

### GIS-gestützte Darstellung der Verbreitung von Singvögeln im Schweizerischen Nationalpark

Flurin Filli, Astrid Schuster und Klaus Robin

**Distribution of Passerines in the Swiss National Park by means of a Geographical Information System.** – 49 passerine species were recorded on 3–4 line transects along 80 km of hiking trails in the Swiss National Park in 1992 to 1994; the species list agrees well with data from 13 squares of 1×1 km studied in the same area in 1993 to 1996 for the distribution atlas (Tab. 1). In combination with digital models, including elevation/altitude and 39 vegetation types, the 4437 line transect data were used to define the potential bird species distribution. The resulting semi-quantitative maps are realistic for species with a habitat well defined by the vegetation model (e.g. *Parus ater*, Fig. 1), but not in species with specific habitats (e.g. *Motacilla cinerea*; running water), unless their requirements are met in most parts (e.g. *Phoenicurus ochruros*; cliffs, rocks, buildings, Fig 2.).

Key words: Swiss National Park, line transects, *Parus ater*, *Phoenicurus ochruros*, Geographical Information system.

Flurin Filli, Parc Naziunal Svizzer, CH–7530 Zerne; Astrid Schuster, Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, Doktorberg 6, D–83471 Berchtesgaden; Klaus Robin, habitat, Im Freudmoos 7, CH–8730 Uznach

Über die Zusammensetzung der Avifauna im Schweizerischen Nationalpark (SNP) bestehen bereits mehrere populärwissenschaftliche Arbeiten (Brunies 1948, Kommission für die wissenschaftliche Erforschung des Nationalparkes 1976). Wissenschaftliche Arbeiten sind aber bis anhin keine publiziert worden. Eine Gesamtübersicht in Form eines wissenschaftlichen Führers fehlt ebenfalls. Um diese Lücke zu schliessen, sollte der SNP ornithologisch erfasst werden. Dabei ergaben sich zwei Schwierigkeiten: einerseits kann der SNP mit seiner Grösse (169 km<sup>2</sup>) nur mit einem sehr hohen Aufwand flächendeckend bearbeitet werden, und andererseits sollte die Störung in einem Schutzgebiet möglichst gering gehalten werden. Deshalb bot sich eine Kartierung entlang der Wanderwege und eine Berechnung der potentiellen Verbreitung mit dem Geographischen Informationssystem (GIS) des SNP an.

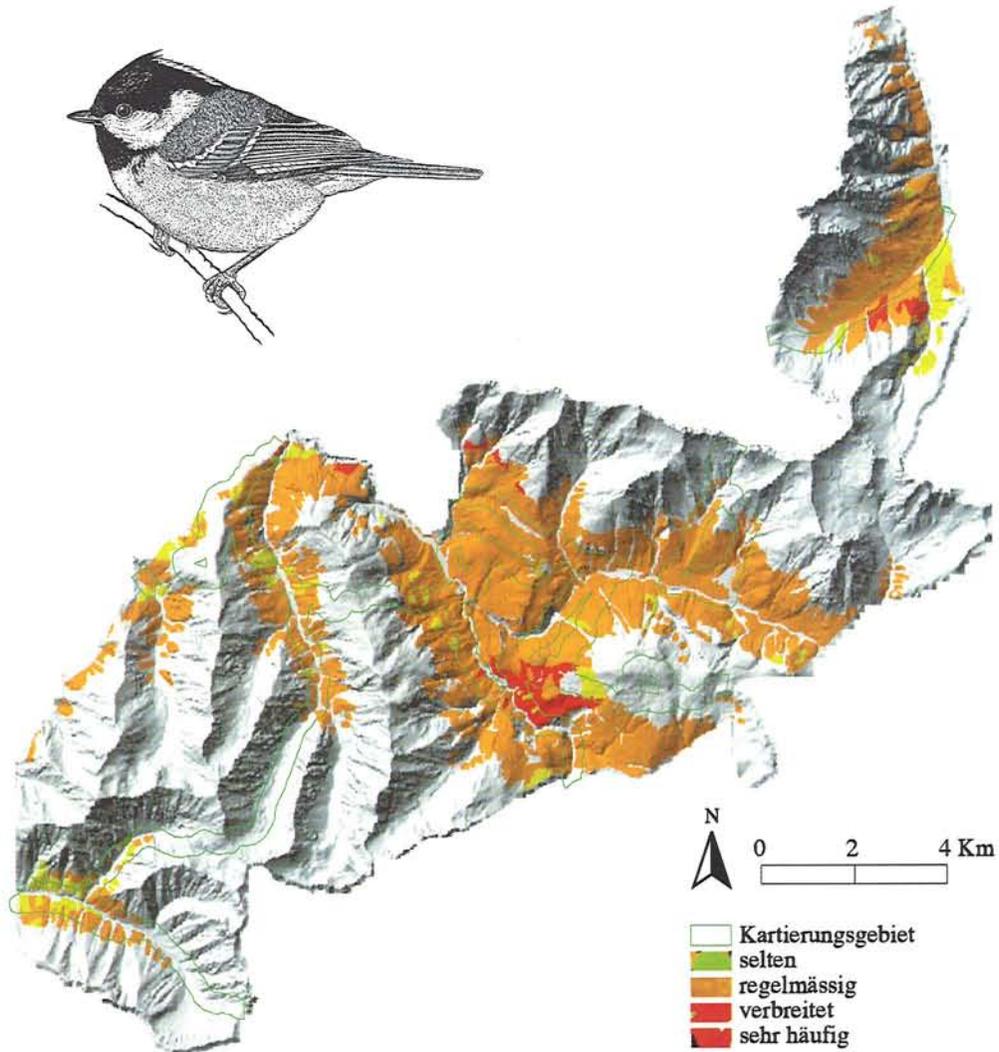
Verschiedene Vegetationstypen, wie zum Beispiel Lärchenwald, Legföhren oder alpine Weiden, bieten Lebensraum für die unterschiedlichsten Vogelarten. Diese oft kleinräumig wechselnde Verteilung ist im GIS des SNP

gespeichert. Die Vegetationskarte des SNP liefert Lage und Grösse von 39 verschiedenen Vegetationseinheiten, und aus dem digitalen Geländemodell lassen sich Höhenstufen, Expositionen und Hangneigungen ablesen. In der vorliegenden Arbeit wird das Ergebnis dieser Darstellungsmethode (ORNIS-SNP Projekt) mit den Ergebnissen der Kartierungen für den Schweizerischen Brutvogelatlas (Schmid et al. 1998) verglichen.

#### 1. Methoden

##### 1.1. Datenaufnahme

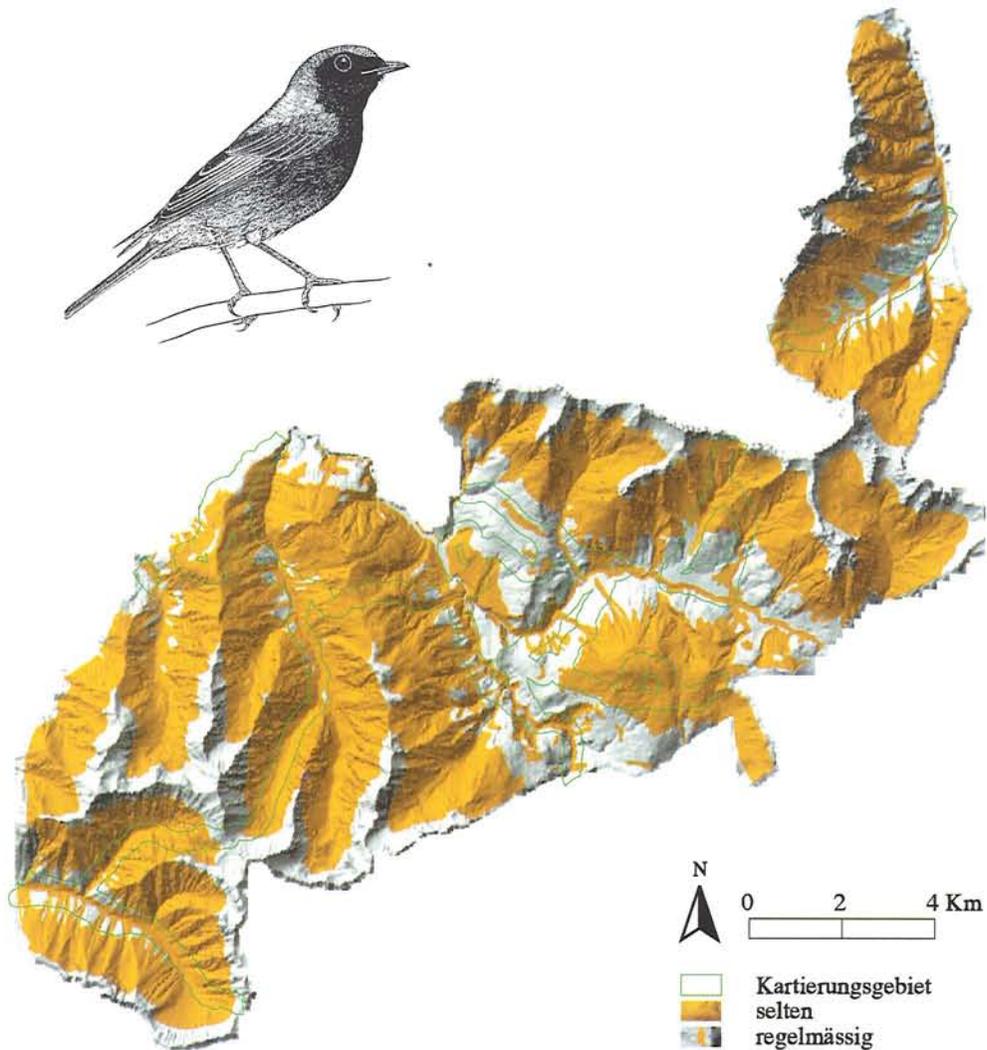
Auf dem 80 km langen Wanderwegnetz wurden von 1992 bis 1994 insgesamt drei oder vier Begehungen pro Wegstrecke durchgeführt (Abb. 1). Dabei wurden 4437 Vogelbeobachtungen mit den revieranzeigenden Merkmalen in einer Kartenkopie festgehalten. Diese Karten wurden ins GIS überführt (digitalisiert). Beobachtungen, die mehr als 100 m von den Wanderwegen entfernt waren, wurden von der Auswertung ausgeschlossen.



**Abb. 1.** Berechnete potentielle Verbreitungskarte der Tannenmeise *Parus ater* anhand der ORNIS-SNP Kartierung. Datenquelle und Bearbeitung: GIS-SNP, Vignette: Ulrich Iff. – Potential quantitative distribution of the Coal Tit *Parus ater*, based on line transect bird recordings and landscape models (GIS).

Die Brutvogelkartierung für den Schweizerischen Brutvogelatlas erfolgte auf 13 Flächen von 1 km<sup>2</sup>. Diese Testgebiete wurden so ausgewählt, dass möglichst alle Lebensräume und Höhenstufen vertreten waren. 7 Flächen wurden 2mal und 6 Flächen 3mal begangen. Dabei wurden alle Vogelfeststellungen und das re-

vieranzeigende Verhalten notiert. Vogelarten, die man im Schweizerischen Nationalpark vermutete, die aber mit diesen Aufnahmen nicht erfasst wurden, sind anschliessend speziell gesucht worden.



**Abb. 2.** Berechnete potentielle Verbreitungskarte des Hausrotschwanzes *Phoenicurus ochruros* anhand der ORNIS-SNP Kartierung. Datenquelle und Bearbeitung: GIS-SNP, Vignette: Ulrich Iff. – *Potential quantitative distribution of the Black Redstart *Phoenicurus ochruros*, based on line transect bird recordings and landscape models (GIS).*

### 1.2. Auswertung mit dem Geographischen Informationssystem (GIS)

Die Vegetationskarte des SNP (Zoller 1995) – übernommen ins GIS – liefert Angaben über Lage und Größe von 39 Vegetationseinheiten. Aus dem digitalen Geländemodell lassen sich

die Höhenstufen ablesen. Überlagert man im GIS diese Grunddaten mit den Daten der Vogelkartierung, so läßt sich für jede Vogelart errechnen, mit welcher Häufigkeit sie in den einzelnen Vegetationstypen und Höhenstufen angetroffen wurde. Diese Antreffwahrscheinlichkeiten sind die Grundlage für die Verbreitungs-

**Tab. 1.** Vergleich der erfassten Singvogelarten mit der ORNIS-SNP Methode der Linientaxation, der Atlas-kartierung auf ausgewählten Quadraten und der zusätzlichen Suche von Singvogelarten für den Atlas. – *Song-bird species recorded on 80 km line transects and on 13 Atlas squares of 1×1 km (Schmid et al. 1998).*

Art		ORNIS SNP	Kartierung Atlas-Quadr.	Atlas: Suche zusätzl. Arten
Feldlerche	<i>Alauda arvensis</i>	×	×	
Felsenschwalbe	<i>Ptyonoprogne rupestris</i>	×	×	
Kolkrabe	<i>Corvus corax</i>	×	×	
Rabenkrähe	<i>Corvus corone corone</i>	×		×
Tannenhäher	<i>Nucifraga caryocatactes</i>	×	×	
Alpendohle	<i>Pyrrhocorax graculus</i>	×	×	
Kohlmeise	<i>Parus major</i>	×		
Tannenmeise	<i>Parus ater</i>	×	×	
Haubenmeise	<i>Parus cristatus</i>	×	×	
Mönchsmeise	<i>Parus montanus</i>	×	×	
Schwanzmeise	<i>Aegithalos caudatus</i>	×		
Kleiber	<i>Sitta europaea</i>	×	×	
Waldbaumläufer	<i>Certhia familiaris</i>	×	×	
Mauerläufer	<i>Tichodroma muraria</i>	×		×
Wasseramsel	<i>Cinclus cinclus</i>	×	×	
Zaunkönig	<i>Troglodytes troglodytes</i>		×	
Rotkehlchen	<i>Erithacus rubecula</i>	×	×	
Hausrotschwanz	<i>Phoenicurus ochruros</i>	×	×	
Gartenrotschwanz	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	×		
Braunkehlchen	<i>Saxicola rubetra</i>	×		
Steinschmätzer	<i>Oenanthe oenanthe</i>	×	×	
Steinrötel	<i>Monticola saxatilis</i>	×		
Ringamsel	<i>Turdus torquatus</i>	×	×	
Amsel	<i>Turdus merula</i>	×	×	
Wacholderdrossel	<i>Turdus pilaris</i>	×	×	
Singdrossel	<i>Turdus philomelos</i>	×	×	
Misteldrossel	<i>Turdus viscivorus</i>	×	×	
Mönchsgrasmücke	<i>Sylvia atricapilla</i>	×		
Klappergrasmücke	<i>Sylvia curruca</i>	×	×	
Zilpzalp	<i>Phylloscopus collybita</i>	×	×	
Berglaubsänger	<i>Phylloscopus bonelli</i>	×		×
Waldlaubsänger	<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	×		
Wintergoldhähnchen	<i>Regulus regulus</i>	×	×	
Sommergoldhähnchen	<i>Regulus ignicapillus</i>	×		
Heckenbraunelle	<i>Prunella modularis</i>	×	×	
Alpenbraunelle	<i>Prunella collaris</i>	×	×	
Baumpieper	<i>Anthus trivialis</i>	×	×	
Bergpieper	<i>Anthus spinoletta</i>	×	×	
Bachstelze	<i>Motacilla alba</i>	×	×	
Bergstelze	<i>Motacilla cinerea</i>	×	×	
Schneefink	<i>Montifringilla nivalis</i>	×	×	
Grünfink	<i>Carduelis chloris</i>	×		
Erlenzeisig	<i>Carduelis spinus</i>	×	×	
Hänfling	<i>Carduelis cannabina</i>	×		×
Birkenzeisig	<i>Carduelis flammea</i>	×	×	
Zitronenzeisig	<i>Serinus citrinella</i>	×	×	
Gimpel	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	×	×	
Fichtenkreuzschnabel	<i>Loxia curvirostra</i>	×	×	
Buchfink	<i>Fringilla coelebs</i>	×	×	

**Tab. 2.** Prozentuale Antreffwahrscheinlichkeit von Tannenmeise *Parus ater*, Bergstelze *Motacilla cinerea* und Hausrotschwanz *Phoenicurus ochruros* mit der ORNIS-SNP Kartierung in den Vegetationseinheiten, in denen diese Arten festgestellt wurden. Kursiv: für die Modellrechnung nicht berücksichtigte Vegetationseinheiten. – *Probability of finding Coal Tit Parus ater, Grey Wagtail Motacilla cinerea and Black Redstart Phoenicurus ochruros with the ORNIS-SNP-method in the vegetation types in which they have been recorded.*

Vegetationseinheit	Antreffwahrscheinlichkeit		
	Tannenmeise	Bergstelze	Hausrotschwanz
Fels, Schutt, Kiesalluvionen	8,3	2,3	7,9
Seen und Flüsse	12,5	8,3	4,2
Flach- und Gehängemoore, neutral–schwach sauer			12,5
Flach- und Gehängemoore, sauer			50
Erika-Föhrenwald	25,7		
Föhren-Lärchenwald	23,3		0,9
Legföhrengebüsch über Karbonatgestein	13,6		4,7
Legföhrengebüsch über Karbonat- und Silikatgestein, gemischt	6,6		3,8
Legföhren-Lärchenwald	17,4		
Legföhren-Arvenwald	6,3		
Bergföhrenwald über Karbonatgestein	22,6		
Bergföhrenwald über Karbonat- und Silikatgestein, gemischt	23,8		
Bergföhrenwald über Silikatgestein	25,9		
Bergföhren-Lärchenwald	24,4		
Bergföhren-Arvenwald	100		
Lärchenwald	9		
Lärchen-Fichtenwald	8,9		
Lärchen-Arvenwald	10,4	0,5	0,5
Fichtenwald	12,5		
Arvenwald	7,1		
Grünerlengebüsch	11,8		
Zwergstrauchheide über Karbonatgestein			33,3
Grasheiden über Karbonatgestein	2,3		7,5
Grasheiden über Karbonat- und Silikatgestein, gemischt	0,6		9,2
Fettwiesen	8,3	8,3	8,3
Magerwiesen	10,4	1,1	2,1

modelle und die danach erstellten Verbreitungskarten. Die Antreffwahrscheinlichkeiten stellen nur relative Häufigkeiten dar und liefern keine Brutpaarzahlen wie die Siedlungsdichteuntersuchungen für den Schweizerischen Brutvogelatlas (Schmid et al. 1998).

Die Berechnung und Darstellung der Antreffwahrscheinlichkeit jeder Vogelart beruht auf der Annahme, daß eine Art, die bei den Kartierungen x-mal in einem Lebensraum bestimmter Ausstattung (Vegetationstyp, Höhenstufe) als möglicher Brutvogel angetroffen wurde, auch in allen weiteren Gebieten gleicher Ausstattung mit der entsprechenden Häufigkeit als Brutvogel zu erwarten ist. Wenn beispielsweise die Tannenmeise *Parus ater* im

«Erika-Föhrenwald» an 40 von 160 bearbeiteten Punkten mit revieranzeigenden Merkmalen angetroffen wurde, entspricht dies einer Antreffwahrscheinlichkeit von 25 % für den Vegetationstyp «Erika-Föhrenwald». Entsprechend wurden aus den 4437 Datensätzen für alle Singvogelarten die Antreffwahrscheinlichkeiten in allen Vegetationstypen und Höhenstufen berechnet. Mit Hilfe des GIS lassen sich dann alle Flächen gleicher Ausstattung mit den entsprechenden Antreffwahrscheinlichkeiten abbilden. Die entstehenden Karten der wahrscheinlichen (potentiellen) Brutgebiete werden Potentialkarten genannt.

Das GIS SNP arbeitet auf einer SUN-Workstation mit der Software ARC/INFO. Die Aus-



**Abb. 3.** Blick von der Ofenpassstrasse nach SE in Richtung Piz La Schera. Im Vordergrund montan-unter-subalpiner Föhrenwald, im Mittelgrund (montan-)subalpiner Bergföhren-Lärchenwald (Zoller 1995), mit Antrittswahrscheinlichkeiten für die Tannenmeise von 23,3 bzw. 24,4 %. – *Habitat of the Coal Tit*.



**Abb. 4.** Aufzuchthabitat des Hausrotschwanzes am Rande einer Grasheide über Silikat- und Karbonatgestein, an der Südwestflanke des Murtèr-Sattels in der Val Cluozza. Felsabbrüche als potentielle Neststandorte; unter den Zwergsträuchern dominiert die Alpenbärentraube *Arctostaphylos alpina*. – *Habitat of the Black Redstart*.



**Abb. 5.** Ova da Trupchun bei der Alp Purchèr, ein Aufzuchthabitat der Bergstelze. Felsabbruch und Bach als bedeutende Habitatparameter sind in der Vegetationskarte nicht als Einheiten dargestellt, so dass das potentielle Verbreitungsgebiet der Bergstelze mit den hier vorgestellten Methoden nicht ausreichend wirklichkeitsnah abgebildet werden kann. Alle Aufnahmen K. Robin. – *Habitat of the Grey Wagtail.*

wertungsschritte sind im folgenden Abschnitt dargestellt (kursiv: ARC Befehle).

In einem ersten Schritt wurde aus dem Digitalen Höhenmodell (3-dimensional) eine 2-dimensionale Karte der Höhenstufen (als Polygon-cover) erstellt [*gridpoly*]. Diese Höhenkarte, verschnitten [*identity*] mit der Vegetationskarte, lieferte die Grundlage für die Analysen und für die Umsetzung der Modelle zu Potentialkarten. Für jede Vogelart wurde dann analysiert [*frequency*], in welchem Vegetationstyp oder/und welcher Höhe sie vorkam. Außerdem wurde die Anzahl Kartierungen pro Vegetationstyp berechnet [*frequency*]. Aus dem Verhältnis von Artebeobachtungen pro Vegetationstyp zu Kartierungen pro Vegetationstyp ergibt sich dann die Antreffwahrscheinlichkeit je Art und Vegetationstyp. Das Formulieren der Verbreitungsmodelle in computerlesbarer Form [*.aml*] muß mit ornithologischem Sachverstand erfolgen und ist daher «Handarbeit». Grundsätzlich wird angenommen, daß eine Art, die bei den Kartierungen mit der Antreffwahrscheinlichkeit  $x$  in Vegetationstyp  $y$  und Höhe  $z$  registriert wurde, mit derselben Antreffwahrscheinlichkeit auch in nicht kartierten Flächen desselben Vegetationstyps vorkommt. Die Antreffwahrscheinlichkeiten wurden in vier Klassen zusammengefaßt: «selten» (< 10 %), «regelmässig» (10–25 %), «verbreitet» (25–50 %) und «sehr häufig» (> 50 %). Beim Erstellen der Modelle

wurde jede errechnete Antreffwahrscheinlichkeit auf Plausibilität und zugrunde liegende Datendichte überprüft und gegebenenfalls korrigiert. Mit Hilfe des GIS lassen sich dann nach den Modellen alle potentiellen Habitate zeichnen.

Beobachtungen in Vegetationseinheiten, die wenig plausibel waren oder nicht zum Lebensraum der entsprechenden Vogelart gezählt werden, wurden im Verbreitungsmodell nicht berücksichtigt (Plausibilitätskontrolle). Diese Beobachtungen in ungewöhnlichen Biotopen kommen aus verschiedenen Gründen zustande: (1) Es kann sich wirklich um eine zufällige Beobachtung handeln. (2) Der Karteneintrag ist nicht genau und erfolgt über die unwahrscheinliche Vegetationseinheit.

## 2. Ergebnisse

Im ORNIS-SNP Projekt und bei den Erhebungen für den Schweizerischen Brutvogelatlas wurden im wesentlichen dieselben Vogelarten

**Tab. 3.** Anzahl der Beobachtungen von Tannenmeise *Parus ater*, Bergstelze *Motacilla cinerea* und Hausrotschwanz *Phoenicurus ochruros* mit der ORNIS-SNP Kartierung in den einzelnen Höhenklassen. – Number of observations of Coal Tit, Black Redstart and Grey Wagtails in the Swiss National Park.

Höhe (m ü.M.)	Anzahl Beobachtungen		
	Tannen- meise	Berg- stelze	Hausrot- schwanz
1600	11	3	5
1650	62	7	6
1700	96		4
1750	60	1	3
1800	64	1	2
1850	60		3
1900	64	5	4
1950	56		5
2000	64	3	6
2050	38		6
2100	15		17
2150	14		22
2200	5	1	13
2250	1		11
2300			12
2350			6
2400			4
2450			2
2500			2
2550			
2600			
2650			1

festgestellt (Tab. 1). Für den Schweizerischen Brutvogelatlas mussten einige Arten speziell gesucht werden.

Als Beispiele für die Berechnung der Singvogelverbreitung werden die Verbreitungskriterien der Bergstelze *Motacilla cinerea*, des Hausrotschwanzes *Phoenicurus ochruros* und der Tannenmeise *Parus ater* besprochen (Tab. 2 und 3). Abb. 1 und 2 zeigen die resultierenden Verbreitungskarten für die Tannenmeise und den Hausrotschwanz.

Die Tannenmeise ist eine verbreitete Singvogelart. Ihr Verbreitungsschwerpunkt liegt in der montanen und subalpinen Stufe (Glutz von Blotzheim & Bauer 1993). Ihr Vorkommen in den verschiedenen Lebensräumen stimmt mit den bekannten Literaturangaben überein (Glutz von Blotzheim 1962, Meier 1992, Glutz von Blotzheim & Bauer 1993). Die eher geringe

Antreffwahrscheinlichkeit im Lärchenwald wurde auch von Glutz von Blotzheim (1962) beschrieben. Die Beobachtungen aus dem Nichtwaldbereich stammen von Ungenauigkeiten im Waldrandbereich und wurden aus diesem Grund in den Modelldarstellungen nicht berücksichtigt.

Der Hausrotschwanz ist ursprünglich ein Bewohner offener, baumloser Felslandschaften (Bauer & Berthold 1996). Als Felsbrüter ist er während der Brutzeit an Felsen oder menschliche Bauten gebunden. Er kann sogar in lichten geröll- und felsreichen Wäldern oder, wenn die entsprechenden Strukturen vorhanden sind, auch in Waldlichtungen brüten (Glutz von Blotzheim & Bauer 1988). Zwar sind die kleinen Felsstrukturen in der Vegetationskarte (Zoller 1995) nicht erfasst, doch sind sie im SNP in allen Vegetationseinheiten weit verbreitet; deshalb kann die potentielle Verbreitung dargestellt werden.

Die Bergstelze ist an Fliessgewässer gebunden (Glutz von Blotzheim 1962, Meier 1992, Glutz von Blotzheim & Bauer 1993) und sucht ihre Nahrung in der Uferzone. Sie ist jedoch zusätzlich auf Felswände, steile Böschungen oder Gebäude für die Nestanlage angewiesen (Schifferli 1961, Marti & Breitenmoser-Würsten 1990, Bauer & Berthold 1996). Diese für den Nestbau wichtigen Kleinstrukturen werden im Untersuchungsgebiet durch Felswände gebildet, die in dieser Form in der Vegetationskarte (Zoller 1995) nicht erfasst sind. Für die Modelldarstellung mussten alle Nachweise abseits von Gewässern gestrichen werden, denn die Bergstelze würde diese Lebensräume nur mit einem Gewässerbezug besiedeln. Durch das Fehlen der notwendigen Biotopkombination in den Vegetationseinheiten kann keine sinnvolle Darstellung der Bergstelzenverbreitung gerechnet werden. Dafür müsste eine Biotopkartierung mit einer Berücksichtigung der Kleinstrukturen durchgeführt werden.

### 3. Diskussion

Der Vergleich der Linientaxation entlang der Wanderwege mit der Kartierungsmethode des Schweizerischen Brutvogelatlas zeigt, dass mit

beiden Methoden weitgehend dieselben Singvogelarten festgestellt wurden. Man kann daraus schliessen, dass mit wenigen Ausnahmen alle vorkommenden Arten erfasst worden sind.

Für eine Erhebung des vorkommenden Artenspektrums reicht also die weniger aufwendige Linientaxation aus. Sie liefert aber nicht direkt Brutpaarzahlen und keine Reviergrössen für eine Untersuchungsfläche. Mit geeigneten Methoden lassen sich aber zumindest relative Häufigkeiten berechnen und auf das Gesamtgebiet extrapolieren. Die Möglichkeit der Extrapolation mittels GIS erlaubt es auch, gut begründete Abschätzungen für unzugängliche oder unbegehbare Gebiete zu erhalten.

Die nach 3jährigen Erhebungen und Bearbeitung mit dem GIS erzielten Ergebnisse zeigen, daß die Umsetzung von Vogelbestandsaufnahmen mit Hilfe eines GIS zu Verbreitungskarten möglich ist und im allgemeinen gute Ergebnisse liefert.

Wesentlich ist allerdings, zu jeder Potentialkarte anzugeben, welche Daten und Kartierungen ihr zugrunde liegen und inwieweit sie abgesichert ist, d.h. ob es sich um die potentielle Verbreitung einer Art oder um die gut gesicherte tatsächliche Verbreitung handelt.

Somit bleibt die Frage, für welche Arten die Methode ungeeignet ist und warum. Dafür gibt es zwei grundsätzlich unterschiedliche Ursachen: (1) die Erhebungsmethode (Linientaxierung) ist ungeeignet; (2) die Umsetzung zur Verbreitungskarte mit dem GIS ist ungeeignet.

Für Singvögel mit sehr großen Revieren, z.B. Rabenvögel, ebenso wie für die bisher gar nicht bearbeiteten Nicht-Singvogelarten, z.B. Greifvögel, Spechte und Rauhfußhühner, gilt der erste Punkt. Es müßte also eine andere Erfassungsmethode gewählt werden. Eine GIS-Auswertung von Revierkartierungen, Home-range-Erfassungen per Telemetrie etc. wäre aber ebenso möglich (Berberich 1989, Pechacek 1995).

Für einige wenige Vogelarten liegt der Mangel aber an den im GIS des SNP gespeicherten Parametern, die zur Beschreibung des Habitats nicht ausreichen. Es fehlen z.B. Kleinstrukturen, die mitunter eine wichtige Voraussetzung dafür sind, daß eine Vogelart ein Gebiet besiedelt (Utschick 1978, Bezzel 1980). So sind für

die Verbreitungskarte der Bergstelze Kleinstrukturen wie Felswände in Bachnähe nicht erfasst. Auch «soziale» Faktoren, die für gruppen- oder kolonieweise nistende Arten wie Felsenschwalben wichtig sind, lassen sich mit der dargestellten Methode nicht berücksichtigen. Für viele Singvogelarten reichen jedoch die Höhenstufen und die Vegetationstypen zur Beschreibung der Brutgebiete aus.

Weitere Parameter wie z.B. Neigungsstufen und Expositionen wurden in dieser GIS-Analyse nicht berücksichtigt, da die Hangneigung für die Verbreitung der Singvögel von untergeordneter Bedeutung ist, bzw. beim Aufschlüsseln nach weiteren Faktoren die jeweilige Datenmenge zu gering geworden wäre.

Das Einbeziehen sehr vieler Faktoren ist rechnerisch kein Problem. Irgendwann mag man sich jedoch die Frage stellen, ob die für aufwendige Rechenvorschriften (Modelle) erforderliche Zeit nicht sinnvoller zum Kartieren des Gesamtgebietes genutzt würde. Andererseits bringt uns aber das Erarbeiten des Verbreitungsgebietes über die verschiedenen Biotopfaktoren (evtl. inklusive Störfaktoren) (Eberhardt et al. 1997, Bögel & Eberhardt 1997) auch dem Verständnis der für die Tiere wichtigen Variablen näher und löst das Problem, Daten für unbegehbare Geländeabschnitte zu gewinnen. Voraussetzung dafür ist natürlich, daß die errechneten Karten soweit wie möglich überprüft werden und die tatsächliche Verbreitung abbilden.

Insgesamt bildet das GIS die Verteilung der Singvögel über das Gesamtgebiet biotopabhängig und differenziert ab und hat damit gerade in so vielgestaltiger Landschaft wie im Untersuchungsgebiet große Vorteile gegenüber Rasterdarstellungen, die bisher in der Regel für größere Gebiete verwendet wurden. Bei diesen Darstellungen muß abstrahiert werden, denn oft ist nicht das ganze Rasterfeld ein geeigneter Lebensraum. Bei den Potentialkarten liegen dagegen nicht für die gesamte Fläche Daten zugrunde, dafür sind ungeeignete Biotope aus dem dargestellten Verbreitungsgebiet ausgeschlossen. Außerdem ist es durch geeignete Darstellung möglich, sowohl das potentiell genutzte Gebiet als auch das tatsächlich beobachtete Vorkommen zu beschreiben.

Ausserdem besteht auch die Möglichkeit, mit den Modellen Abschätzungen – sogenannte Szenarien – früherer oder zukünftiger Verbreitungsmuster durchzuführen.

Die hier vorgestellte Kombination von Linientaxierung und GIS-Auswertung hat sich als geeignet erwiesen, um gerade in schwer begehbaren Gebirgsgegenden mit vertretbarem Aufwand zu Artenzahlen, Verbreitungs- und Dichteschätzungen zu kommen.

**Dank.** Ein herzliches Dankeschön geht an alle, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, insbesondere A. à Porta, G. Achermann, R. Anderton, B. Badilatti, E. Baumgartner, K. Berger, A. Bowles, C. Bühler, W. Bürkli, P. Burckhardt, E. Casanova, F. & S. Castelli, A. Clavuot, D. Clavuot, G. Clavuot, M. Conradin, U. & R. Demonti, G. Donatsch, E. Elmer, R. Falett, R. Fasciati, L. Filli, R. Fliri, P. & M. Frei, H. & H. Gehler, R. Gubler, R. Haller, C. P. Hässig, D. Hegglin, A. Heim, W. Hofer, H. Hofstetter, F. Huber, Y. Hummel, H. Jann, H. Jenny, C. Kind, C. Koch, R. König, D. Kronauer, D. Lansel, M. Leuenberger, J. Lieberherr, E. Lüscher, M. Lussy, S. Luzi, S. Mäder, P. & T. Manser, Chr. Meier-Zwicky, T. Michael, I. Minder, A. Möckli, R. Mösle, R. A. Morf, M. Moritz, J. Müller, M. Müller, R. Müller, L. Mutzner, E. Näf, M. & D. Negri, J. M. Obrecht, St. Pike, R. Planta, M. Rauch, P. Roth, T. Ruepp, J. Schmid, N. Schwarzenbach, U. Senn, U. Sieber, S. Signorell, O. Steiner, J. Stupan, U. Thomas, J. Thubrink, F. Tognoni, A. Tomasc, T. von Moos, J. Zisler. Dr. L. Schifferli verfasste das Abstract.

### Zusammenfassung

Im Schweizerischen Nationalpark wurden in den Jahren 1992 bis 1994 die Singvögel mit Linientaxationen entlang den Wanderwegen erfasst. Dabei erhielt man ein ähnliches Artenspektrum wie bei der Kartierung für den Schweizerischen Brutvogelatlas. Die Berechnung der potentiellen Lebensräume aufgrund eines Geländemodells und der Vegetation mit einem Geographischen Informationssystem liefert unterschiedliche Resultate. Diese Methode befriedigt bei Arten wie bei der Tannenmeise, deren Lebensraum mit Vegetationseinheiten beschrieben wird. Bei anderen Arten, wie zum Beispiel bei der Bergstelze, überzeugen die Resultate nicht.

### Literatur

- BAUER, H.-G. & P. BERTHOLD (1996): Die Brutvögel Mitteleuropas, Bestand und Gefährdung. Wiesbaden.
- BERBERICH, W. (1989): Das Raum-Zeit-System des Rotfuchses. Forschungsbericht 17, Nationalparkverwaltung Berchtesgaden.
- BEZZEL, E. (1980): Beobachtungen zur Nutzung von Kleinstrukturen durch Vögel. Berichte der ANL 4: 119–125.
- BÖGEL, R. & R. EBERHARDT (1997): Modelle zur Bewertung von Thermik und dynamischen Hindernisaufwinden zur Beurteilung der Flugbedingungen für Greifvögel. Salzburger geografische Materialien 26: 23–33.
- BRUNIES, S. (1948): Der Schweizerische Nationalpark. Basel.
- EBERHARDT, R., R. BÖGEL, B. FRÜHWALD & A. LOTZ (1997): Modellbildung zur Raum- und Habitatnutzung terrestrischer Organismen am Beispiel von Steinadler und Gemse. Salzburger geografische Materialien 26: 47–58.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. (1962): Die Brutvögel der Schweiz. Aarau.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. & K. M. BAUER (1988): Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Bd. 11. Wiesbaden. – (1993): Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Bd. 13. Wiesbaden.
- MARTI, C. & C. BREITENMOSER-WÜRSTEN (1990): Brutbiologie der Bergstelze *Motacilla cinerea* im Saanenland im Vergleich zu jener der Wassermuschel *Cinclus cinclus*. Ornithol. Beob. 87: 13–29.
- MEIER, C. (1992): Die Vögel Graubündens. Disentis.
- PECHACEK, P. (1995): Spechte im Nationalpark Berchtesgaden. Forschungsbericht 31. Nationalparkverwaltung Berchtesgaden.
- SCHIFFERLI, A. (1961): Einige Beobachtungen am Nest der Bergstelze (*Motacilla cinerea*). Ornithol. Beob. 58: 125–133.
- SCHMID, H., R. LUDER, B. NAEF-DAENZER, R. GRAF & N. ZBINDEN (1998): Schweizer Brutvogelatlas. Verbreitung der Brutvögel in der Schweiz und im Fürstentum Liechtenstein 1993–1996. Sempach.
- UTSCHIK, H. (1978): Zur ökologischen Einnischung von 4 Laubsängerarten (*Phylloscopus*) im Murnauer Moos, Oberbayern. Anz. Ornithol. Ges. Bayern 17: 209–224.
- Kommission für die wissenschaftliche Erforschung des Nationalparks (Hrsg.) (1976): Durch den Schweizerischen Nationalpark. 2. Aufl. Basel.
- ZOLLER, H. (1995): Vegetationskarte des Schweizerischen Nationalparks, Erläuterungen. Nationalparkforschung in der Schweiz. Nr. 85.

Manuskript eingegangen 6. August 1997

Bereinigte Fassung angenommen 24. Juni 1998