkeren natürlichen Niederschlägen, wo fallweise jeweils ein Turnus ausgelassen wird. Die verabreichte Wassermenge beträgt rund 250 m³ pro Turnus und ha (fallweise bis zu 300 m³). Auf der oberen Malser Haide ist der Beregnungsturnus deutlich unregelmässiger. Aufgrund von Problemen mit der Leitung und der Wasserverfügbarkeit gibt es hier keine geregelten Beregnungsturnusse und die verabreichte Wassermenge ist deutlich geringer (M. Joos briefl.).

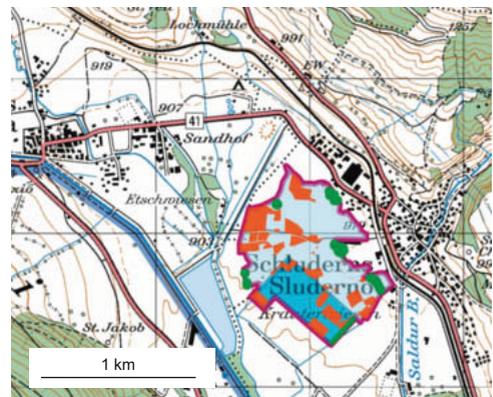


Abb. 1. Untersuchungsgebiet, Bewässerungssystem, Nutzungsintensität und Lebensräume. Links: Malser Haide, rechts: Teilgebiet Kräuterwiesen. Hellblau = berieselte Fläche, dunkelblau = beregnete Fläche; orange = intensiv genutzt, gelb = extensiv genutzt; grüne Punkte = Einzelbäume, grüne Linien = Hecken, Feldgehölze. Masstab 1 : 50000. Karte reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BAT150222). – *Study site, type of irrigation, land use intensity and habitats. Left-hand side: Heath of Malles, right-hand side: subarea «Kräuterwiesen». Light blue = traditional irrigation, dark blue = sprinkler irrigation; orange = intensively used, yellow = extensively used; green dots = single trees, green lines = hedgerows, copses.*



Abb. 2. Blick in den unteren Teil der Malser Haide. Im Vordergrund eine Wiese mit einer traditionellen Sprinkleranlage. Die Maisfelder sind nur im unteren Bereich der Haide zu finden. Aufnahme 30. September 2010, S. Birrer. – *A meadow with a sprinkler system in the lower Heath of Malles. Maize is only cultivated in the lower Heath.*

1.2. Feldaufnahmen

Im Jahr 2011 kartierten drei der Autoren (EG, ON, LU) die Brutvögel mit der vereinfachten Probeflächenmethode (Luder 1981). Die Untersuchungsfläche wurde in mehrere Teilflächen aufgeteilt, und pro Morgen wurden von einer Person 1–2 Teilflächen begangen. Die drei Rundgänge erfolgten zwischen dem 19. Mai und dem 19. Juni. Anschliessend wurden die Reviere nach der Methode «Monitoring häufige Brutvögel» (Zbinden et al. 2005) abgegrenzt. Als Reviermittelpunkt bezeichnen wir den Schwerpunkt der Ellipse, welche beim Abgrenzen der Reviere gezeichnet wurde.

Art der Bewässerung und Lebensräume auf der Malser Haide wurden 2011 von DH kartiert. Das ganze Untersuchungsgebiet wurde flächig abgesucht, und die vorhandenen Lebensräume wurden auf Karten eingetragen (Graf et al. 2011). Gleichzeitig wurde die Intensität der Landnutzung jeder Parzelle erfasst (Graf & Korner 2011). Mehrere Lebensraumtypen waren nur kleinflächig oder nur in wenigen Höhenstufen vorhanden. Zusammenhänge zwischen Vogelvorkommen und Lebensräumen konnten deshalb nur für wenige Lebensraumtypen und erst nach dem Zusammenlegen

ähnlicher Typen erfolgen. Dies war für intensiv genutzte Kulturen (Niederstammanlagen, Äcker, Kunstwiesen und übernutzte Fettweiden), Hecken (Nieder-, Hoch- und Baumhecken sowie Waldränder zusammen genommen) sowie Einzelbäume möglich (Abb. 1).

1.3. Auswertung

Reviermittelpunkte, Bewässerungssystem, Vegetation, Nutzung und naturnahe Lebensräume wurden in einem Geografischen Informationssystem (GIS, Esri ArcMap 10.0) erfasst. Wir unterteilten das Untersuchungsgebiet entlang der Höhenlinien in 13 Höhenstufen (mit 50 m Höhendifferenz, Abb. 3). Die Fläche dieser Stufen beträgt im Mittel 58 ha (min. 22 ha, max. 151 ha). Es stellte sich heraus, dass die Höhenstufen entweder vorwiegend beregnet oder vorwiegend berieselt wurden. Für jede Höhenstufe bestimmten wir die Anzahl der festgestellten Brutvogelarten und die Anzahl der Brutvogelarten gemäss den «Umweltzielen Landwirtschaft» (UZL-Arten; BAFU & BLW 2008). Die UZL-Arten sind jene Arten, für deren Bestandserhaltung die Landwirtschaft einen besonderen Stellenwert hat (Birrer et al. 2011). Weiter bestimmten wir für jede Hö-

henstufe den Anteil der Lebensraumvariablen (beregnete Fläche, intensiv genutzte Flächen, Heckenlänge und Anzahl Einzelbäume). Die derart ermittelten Werte wurden für die nächsten Schritte ins Statistikprogramm R übernommen (R Development Core Team 2011). Um den Einfluss der Umweltvariablen auf die Artenzahl festzustellen, erstellten wir Generalisierte Lineare Modelle mit einer Poissonverteilung. Da die Flächen der Höhenstufen unterschiedlich gross waren, bauten wir die logarithmierte Fläche als Offset ein, wodurch eine «Artdichte» modelliert wurde (Anhang). Zunächst erstellten wir acht Modelle, bei denen die erklärenden Variablen «Anteil der intensiv genutzten Flächen» (logit-transformiert, R-Package «arm», Gelman & Yu-Sung 2014), Heckendichte sowie Baumdichte in allen möglichen Variationen vorkamen. Bei allen acht Modellen wurden zusätzlich die Faktoren «Anteil der beregneten Fläche» (logit-transformiert), «Höhenstufe» und «Höhenstufe im Quadrat» beigefügt, um nicht lineare Zusammenhänge erkennen zu können. Diese letzten drei Faktoren wurden in jedes Modell eingebaut, da wir vor allem am Einfluss der Beregnung interessiert sind und dieser mit der Höhenstufe korreliert. Die acht Modelle verglichen wir mit einem AIC (Akaike Information criterion; Akaike 1974, Burnham & Anderson 2002).

Für die vier häufigsten Arten Feldlerche, Braunkehlchen, Neuntöter *Lanius collurio* und Wachtel *Coturnix coturnix* ermittelten wir Umweltvariablen auf einer Kreisfläche mit 60 m Radius um den Reviermittelpunkt (entspricht 1,1 ha). Zusätzlich wurden für jede der vier Arten nacheinander zufällig 150 «Absenzreviere» bestimmt: Verteilt über den ganzen Untersuchungssperimeter wurden Kreisflächen mit 60 m Radius festgelegt, die sich weder mit einem der Reviere noch mit einem bereits gezogene Absenzrevier überschneiden (bei der Feldlerche konnten so nur 127 Zufallspunkte gefunden werden). Die Flächen dieser «Absenzreviere» gehörten also zumindest im Untersuchungsjahr zu keinem Kerngebiet der entsprechenden Vogelart. Wir können aber nicht ausschliessen, dass auch diese Flächen gelegentlich von der Art genutzt wurden. Als erklärende Variablen setzten wir bei diesem Ver-

gleich die Meereshöhe (sowie die Meereshöhe im Quadrat) und das Vorhandensein von beregneten Flächen, intensiv genutzten Flächen, Hecken und Bäumen auf der Kreisfläche ein. Da die Daten sehr einseitig verteilt waren, mussten wir Faktoren (Vorkommen/Kein Vorkommen) bilden. Aufgrund der Revierverteilung vermuteten wir räumliche Autokorrelation. Wir setzten deshalb Modelle ein, welche mit binomialen Daten (Revier respektive Zufallspunkt) und räumlicher Autokorrelation gleichzeitig umgehen können. Diese konvergierten jedoch nicht, wohl wegen des eher geringen Datenumfangs und des Zusammenhangs zwischen Bewässerungssystem und Meereshöhe. Wir haben deshalb als Näherung mit linearen Modellen gerechnet, welche aber die räumliche Autokorrelation berücksichtigen. Aufgrund der geringen Datenmenge haben wir eine Modellwahl mit Vorwärtsselktion angewandt: In einem ersten Schritt wurden Modelle gebaut mit den Faktoren «Anteil beregnet» (logit-transformiert), «Höhenstufe» und «Höhenstufe im Quadrat» sowie verschiedenen Funktionen, welche die räumliche Autokorrelation prüfen (Pinheiro et al. 2013). Wir verglichen die Modelle mit dem AIC (Zuur et al. 2009). Zum besten Modell (oder den besten Modellen) wurden anschliessend die Faktoren «Vorkommen von intensiv genutzten Flächen», «Vorkommen von Hecken» oder «Vorkommen von Bäumen» einzeln zugefügt und die neuen Modelle in einer Anova mit dem Ursprungsmodell verglichen. Erwies sich das erweiterte Modell als signifikant besser, wurde mit den verbliebenen Faktoren nochmals gleich verfahren. Da die Vertrauensbereiche bei diesen Modellen nicht ausgegeben werden, wurden die ungefähren Vertrauensintervalle mit der Deltamethode berechnet (Fox & Weisberg 2011).

2. Ergebnisse

2.1. Lebensraum

Die Untersuchungsfläche besteht zu über 94 % aus Mähwiesen. 93 % der Wiesen werden mittelintensiv genutzt, 6,1 % sind Fettwiesen und 0,8 % Kunstwiesen. Halbtrockenrasen und echte Trockenrasen kommen nur lokal und sehr

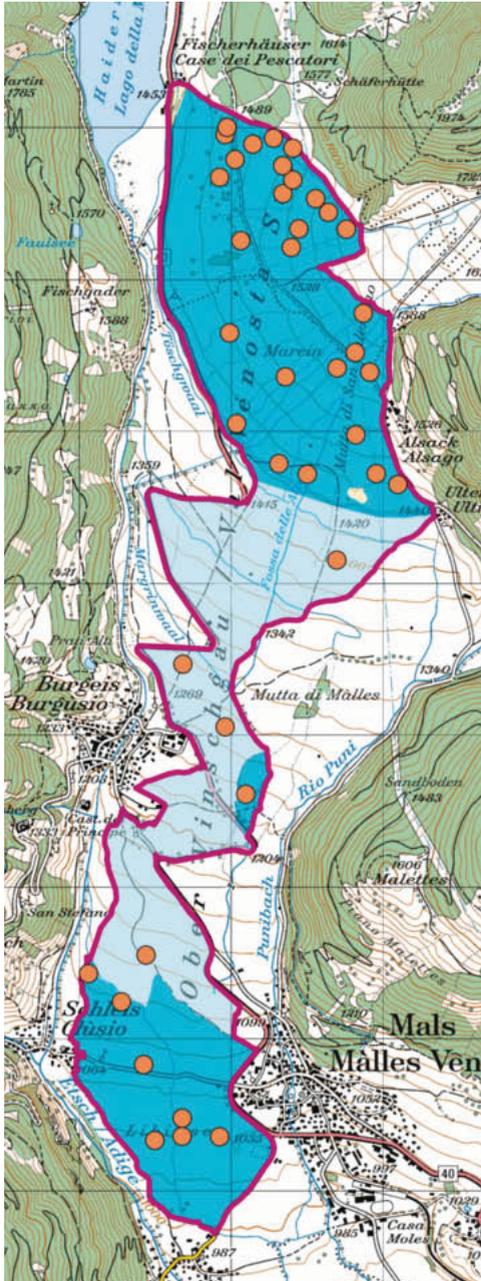
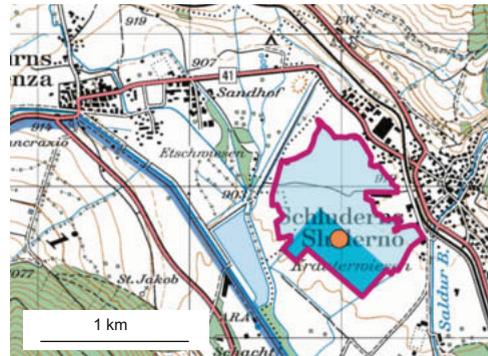


Abb. 3. Untersuchungsgebiet, Bewässerungssystem und Verteilung der Braunkehlchenreviere 2011 (Punkte) auf der Malser Haide. Dunkelblau = beregnet, hellblau = mit Waalen berieselt. Masstab 1 : 50000. Karte reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BAT150222). – *Study site, type of irrigation and distribution of Whinchat territories in the Heath of Malles in 2011 (dots). Dark blue = sprinkler irrigation, light blue = traditional irrigation with open water channels.*

kleinflächig vor. Dauerweiden (Fettweiden und Halbtrockenweiden) gibt es nur an einer Stelle zwischen 1450 und 1500 m, sie nehmen dort aber eine relativ grosse Fläche ein (insgesamt 2,1 % der Untersuchungsfläche). Bis auf 1200 m ü.M. kommen einzelne Ackerflächen vor, Niederstammanlagen bis 1070 m ü.M. Die intensiv genutzten Flächen zusammen nehmen 9,2 % des gesamten Untersuchungsgebiets ein, unterhalb 1250 m sind es je nach Stufe 16–35 %, darüber fehlten sie fast vollständig (Korrelationskoeffizient Höhenstufe und Anteil intensiv genutzter Fläche = $-0,82$). Hecken und Waldränder machen zusammen 10,4 km aus (pro Höhenstufe zwischen 0,27 und 3,54 km/km²). Die Baumdichte beträgt im Mittel 61 Bäume/km² und schwankt pro Höhenstufe zwischen 0 und 166. Sie steigt mit dem Anteil intensiv genutzter Fläche deutlich an (Korrelationskoeffizient = 0,80). Mit Ausnahme der beiden erwähnten Fälle liegen die Werte aller übrigen Korrelationskoeffizienten zwischen den erklärenden Faktoren unter 0,6. Insbesondere gab es keinen signifikanten Unterschied im Vorkommen der Landschaftselemente mit dem Bewässerungssystem.

2.2. Brutvögel

Insgesamt fanden wir 340 Reviere von 31 Brutvogelarten (Tab. 1). Mit Abstand die häu-



Tab. 1. Anzahl Vogelreviere in der Malser Haide und auf der Krauterwiese 2011. UZL = Umweltziele Landwirtschaft (BAFU & BLW 2008). Gefährdung in der Schweiz gemäss der aktuellen Roten Liste der Schweiz (Keller et al. 2010). – Number of bird territories in the study area in 2011. UZL = listed as priority farmland species (BAFU & BLW 2008): «Leitart» = characteristic species, «Zielart» = target species. «Rote Liste 2010» = Red List category in Switzerland (Keller et al. 2010): LC = Least Concern, NT = Near Threatened, VU = Vulnerable.

Name	Wissenschaftlicher Name	UZL	Rote Liste 2010	Reviere
Feldlerche	<i>Alauda arvensis</i>	Leitart	NT, potenziell gefährdet	119
Braunkehlchen	<i>Saxicola rubetra</i>	Zielart	VU, verletzlich	41
Neuntöter	<i>Lanius collurio</i>	Leitart	LC, nicht gefährdet	37
Wachtel	<i>Coturnix coturnix</i>	Leitart	LC, nicht gefährdet	20
Bachstelze	<i>Motacilla alba</i>		LC, nicht gefährdet	16
Amsel	<i>Turdus merula</i>		LC, nicht gefährdet	14
Goldammer	<i>Emberiza citrinella</i>	Leitart	LC, nicht gefährdet	14
Mönchsgrasmücke	<i>Sylvia atricapilla</i>		LC, nicht gefährdet	6
Buchfink	<i>Fringilla coelebs</i>		LC, nicht gefährdet	6
Distelfink	<i>Carduelis carduelis</i>	Leitart	LC, nicht gefährdet	6
Wacholderdrossel	<i>Turdus pilaris</i>	Leitart	VU, verletzlich	5
Gartengrasmücke	<i>Sylvia borin</i>	Leitart	NT, potenziell gefährdet	5
Italiensperling	<i>Passer hispaniolensis italiae</i>		LC, nicht gefährdet	5
Girlitz	<i>Serinus serinus</i>		LC, nicht gefährdet	5
Turmfalke	<i>Falco tinnunculus</i>	Zielart	NT, potenziell gefährdet	4
Baumpieper	<i>Anthus trivialis</i>	Leitart	LC, nicht gefährdet	4
Kohlmeise	<i>Parus major</i>		LC, nicht gefährdet	4
Elster	<i>Pica pica</i>		LC, nicht gefährdet	4
Star	<i>Sturnus vulgaris</i>		LC, nicht gefährdet	4
Feldsperling	<i>Passer montanus</i>		LC, nicht gefährdet	4
Mäusebussard	<i>Buteo buteo</i>		LC, nicht gefährdet	2
Ringeltaube	<i>Columba palumbus</i>		LC, nicht gefährdet	2
Misteldrossel	<i>Turdus viscivorus</i>		LC, nicht gefährdet	2
Sperbergrasmücke	<i>Sylvia nisoria</i>		VU, verletzlich	2
Rabenkrähe	<i>Corvus corone corone</i>		LC, nicht gefährdet	2
Alpenbirkenzeisig	<i>Carduelis cabaret</i>		LC, nicht gefährdet	2
Rauchschwalbe	<i>Hirundo rustica</i>	Leitart	LC, nicht gefährdet	1
Hausrotschwanz	<i>Phoenicurus ochruros</i>		LC, nicht gefährdet	1
Schwarzkehlchen	<i>Saxicola rubicola</i>	Leitart	NT, potenziell gefährdet	1
Gartenbaumläufer	<i>Certhia brachydactyla</i>	Leitart	LC, nicht gefährdet	1
Grünfink	<i>Carduelis chloris</i>		LC, nicht gefährdet	1

figste Art war die Feldlerche mit 119 Revieren (35,0 % aller Reviere), gefolgt von Braunkehlchen (12,1 %, Abb. 3), Neuntöter (10,9 %) und Wachtel (5,9 %). Mit Ausnahme des Neuntöters sind die häufigsten Arten somit Bodenbrüter und insgesamt gehören 54,4 % aller Reviere den Bodenbrütern. Bezogen auf die gesamte Untersuchungsfläche betrug die Siedlungsdichte der Feldlerche 15,9 Reviere/km² und jene des Braunkehlchens 5,5 Reviere/km². Berücksichtigt man nur die 2,7 km² über 1450 m, wo das Braunkehlchen besonders häufig auf-

tritt, erreichte die Siedlungsdichte sogar 9,8 Reviere/km². Die minimale Distanz zwischen den Mittelpunkten benachbarter Feldlerchenreviere betrug 76 m, die Hälfte der Nachbarreviere waren weniger als 132 m weit entfernt. Beim Braunkehlchen betragen die entsprechenden Werte 50 m (Minimum) und 160 m (Median), beim Neuntöter 68 bzw. 271 m und bei der Wachtel 161 bzw. 358 m.

Pro Höhenstufe fanden wir 5–22 Arten. Unter den Modellen zur Zahl aller Arten wies jenes mit der Heckendichte als einzige zusätz-

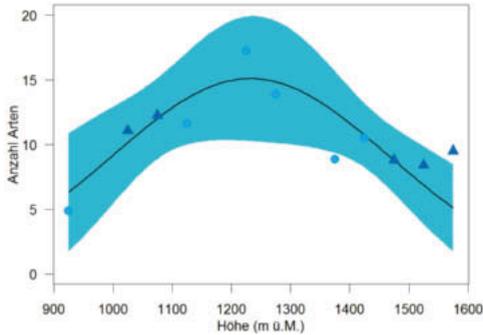


Abb. 4. Zahl aller Arten in Abhängigkeit von der Höhenstufe und vom Bewässerungssystem (dunkelblaue Dreiecke = berechnet, hellblaue Punkte = berieselt). Linie = Modell, welches Vorkommen von Hecken, Höhenlage und Bewässerungssystem berücksichtigt. Annahmen: je 50 % der Fläche sind berieselt beziehungsweise berechnet und die Fläche beträgt 68 ha (Mittelwert der Höhenstufen). Der Vertrauensbereich des Modells ist hellblau dargestellt. – *Number of species as a function of altitude and type of irrigation (dark blue triangles = sprinkler irrigation, light blue dots = traditional irrigation). The solid line represents the model accounting for presence of hedgerows, altitude and type of irrigation. Assumptions: sprinkler and traditionally irrigated areas each cover 50 % with an average area of 68 ha (average of all altitudinal levels). The confidence interval is indicated by the shaded area.*

liche Variable den tiefsten AIC-Wert auf (Anhang). Mit Ausnahme des Modells mit allen Variablen (AIC mit 2,4 Punkte höher) lag der AIC-Wert aller anderen Modelle um höchstens 2 Punkte höher. Diese Modelle sind demnach als gleichwertig einzustufen. Unter den Variablen war einzig die Höhenstufe signifikant und zwar in den 4 Modellen mit dem tiefsten AIC-Wert. Dies heisst, dass die Artenzahl ein Maximum in den mittleren Höhenstufen aufweist (Abb. 4). Von den Arten der UZL-Listen fanden sich 3–16 pro Höhenstufe. Das beste Modell war jenes, das keine zusätzlichen Variablen aufwies. Der AIC jener drei Modelle mit einer zusätzlichen Variablen waren jedoch weniger als 2 Punkte höher und damit ähnlich gut wie das beste Modell. Die Modelle mit mehreren zusätzlichen Variablen waren hingegen deutlich weniger gut. Der Einfluss der Höhenstufe in den Modellen zur UZL-Artenzahl

deutet sich ebenfalls an, ist aber in keinem der Modelle signifikant. Auch sonst gab es keinen signifikanten Faktor, insbesondere wirkte sich das Bewässerungssystem nicht auf die Artenzahl aus.

Bei den Artmodellen von Feldlerche, Braunkehlchen und Neuntöter passten die Modelle mit räumlicher Autokorrelation besser zu den Daten als die einfachen Modelle. Bei der Wachtel führt das Einbeziehen der räumlichen Autokorrelation jedoch zu einem höheren AIC. Der Einfluss des Bewässerungssystems erscheint bei den Modellen zur Feldlerche als Trend, bei jenen zum Braunkehlchen als signifikant ($p = 0,008$), wobei berechnete Stellen eine höhere Besiedlungswahrscheinlichkeit aufweisen als solche, die mit Waalen berieselt werden (Abb. 5). In den Artmodellen von Neuntöter und Wachtel erscheint die Berechnung nicht als signifikanter Faktor. Beim Neuntöter wirkt sich das Vorhandensein von Hecken ($p = 0,01$) und Bäumen ($p = 0,05$) signifikant positiv aus. Die Siedlungsdichte des Braunkehlchens nimmt mit grösserer Höhe knapp signifikant linear zu (je nach Korrektur für räumliche Autokorrelation liegt der p -Wert bei 0,05 oder 0,06). Die Faktoren in allen anderen getesteten Modellen waren nicht signifikant.

3. Diskussion

3.1. Auswirkung der Bewässerungssysteme

Wir haben Artenzahlen und das Vorkommen der vier häufigsten Brutvogelarten der Malser Haide auf traditionell mit Waalen berieselten und mit Sprinklern berechneten Wiesen verglichen. Beim Braunkehlchen zeigte sich ein signifikanter Einfluss des Bewässerungssystems, bei der Feldlerche war zumindest ein Trend sichtbar: Wider Erwarten war die Wahrscheinlichkeit, dass eine mit Sprinklern berechnete Stelle besiedelt ist, höher als die Besiedlungswahrscheinlichkeit einer mit Waalen berieselten Fläche. Die Bevorzugung von berechneten Flächen durch das Braunkehlchen könnte allenfalls ein Artefakt sein: Das Braunkehlchen siedelt in den obersten Bereichen der Malser Haide deutlich dichter als in den mittleren und

unteren Bereichen. Nun sind auf der Malser Haide die berechneten Flächen nicht homogen über die Höhenstufen verteilt, sondern finden sich vor allem in den obersten Bereichen, wo seit Jahrzehnten beregnet wird und in den unteren Bereichen, wo ein Teil der Anlagen aus den Jahren 2007/08 stammt. Es ist also möglich, dass die hohen Siedlungsdichten des Braunkehlchens im oberen Bereich einen Zusammenhang mit dem Bewässerungssystem nur vortäuschen. Selbst wenn das so wäre, muss unsere ursprüngliche Annahme, wonach die traditionell berieselten Wiesen eine höhere Vogeldichte aufweisen als die beregneten, fallen gelassen werden. Dies zeigt sich schon daran, dass das Braunkehlchen auf den seit Jahrzehnten beregneten hochgelegenen Wiesen in so hohen Dichten brütet wie nur noch an wenigen Orten ausserhalb des Untersuchungsraumes. Zumindest die Beregnung mit alten Anlagen erlaubt das Vorkommen einer reichen Wiesenbrütergemeinschaft, so lange die Nutzung der Wiesen nicht intensiviert wird. In unserer Untersuchung haben wir uns auf das Feststellen von Revieren beschränkt. Zum Bruterfolg können wir keine Aussagen machen. Er könnte sich zwischen den beiden Bewässerungssystemen unterscheiden.

Schwierig zu interpretieren sind die Modelle zur Artenzahl: Die maximale Artenzahl zeigt sich in den mittleren Bereichen (Abb. 3). Da diese mit Waalen berieselt werden, kann ein positiver Einfluss der Berieselung auf die Artenzahl vermutet werden. Dagegen spricht allerdings, dass ausgerechnet die Wiesenbrüter, die vom Bewässerungssystem am direktesten betroffen sind, im mittleren Bereich nicht häufiger sind als anderswo.

Insgesamt zeigen unsere Daten keinen deutlichen Zusammenhang zwischen dem Typ der Bewässerung und der Zusammensetzung der Vogelfauna. Nur ein geringer Unterschied in Biodiversitätsmassen zwischen berieselten und beregneten Wiesen fand sich auch im Wallis, wo Artenzahl und -zusammensetzung von Pflanzen und Schnecken untersucht wurden (Riedener et al. 2013). Insbesondere hatte dort das Bewässerungssystem keinen Einfluss auf die Artenzahl der Pflanzen und auf die Bodeneigenschaften (Melliger et al. 2014). Die für die Artenzahl und -zusammensetzung entscheidende Frage ist also nicht wie, sondern ob eine Wiese bewässert wird. Im Wallis führte die Bewässerung von zuvor nicht bewässerten Wiesen schon im ersten Jahr zu einer Zunahme der Pflanzenarten (Andrey et al. 2014). Die Ve-

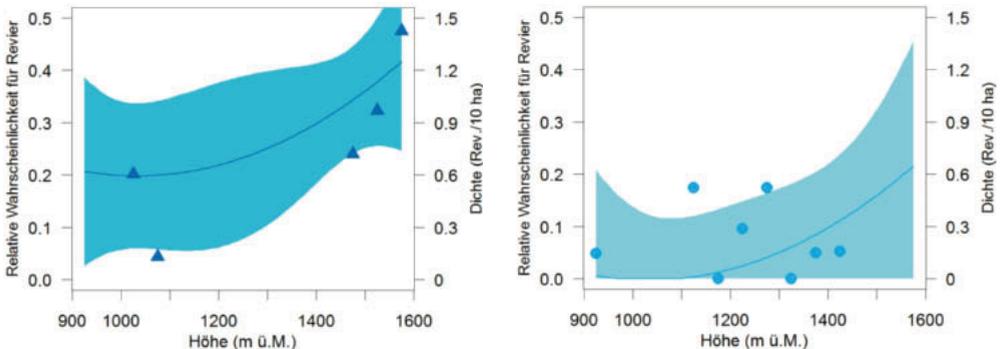


Abb. 5. Besiedlungswahrscheinlichkeit und Siedlungsdichte des Braunkehlchens in Abhängigkeit von der Höhe auf beregneten (links) und berieselten (rechts) Flächen. Linien = geschätzter Wert ($n = 41$ Reviere, 150 Vergleichspunkte). Polygone = ± 2 * Standardfehler (geschätzt mit der Deltamethode). Werte < 0 sind auf 0 gesetzt. Punkte = Siedlungsdichte pro Höhenstufe. Der Vertrauensbereich der Modelle ist farbig hinterlegt. – *Occupancy probability and territory density of Whinchat as a function of altitude on areas with sprinkler irrigation (left) and traditional irrigation (right). Lines = estimated value ($n = 41$ territories, 150 reference points). Polygons = ± 2 * standard error (estimated using the delta method). Negative values were set to zero. Dots = territory density per altitudinal level.*

Tab. 2. Siedlungsdichten von Feldlerche und Braunkehlchen auf grossflächigen Untersuchungsgebieten in der Schweiz und im angrenzenden Alpenraum. Siedlungsdichte in Revieren pro km². Falls Daten aus mehreren Teilflächen oder Jahren bekannt sind, wurde der Median der Teilwerte angegeben; Fläche = Gesamtfläche in km². * = Ackerbaugebiete. – *Territory densities of Eurasian Skylark and Whinchat on large-scale study areas (number of territories/km²). Where data was available for several subareas («Teilflächen») or several years («Anzahl Jahre»), the median was used.* «Fläche» = total area (km²); «Höhe» = altitude above sea level; * = lowland arable sites.

Gebiet	Dichte (Rev./km ²)	Teilflächen	Anzahl Jahre	Fläche (km ²)	Höhe (m ü.M.)	Quelle
<i>Feldlerche</i>						
Widen*, Klettgau (Kt. Schaffhausen)	28,8	1	6	5,3	450	Meichtry et al. (2014)
Langfeld*, Klettgau (Kt. SH)	17,9	1	10	2,1	420	Meichtry et al. (2014)
Malser Haide (Italien)	15,9	1	1	7,5	920–1600	diese Untersuchung
Champagne genvoise* (Kt. Genf)	13,4	1	22	6,0	430	Meichtry in Vorb.
Plombier, Klettgau (Kt. SH)	14,3	1	3		410	Meichtry et al. (2014)
Tallagen Val Müstair (Kt. GR)	4,6	7	1	4,3	1250–1620	Müller (2008)
Engadin (Kanton Graubünden)	4,0		1	12,1	1180–2080	Graf & Korner (2011)
Terrassenlagen Val Müstair (Kt. GR)	3,3	3	1	1,2	1700–1900	Müller (2008)
<i>Braunkehlchen</i>						
Goms (Kanton Wallis)	44,0	7	2	4,2	1300–1370	Strebel et al. (2015)
Engadin (Kanton Graubünden)	15,1		1	12,1	1180–2080	Graf & Korner (2011)
Malser Haide (oberhalb 1450 m ü.M.)	9,8	1	1	2,7	1450–1600	diese Untersuchung
Tallagen Val Müstair (Kt. GR)	7,6	7	1	4,3	1250–1620	Müller (2008)
Terrassenlagen Val Müstair (Kt. GR)	6,6	3	1	1,2	1700–1900	Müller (2008)
Malser Haide (Italien)	5,5	1	1	7,5	920–1600	diese Untersuchung

getationstypen im Engadin änderten sich dagegen in den ersten Jahren nach Beginn der Bewässerung kaum; nach zehn und mehr Jahren war jedoch ein drastischer Rückgang der aus der Sicht des Naturschutzes besonders wertvollen extensiv und wenig intensiv genutzten und sehr artenreichen Matten zu verzeichnen (Graf et al. 2014). Im Gegensatz zum Engadin, wo bewässerte Wiesen in der Regel intensiv genutzt werden, wird die Mehrheit der Wiesen auf der Malser Haide noch immer mittelintensiv genutzt, und die meisten Wiesen im oberen Teil werden 2-mal pro Jahr gemäht; im unteren Teil der Haide sind drei Schnitte üblich (M. Joos briefl.). Dadurch erfolgt der erste Schnitt relativ spät. Ob die Nutzung im unteren, seit Kurzem beregneten Teil der Malser Haide ebenfalls intensiviert wurde, kann zurzeit nicht entschieden werden. Die Gefahr einer Nutzungsintensivierung besteht allerdings. So verteilt die Beregnungsanlage das Wasser gleichmässiger auf die gesamte Fläche, und der Abfluss aus der bewässerten Fläche ist geringer.

Dadurch bleibt mehr Wasser auf der Fläche. Da das Wasser der begrenzende Faktor für die Vegetation ist, wird eine intensivere Nutzung zumindest möglich. Zudem ist die Berieselung für die Landwirte sehr zeitintensiv, müssen sie doch zu Beginn, während und am Ende der ihnen zur Verfügung stehenden Bewässerungszeit vor Ort sein und den Wasserfluss steuern. Dank der Beregnungsanlage müssen sie weniger Zeit aufwenden. Es liegt deshalb nahe, dass sie die Nutzung ihrer gesamten Fläche neu organisieren und allenfalls intensivieren. Die Erfahrungen im Engadin zeigen, dass sich eine solche Intensivierung erst nach einigen Jahren auf die Vogelbestände auswirkt.

3.2. Bedeutung der Malser Haide für die Vogelwelt

Die Siedlungsdichte der Feldlerche auf der Malser Haide ist mit 15,9 Revieren/km² für ein Grünlandgebiet sehr hoch. Ähnlich hohe oder noch höhere Dichten werden in der Schweiz

nur noch in stark ökologisch aufgewerteten Ackerbaugebieten erreicht, etwa in der Champagne genevoise oder im Klettgau (Tab. 2). Im benachbarten Val Müstair erreicht die Feldlerche im Jahr 2006 in den bewässerten Tallagen von Fuldera bis Müstair nur rund ein Drittel dieser Dichte und dies wohl auch nur, weil sie in den eingestreuten Äckern brütet (Müller 2008).

Auch die Siedlungsdichten des Braunkehlchens (5,5 Reviere/km² bezogen auf das ganze Untersuchungsgebiet bzw. 9,8 Reviere/km² für die Flächen über 1450 m ü.M.) werden auf grossen Untersuchungsflächen nur noch selten überboten. Die Siedlungsdichten im Goms (Kanton Wallis) und Engadin liegen jedoch noch deutlich, jene im Val Müstair leicht über denen auf der Malser Haide (Tab. 2). Bei der ADEBAR-Kartierung in Bayern ergab die Bestandsschätzung pro Quadrant der Topographischen Karten (ca. 10 km²) einen Maximalwert von 50–150 Revieren (Rödl et al. 2012).

Auf unseren Begehungen fanden wir 20 Reviere der Wachtel. Udo Thoma und Joachim Winkler haben im selben Jahr vom 30. Mai bis 6. Juni 2011 an fünf Abenden die Teilgebiete der Malser Haide 1–4-mal begangen und dabei an mindesten 41 Orten Wachteln gehört. Die Wachtel ist sehr unstedet und hat die höchste Rufaktivität während der Abenddämmerung (Bibby et al. 1995, Südbeck et al. 2005), was den Unterschied der beiden Aufnahmen erklären kann. Wahrscheinlich waren sogar noch deutlich mehr Wachteln vorhanden, fanden doch U. Thoma und J. Winkler sehr hohe Sied-

lungsdichten in den mittleren Höhenbereichen, aber keine Wachteln in den obersten Teilgebieten, wo wir in den Morgenbegehungen mehrere Sängler hörten. Unsere Brutvogelbestandsaufnahmen zeigen somit auffällig gute Bestände von Bodenbrütern in dieser grossen, offenen Wiesenlandschaft. Der Neuntöter, als weitere häufige Art im Gebiet, sucht seine Nahrung ebenfalls in oder über den Wiesen, nistet aber in Gebüsch und Hecken.

Die Bedeutung der Malser Haide für Bodenbrüter wird noch durch diverse Beobachtungen von Wachtelkönigen unterstrichen. SB hat am 23. Mai 2008 zwischen Mals und Burgeis einen rufenden Wachtelkönig *Crex crex* gehört, M. Spiess am 25. Mai 2009 am gleichen Ort sogar zwei Individuen. Am 17. Juni 2002 wurden im Gebiet mindestens 20 Rufer vernommen (Winkler et al. 2002). In der Datenbank ornitho.ch sind zwar in den letzten 10 Jahren keine weiteren Beobachtungen gespeichert, allerdings scheinen nur wenige Ornithologen dieses Gebiet aufzusuchen, denn auch andere Arten werden von der Malser Haide nur selten gemeldet. Bei den Kartierungen zu dieser Publikation wurde vermutlich am 19. Juni 2011 ebenfalls ein Wachtelkönig gehört, die Beobachtung war jedoch nicht eindeutig, weshalb kein Revier angenommen wurde.

Aufgrund der hohen Siedlungsdichten der Bodenbrüter und des Vorkommens des Wachtelkönigs kommt der Malser Haide eine grosse ornithologische Bedeutung zu. Die hohen Dichten an Bodenbrütern in der Malser Haide sind umso bemerkenswerter, als auch im Südti-



Abb. 6. Bewässerung mit modernen Sprinklern auf der Malser Haide. Aufnahme 5. August 2011, D. Hagist. – *Irrigation with modern sprinklers on the Heath of Malles.*



Abb. 7. Mit Waalen bewässertes Gebiet. Links des Feldweges führt ein Bewässerungsgraben, der teilweise von Gebüsch begleitet wird. Aufnahme 8. August 2011, D. Hagist. – *Traditionally irrigated part of the study area with water channel left of the path.*

rol ein starker Rückgang der Bodenbrüter festgestellt werden muss (Gasser et al. 2014). Wiesengebiete mit einer vielfältigen Avifauna werden in Zukunft für den Vogelschutz eine zunehmende Rolle spielen, gehören doch die Kulturlandvögel und insbesondere die Wiesenbrüter europaweit zu den Gruppen mit dem stärksten Bestandsrückgang (Donald et al. 2001, Vickery et al. 2001, EBCC 2014, Hötker et al. 2014, Sattler et al. 2014). Die Malser Haide ist einer der letzten Standorte in Europa mit einem noch heute funktionierenden und grossflächigen traditionellen Bewässerungssystem und auch aus diesem Grunde sehr schutzwürdig (Leibundgut & Kohn 2014a). Zu diesem System gehören nicht nur die Wiesen, sondern auch die Kanäle. Sie und ihre Ufer, die meist von spezieller Vegetation begleitet und nur wenig intensiv gepflegt werden, sind auch wichtige Kleinstrukturen und Lebensraum von Kleintieren.

3.3. Schutz und Nutzung

Allerdings besteht zur Zeit keinerlei Schutzstatus für die Malser Haide. Ein solcher wurde bisher auch kaum gefordert, lagen die Schutzbemühungen doch vorwiegend auf den ausgedehnten Trockenhängen im oberen Vinschgau respektive auf den Auenresten. Dass diese ebenfalls eine sehr hohe naturschutzfachli-

che Bedeutung haben, ist unbestritten, doch darf deswegen der Schutz der Wiesenflächen nicht vernachlässigt werden. Da es sich um landwirtschaftlich genutzte Flächen handelt, kann es sich nicht um einen Schutz im Sinne traditioneller Naturschutzverfügungen handeln, sondern es sollte mit den Bewirtschaftern eine geeignete Lösung gefunden werden, die in Verträgen festgehalten wird. Dies ist besonders erfolversprechend, wenn den Landwirten gleichzeitig eine gesamtbetriebliche Beratung angeboten werden kann (Chevillat et al. 2012). Wie dringend ein besserer Schutz der Wiesenflächen ist, zeigt die Entwicklung in den letzten Jahren und Jahrzehnten. Insbesondere dehnt sich die Fläche der Intensivobstanlagen immer weiter aus. Das Kulturland im Vinschgauer Talgrund ist bis oberhalb Schluderns weitgehend mit solchen Anlagen belegt, und neue Anlagen werden in immer höher gelegene Regionen aufgestellt. Bereits werden die unteren Teile der Malser Haide in Beschlag genommen. Nach der Installation einer Obstanlage verschwinden die Bodenbrüter vollständig und werden durch andere, meist weit verbreitete Vogelarten ersetzt. Obstanlagen können nicht mit Waalen bewässert werden. Der Wechsel von der traditionellen Berieselung zu modernen Beregnungsanlagen kann damit auch zur Ausbreitung der Obstanlagen führen.

Neben den Bodenbrütern kommen zahlreiche andere Vogelarten auf der Malser Haide vor, nebst dem Neuntöter aber nur in geringen Siedlungsdichten. Dies hängt sicher mit der Armut an Strukturen wie Einzelbäumen, Gebüschgruppen und Hecken zusammen. Vor allem vom Baumpieper hätte man zumindest in den obersten Bereichen der Haide, wo es einzelne Feldgehölze gibt, doch höhere Siedlungsdichten erwartet. Mit geeigneten Massnahmen könnte die Malser Haide auch für diese Arten, insbesondere für Heckenbrüter aufgewertet werden. Um die Wiesenbrüter, die in der Mehrzahl offene Landschaften bevorzugen, nicht zu beeinträchtigen, ist darauf zu achten, dass keine Hochhecken und Baumreihen angepflanzt werden. Hingegen würden zusätzliche Niederhecken und Einzelgebüsche, ergänzt mit Kleinstrukturen wie Stein- und Asthaufen sowie neuen Säumen und Altgrasstreifen, die vorhan-

denen Lebensräume bereichern. Davon würden nicht nur Vogelarten wie Neuntöter und Sperbergrasmücke profitieren, sondern auch zahlreiche Kleintiere, Reptilien und Säuger.

Dank. Diese Studie wurde durch das Nationale Forschungsprogramm 61 «Nachhaltige Wassernutzung» finanziert. Zahlreiche Personen haben wesentlich zu dieser Publikation beigetragen: Udo Thoma und Joachim Winkler haben uns ihre Daten zu den Wachtelkartierungen überlassen. Andy Rutz half bei der Lebensraumkartierung und hat die Lebensraumdaten digitalisiert. Samuel Wechsler hat die Abgrenzung der Reviere vorgenommen, eine erste Auswertung durchgeführt und die Abfragen in ornitho.ch durchgeführt. Markus Joos vom Bezirksamt für Landwirtschaft Schlanders hat uns zu Fragen der Landwirtschaft Auskunft gegeben. Pius Korner hat uns in statistischen Fragen beraten. Lukas Jenni, Roman Graf und zwei Gutachter haben wertvolle Hinweise zur Verbesserung des Manuskripts beigetragen und Judith Zellweger-Fischer hat die englischen Texte verfasst. Allen diesen Personen danken wir herzlich.

Anhang. Ein Anhang zu dieser Publikation mit allen Modellen und deren Kennwerten ist auf www.ala-schweiz.ch/index.php/zeitschrift/online-index-ornithol-beob?indexid=16255 verfügbar.

Zusammenfassung

Es ist bekannt, dass sich in trockenen Gebieten die Bewässerung von Wiesen negativ auf die Brutvögel auswirken kann. Wir prüften, ob sich ebenfalls die Art des Bewässerungssystems auf das Vorkommen von Brutvögeln auswirkt. Dazu erfassten wir den Brutvogelbestand auf einer 7,48 km² grossen Wiesenlandschaft (Malser Haide, Südtirol, Italien), die teilweise noch mit der traditionellen Art der Berieselung, teils mit Sprinkleranlagen bewässert wird. Mit Sprinklern beregnete Flächen wurden wider Erwarten vom Braunkehlchen signifikant häufiger, von der Feldlerche tendenziell häufiger besiedelt als traditionell berieselte Flächen. Es gab keinen Hinweis auf einen Einfluss des Bewässerungssystems auf die Artenzahl. Die Bestandsaufnahmen zeigen die hohe Bedeutung der Malser Haide für die Bodenbrüter auf. Insbesondere die Feldlerche erreicht mit 15,9 Revieren/km² für Grünlandgebiete sehr hohe Werte, die sonst im Alpenraum kaum noch erreicht werden. Auch das Braunkehlchen weist mit einer beachtliche Dichte auf (5,5 Reviere/km²). Da befürchtet werden muss, dass die Landnutzung in Zukunft intensiviert wird und dadurch die bestehenden Werte gefährdet werden könnten, empfehlen wir, dem Erhalten dieser Wiesenlandschaft ein grosses Gewicht beizumessen.

Literatur

- AKAIKE, H. (1974): A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control* 19: 716–723.
- ANDREY, A., J.-Y. HUMBERT, C. PERNOLLET & R. ARLETTAZ (2014): Experimental evidence for the immediate impact of fertilization and irrigation upon the plant and invertebrate communities of mountain grasslands. *Ecol. Evol.* 4: 2610–2623.
- BAFU & BLW (2008): Umweltziele Landwirtschaft. Hergeleitet aus bestehenden rechtlichen Grundlagen. Umwelt-Wissen 0820. Bundesamt für Umwelt (BAFU) und Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Bern.
- BIBBY, C. J., N. D. BURGESS, D. A. HILL & H.-G. BAUER (1995): Methoden der Feldornithologie: Bestandserfassung in der Praxis. Neumann, Radebeul.
- BIRRER, S., M. JENNY & N. ZBINDEN (2011): Bestandsentwicklung der einheimischen Brutvögel im Landwirtschaftsgebiet 1990–2009. *Agrarforschung Schweiz* 2: 66–71.
- BUCKINGHAM, D. L., P. W. ATKINSON & A. J. ROOK (2004): Testing solutions in grass-dominated landscapes: a review of current research. *Ibis* 146 (suppl. 2): 163–170.
- BURNHAM, K. P. & D. R. ANDERSON (2002): Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. 2nd ed. Springer, New York.
- CHEVILLAT, V., O. BALMER, S. BIRRER, V. DOPPLER, R. GRAF, M. JENNY, L. PFIFFNER, C. RUDMANN & J. ZELLWEGE-FISCHER (2012): Gesamtbetriebliche Beratung steigert Qualität und Quantität von Ökoausgleichsflächen. *Agrarforschung Schweiz* 3: 104–111.
- DONALD, P. F., R. E. GREEN & M. F. HEATH (2001): Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proc. R. Soc. Lond. B* 268: 25–29.
- EBCC (2014): European wild bird indicators, 2013 update. www.ebcc.info/index.php?ID=510 (Stand: 20. Oktober 2015).
- FLADE, M., H. PLACHTER & K. ANDERS (2003): Naturschutz in der Agrarlandschaft – Ergebnisse des Schorfheide-Chorin-Projektes. Quelle und Meyer, Wiebelsheim.
- FOX, J. & S. WEISBERG (2011): An R companion to applied regression. 2nd ed. Sage Publications, Thousand Oaks.
- GASSER, E., O. NIEDERFRINIGER & L. UNTERHOLZNER (2014): Im Flug vergangen. 40 Jahre AVK. Arbeitsgemeinschaft für Vogelkunde, Lana.
- GELMAN A. & J. YU (2014): arm: Data Analysis Using Regression and Multilevel/Hierarchical Models. R package version 1.7-07.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (2000): Beträchtlicher Arealverlust des Bergpiepers *Anthus spinoletta* infolge Eutrophierung seines Lebensraums und vollständige Verdrängung des Baumpiepers *Anthus trivialis* durch die Mähwirtschaft. *Ornithol.*

- Beob. 97: 343–347.
- GRAF, R. & P. KORNER (2011): Veränderungen in der Kulturlandschaft und deren Brutvogelbestand im Engadin zwischen 1987/88 und 2009/10. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- GRAF, R., P. KORNER & S. BIRRER (2014): Bewässerungsanlagen als Ursache für die Nutzungsintensivierung von Grünland im Engadin. *Agrarforschung Schweiz* 5: 406–413.
- GRAF, R., R. VON SURY & C. BÜHLER (2011): Monitoring naturnaher Lebensräume auf dem Landwirtschaftsbetrieb – Methode zum Projekt «mit Vielfalt punkten». Schweizerische Vogelwarte Sempach, Sempach.
- GRÜEBLER, M. U., H. SCHULER, M. MÜLLER, R. SPAAR, P. HORCH & B. NAEF-DAENZER (2008): Female biased mortality caused by anthropogenic nest loss contributes to population decline and adult sex ratio of a meadow bird. *Biol. Conserv.* 141: 3040–3049.
- HORCH, P., U. REHSTEINER, A. BERGER-FLÜCKIGER, M. MÜLLER, H. SCHULER & R. SPAAR (2008): Bestandsrückgang des Braunkehlchens *Saxicola rubetra* in der Schweiz, mögliche Ursachen und Evaluation von Fördermassnahmen. *Ornithol. Beob.* 105: 267–298.
- HÖTKER, H., V. DIERSCHKE, M. FLADE & C. LEUSCHNER (2014): Diversitätsverlust in der Brutvogelwelt des Acker- und Grünlands. *Nat. Landsch.* 89: 410–416.
- KELLER, V., A. GERBER, H. SCHMID, B. VOLET & N. ZBINDEN (2010): Rote Liste Brutvögel. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Umwelt-Vollzug 1019. Bundesamt für Umwelt und Schweizerische Vogelwarte, Bern und Sempach.
- KNAUS, P., R. GRAF, J. GUÉLAT, V. KELLER, H. SCHMID & N. ZBINDEN (2011): Historischer Brutvogelatlas. Die Verbreitung der Schweizer Brutvögel seit 1950. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- LEIBUNDGUT, C. & I. KOHN (2014a): European traditional irrigation in transition part I: irrigation in times past – a historic land use practice across Europe. *Irrigation and Drainage* 63: 273–293.
- LEIBUNDGUT, C. & I. KOHN (2014b): European traditional irrigation in transition part II: traditional irrigation in our time – decline, rediscovery and restoration perspectives. *Irrigation and Drainage* 63: 294–314.
- LUDER, R. (1981): Qualitative und quantitative Untersuchungen der Avifauna als Grundlage für die ökologische Landschaftsplanung im Berggebiet. Methodik und Anwendung am Beispiel der Gemeinde Lenk (Berner Oberland). *Ornithol. Beob.* 78: 137–192.
- MARTI, J. (2004): Vorkommen des Baumpiepers *Anthus trivialis* auf unterschiedlich genutzten Standorten in den letzten 40 Jahren im Kanton Glarus. *Ornithol. Beob.* 101: 201–208.
- MEICHTRY-STIER, K. S., M. JENNY, J. ZELLWEGE-FISCHER & S. BIRRER (2014): Impact of landscape improvement by agri-environment scheme options on densities of characteristic farmland bird species and brown hare (*Lepus europaeus*). *Agric. Ecosyst. Environ.* 189: 101–109.
- MELLIGER, R. L., E. RIEDENER, H.-P. RUSTERHOLZ & B. BAUR (2014): Do different irrigation techniques affect the small-scale patterns of plant diversity and soil characteristics in mountain hay meadows? *Plant Ecology* 215: 1037–1046.
- MÜLLER, M. (2008): Bewässerung der Heumatten im Münstertal – Folgen für die Wiesenbrüter. *Cratschla* 2: 26.
- MÜLLER, M., R. SPAAR, L. SCHIFFERLI & L. JENNI (2005): Effects of changes in farming of subalpine meadows on a migrant bird, the whinchat (*Saxicola rubetra*). *J. Ornithol.* 146: 14–23.
- PINHEIRO J., D. BATES, S. DEBROY, D. DARKAR & R Development Core Team (2013): Linear and Non-linear Mixed Effects Models. R package version 3.1–113.
- R Development Core Team (2011): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- RIEDENER, E., H.-P. RUSTERHOLZ & B. BAUR (2013): Effects of different irrigation systems on the biodiversity of species-rich hay meadows. *Agric. Ecosyst. Environ.* 164: 62–69.
- RÖDL, T., B.-U. RUDOLPH, I. GEIERSBERGER, K. WEIXLER & A. GÖRGEN (2012): Atlas der Brutvögel in Bayern. Verbreitung 2005 bis 2009. Ulmer, Stuttgart.
- SÄTTLER, T., M. KÉRY, C. MÜLLER, H. SCHMID & V. KELLER (2014): Swiss Bird Index SBI®: Update 2013. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.
- STREBEL, G., A. JACOT, P. HORCH & R. SPAAR (2015): Effects of grassland intensification on Whinchats *Saxicola rubetra* and implications for conservation in upland habitats. *Ibis* 157: 250–259.
- SÜDBECK, P., H. ANDRETTZKE, S. FISCHER, K. GEDEON, T. SCHIKORE, K. SCHRÖDER & C. SUDFELDT (2005): Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands. Länderearbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten und DDA, Radolfzell.
- VICKERY, J. A., J. R. TALLOWIN, R. E. FEBER, E. J. ASTERAKI, P. W. ATKINSON, R. J. FULLER & V. K. BROWN (2001): The management of lowland neutral grasslands in Britain: effects of agricultural practices on birds and their food resources. *J. Appl. Ecol.* 38: 647–664.
- WINKLER, J., B. ZANELLA & U. THOMA (2002): Wachtelkönig-Beobachtungen auf der Malser Haide (2002). *Informationsbr. Arb.gem. Vogelkde Vogelsch. Südtirol* 49: 10.
- ZBINDEN, N., V. KELLER & H. SCHMID (2005): Bestandsentwicklung von regelmässig brütenden Vogelarten der Schweiz 1990–2004. *Ornithol. Beob.* 102: 271–282.
- ZUUR, A. F., E. N. IENO, N. J. WALKER, A. A. SAVE-LIEV & G. M. SMITH (2009): Mixed effects models and extensions in ecology with R. Springer, New York.

Manuskript eingegangen 2. Juli 2015

Bereinigte Fassung angenommen 2. November 2015