

Aus dem Zoologischen Institut der Universität Bern  
Arbeitsgruppe Ornitho-Ökologie (Prof. U. Glutz von Blotzheim)

## Zur Winternahrung des Schneefinken *Montifringilla nivalis*

Cornelia M. Wehrle

Im Rahmen eines mehrjährigen Forschungsprojekts der Universität Bern über die Anpassungen des Schneefinken an die extremen Umweltbedingungen im Hochgebirge untersuchte ich die Ernährung im Winter. Im Vordergrund standen die Kriterien der Nahrungswahl und energetische Fragen.

Erste Angaben zur Nahrung des Schneefinken in der Brutzeit finden sich bei Lang (in Glutz von Blotzheim 1962). Heiniger (in Vorb.) wird über die Nestlingsnahrung berichten. Die Zusammensetzung der aus Samen bestehenden Winternahrung ist dagegen noch weitgehend unbekannt.

Zu den Kriterien der Nahrungswahl und zum Energiebedarf alpiner Singvogelarten liegen bisher keine Ergebnisse vor. In Laborversuchen wurde jedoch die Nahrungswahl verschiedener anderer Arten untersucht (nordamerikanische Finken: Kear 1962, Willson 1971, Willson & Harneson 1973; Feldsperling *Passer montanus*: Pinowski et al. 1973; Grünfink *Carduelis chloris*: Gillespie 1982). Ausserdem wurde der Energiebedarf einiger Arten ermittelt (Tannenmeise *Parus ater* und Kernbeisser *Coccothraustes coccothraustes*: Turček 1960; Rotkehlchen *Eriothacus rubecula* und Stieglitz *Carduelis carduelis*: Korodi Gál & Nagy 1965; Haussperling *Passer domesticus*: Korodi Gál & Nagy 1965, Kendeigh et al. 1969; Grünfink: Gillespie 1982).

**Dank.** Mein Dank richtet sich an alle, die durch ihre Unterstützung und ihr Entgegenkommen diese Arbeit ermöglicht haben. Herrn Prof. U. Glutz von Blotzheim danke ich für die wissenschaftliche Leitung und die wertvollen Besprechungen und Ratschläge; der Jungfraubahn, insbesondere Herrn Di-

rektor R. Hirni sowie den Angestellten für die grosszügige Unterstützung, welche eine grundlegende Voraussetzung für diese Arbeit war. Herrn H.-P. Steffen (Eric Schweizer Samen AG) danke ich für die Hilfe bei der Gewinnung des Samenmaterials für die Versuche. Für die Auswertung der botanischen Daten fand ich bei Prof. S. Wegmüller, PD O. Hegg und M. Bolliger jederzeit freundliche Unterstützung. Kurt Gertsch hat mit ideenreichem Bau verschiedener Geräte die Durchführung der Versuche und Fredy Gollier die Datenverarbeitung sehr erleichtert. Ganz besonders danke ich meinen Eltern für die grosszügige und geduldige Unterstützung während des ganzen Studiums und Philippe Heiniger, ohne dessen Anleitung und Mithilfe in allen Stadien diese Arbeit nicht durchführbar gewesen wäre.

### 1. Untersuchungsgebiet und Methode

#### 1.1. Untersuchungsgebiet

**Lage:** Das Untersuchungsgebiet liegt im Berner Oberland, am Alpennordrand (Jungfraujoch 46°33'N, 7°59'E, Landeskarte 1:25000 Blätter 1229, 1249) und umfasst die Region Männlichen–Kleine Scheidegg–Salzegg–Eigergletscher, 1900–2400 m ü.M. Begrenzt wird dieser Raum im S durch die Nordwände von Eiger und Mönch, im N durch das Tal von Grindelwald. Dank der guten Erschliessung durch Bahnen und Skilifte ist dieses Gebiet auch im Winter begehbar.

**Klima:** Geprägt ist dieser alpine Raum durch häufige Sturmwinde aus südlicher und westlicher Richtung. Die S-Winde fallen, durch das Jungfraujoch kanalisiert, mit Geschwindigkeiten von bis zu 200 km/h über Eigergletscher ab. Im Hochwinter sind deshalb an Hängen und auf exponierten Kämmen oft schneefreie Stellen zu fin-

den. Die mittlere Temperatur im Winter (Station Eigergletscher, 2300 m) beträgt  $-6,5^{\circ}\text{C}$ , mit Extremwerten von  $-30^{\circ}\text{C}$ .

### 1.2. Vegetation und Samenangebot

Die Vegetation besteht vorwiegend aus alpinen Rasen- und Schuttgesellschaften auf Kalkgestein. Wegen der Nordwände von Eiger, Mönch und Jungfrau dauert die Sonnenbestrahlung nur kurze Zeit. Die Kleine Scheidegg befindet sich an der oberen Grenze der Zwergstrauch-Vorkommen.

Auf Kalkgeröll kommt das *Thlaspion rotundifoliae* vor, die Pflanzengesellschaft des Rundblättrigen Täschelkrauts. Rasengesellschaften auf Kalkgestein sind an nordexponierten Standorten das *Caricetum firmae*, der Polsterseggenrasen, und an steilen Südhängen das *Seslerio-Caricetum sempervirentis*, die Blaugrashalde. Auf

tonreicherem Gestein ist die Rostseggen-Gesellschaft *Caricetum ferrugineae* zu finden. Als sogenannte Schneetälchen-Gesellschaft kommt das *Salicetum retuso-reticulatae* mit Stumpfpflättriger Weide und Netz-Weide vor.

Der eine aufgenommene Borstgrasrasen auf der Kleinen Scheidegg (Sch2), ein *Nardetum alpinum* mit Bezug zum *Crepidi-Festucetum rubrae*, weist gegenüber den anderen Standorten einen relativ nährstoffreichen Boden auf. In einer nahegelegenen Zwergstrauchgesellschaft (Sch1), einem *Junipero-Arctostaphyletum*, die mit dem *Seslerio-Caricetum sempervirentis* und dem *Nardetum alpinum* gemischt ist, kommt die Überlappung von kalkarmem und kalkreichem Untergrund zum Ausdruck.

Das Samenangebot konnte an fünf verschiedenen Standorten ermittelt werden



Abb. 1. Schneefink-♂ beim Nahrungserwerb. Aufnahme A. Aichhorn, 18. Januar 1976.

**Tab. 1.** Quantitative Ergebnisse der Bodenproben bei der Station Eigergletscher (2300 m ü.M.) und auf der Kleinen Scheidegg (1900 m ü.M.). Aufgeführt sind Arten, deren Samen in mindestens einer Probe mehr als 5% der Gesamtzahl stellen. – *Seed species and numbers in 5 ground samples from the study area.*

|                                                            | Eigergletscher |       |      | Kleine Scheidegg |       |
|------------------------------------------------------------|----------------|-------|------|------------------|-------|
|                                                            | Tunnel         | Stall | Ara  | Sch1             | Sch2  |
| Anzahl Samenarten                                          | 32             | 30    | 31   | 24               | 21    |
| Anzahl Samen/m <sup>2</sup>                                | 7560           | 7740  | 8988 | 14304            | 25504 |
| Samenmenge in g TG/m <sup>2</sup>                          | 6,1            | 6,3   | 7,3  | 11,6             | 20,7  |
| Häufigste Arten (in Stück-%):                              |                |       |      |                  |       |
| Gold-Fingerkraut <i>Potentilla aurea</i>                   | 35,1           | 8,4   | 60,5 | –                | 19,1  |
| Knöllchen-Knöterich <i>Polygonum viviparum</i> Bk          | 27,7           | 3,8   | 8,4  | 0,5              | –     |
| Feld-Enzian <i>Gentianella campestris</i>                  | 19,4           | 0,1   | –    | 7,5              | –     |
| Horst-Segge <i>Carex sempervirens</i>                      | 5,9            | 0,5   | 1,5  | 12,5             | 7,6   |
| Feld-Thymian <i>Thymus serpyllum</i>                       | 4,1            | 1,1   | 8,3  | 0,3              | –     |
| Alpen-Wundklee <i>Anthyllis alpestris</i>                  | 2,3            | –     | 0,3  | 14,8             | –     |
| Scheuchzers Glockenblume <i>Campanula scheuchzeri</i>      | 0,2            | –     | 0,9  | 11,7             | 0,3   |
| Berg-Wegerich <i>Plantago atrata</i>                       | –              | 38,5  | 2,8  | –                | –     |
| Rote Wandnelke <i>Silene dioica</i>                        | –              | 17,4  | –    | –                | –     |
| Braun-Klee <i>Trifolium badium</i>                         | –              | 9,6   | 0,3  | –                | –     |
| Gemeiner Frauenmantel <i>Alchemilla vulgaris</i>           | –              | 6,0   | 0,9  | –                | 64,5  |
| Quirlblättriges Läusekraut <i>Pedicularis verticillata</i> | –              | 5,1   | 0,2  | –                | –     |
| Unbestimmte Brutknöllchen                                  | –              | 1,2   | 5,5  | 4,3              | –     |
| Gold-Fingerkraut <i>Potentilla crantzii</i>                | –              | –     | –    | 23,6             | –     |
| Immergrüne Bärentraube <i>Arctostaphylos uva-ursi</i>      | –              | –     | –    | 13,2             | –     |

(Tab. 1). Das Gold-Fingerkraut *Potentilla aurea* ist 2mal die häufigste und einmal die zweithäufigste Samenart. Samen von Berg-Wegerich *Plantago atrata*, Crantz' Fingerkraut *Potentilla crantzii* und Gemeinem Frauenmantel *Alchemilla vulgaris* sind je einmal am häufigsten, Samen des Knöllchen-Knöterichs *Polygonum viviparum* 2mal und solche von Roter Waldnelke *Silene dioica* und Alpen-Wundklee *Anthyllis alpestris* je einmal am zweithäufigsten. Die für die Wahlversuche ebenfalls ausgelesenen Samen von Gemeinem Löwenzahn *Leontodon hispidus* sind in allen 5 Proben in geringen Mengen von 0,1–1,0%, jene der Trollblume *Trollius europaeus* in 3 Proben spärlich vertreten (0,7–1,8%). Die durch Direktbeobachtungen im Herbst als Schneefinkennahrung nachgewiesenen Samen der Alpen-Kratzdistel *Cirsium spinosissimum* und die in den Mägen gefundenen Samen von Alpen-Frauenmantel *Alchemilla alpina* und Kalk-Polsternelke *Silene acaulis* finden sich an je einem Standort mit weniger als 1% wieder. Das Spektrum des Samenangebotes ist in allen 5 Bodenproben

gross (21–32 Arten). 1–3 Arten machen überall mehr als 50% bzw. 2–6 Arten mehr als 80% der Gesamtzahl aus (Tab. 1). Pro m<sup>2</sup> Boden sind 7560–25504 Samen zu finden.

Praktisch alle Samen stammen von Pflanzenarten, welche direkt an den Bodenproben-Standorten wachsen. Wenige Arten dürften vom Wind über grössere Distanzen verfrachtet worden sein. Samen des Gold-Fingerkrauts kommen geklumpt in den Faserschöpfen verschiedener Seggen- und Grasarten vor. Die meisten Samenarten dürften aber mehr oder weniger gleichmässig verteilt sein.

### 1.3. Methode

#### 1.3.1. Beobachtung und Analysen

**Direktbeobachtungen:** Die Schneefinken können nur im Herbst bei der Nahrungsaufnahme aus Fruchständen von Stauden (z.B. der Kratzdistel) beobachtet werden. Im Winter suchen sie in Gruppen von 10–15 Individuen an schneefreien Stellen, meist

an Südhängen und auf exponierten Kämmen, nach Nahrung. Was gefressen wird, lässt sich nicht einmal mit dem Fernrohr erkennen. Direktbeobachtungen waren aber entscheidend für die Wahl der Bodenproben-Standorte bzw. des Samenangebotes in den Nahrungswahlversuchen.

**Mageninhalte:** Die Mageninhalte stammen von tot aufgefundenen Schneefinken. Viele Proben enthielten ausschliesslich einen weissen Brei, welcher eine Bestimmung der aufgenommenen Nahrung nicht zulies. 5 der 14 Mageninhalte wiesen Samen von Alpenpflanzen auf. Alpen-Frauenmantel kam in 3 Mägen vor, Polsternelke und Alpen-Klee *Trifolium alpinum* traten in je einem Magen auf.

**Kotanalyse:** Der in den Wintern 1984/85 und 1985/86 gesammelte Kot von 59 Individuen wurde chemisch verarbeitet (nach Marti 1980 und 1982). Die Kotanalyse war zuvor nie auf eine reine Samen-Nahrung angewendet worden, so dass eine Vergleichssammlung für die Bestimmung der verschiedenen Strukturen im Kot erstellt werden musste. Die Präparate liessen jedoch keine Identifikation der Alpenpflanzensamenteile zu.

### 1.3.2. Nahrungswahlversuche

Da keine der oben beschriebenen Methoden befriedigende Resultate lieferte, führte ich zusammen mit Ph. Heiniger im Winter 1986/87 Nahrungswahlversuche in der Voliere durch. Im Juni 1986 wurden 4 etwa zehn Tage alte Schneefinken aus verschiedenen Nestern entnommen und von Hand aufgezogen. Die Nahrung bestand aus lebenden Heimchen, Fliegenmaden und Bienenlarven, Aufzuchtfutter, Keimfutter und vielen selbst gesammelten Insekten. Am 22. Lebenstag begannen die Schneefinken selbständig Nahrung aufzupicken. Sie wurden darauf in eine Voliere gebracht und mit einem farbigen Aluminium-Ring gekennzeichnet.

An den Bodenproben-Standorten entnahmen wir Rasenziegel von 50×50 bzw. 25×25cm Fläche und 1cm Tiefe, weichten

sie in Wasser auf und sortierten alle Samen von Hand aus. Die Bestimmung der Samen erfolgte anhand einer eigens zu diesem Zweck erstellten Vergleichssammlung.

In den Nahrungswahlversuchen boten wir Samen an, deren Aufnahme beobachtet oder die in den Mägen gefunden worden waren, ferner wählten wir solche, die in den Bodenproben entweder besonders häufig oder spärlich waren. Schliesslich berücksichtigten wir die unterschiedliche Grösse (s. Tab.3) und die Häufigkeit von Gattungsverwandten im Angebot.

Im Herbst 1986 sammelten wir im Untersuchungsgebiet und auf der Grossen Scheidegg Samenstände. Da der Sommer 1986 für die Samenproduktion sehr schlecht war und wir nicht von allen Arten die erforderliche Minimalmenge (70g) fanden, haben wir auch aus dem kommerziellen Angebot von Alpenpflanzensamen einige Arten bezogen (*Leontodon hispidus*, *Trollius europaeus*, *Aconitum napellus*).

Die Schneefinken wurden in einer durch Trennwände in vier Räume unterteilbaren Voliere von 200×80×45cm gehalten. Jedes Abteil umspannten wir zur Vermeidung von Verlusten von Samenteilen mit Plastik (Höhe ab Käfigboden = 30 cm). In jedes Abteil konnte eine Futterschiene mit maximal 8 Tontöpfen (Durchmesser = 50mm) eingeschoben werden.

Die Tageslänge entsprach den Verhältnissen im Freiland. Vor dem Beginn der Versuchsreihen wurden die Vögel eine Woche lang an die Versuchsanordnung gewöhnt. Die Samen-Behandlungszeit ermittelten wir anhand 24stündiger Videoaufnahmen von jeweils einem Vogel. Zwischen den einzelnen Versuchen wurde eine Pause von mindestens zwei Tagen eingelegt. Die Anordnung der Samenarten in der Futterschiene wechselte von Versuch zu Versuch, um Ortspräferenzen ausschliessen zu können.

Es wurden folgende Versuchsreihen durchgeführt:

- Alpenpflanzensamen-Reihe (3 Versuche)
- Einfluss des Zeitpunkts im Verlauf des Winters (4 Versuche)

– Einfluss der Temperatur (je ein Versuch bei 17°C und 5°C).

Die Alpenpflanzensamen-Reihe sollte die Auswahl aus dem Spektrum des Angebotes im Freiland und die Wahlkriterien zeigen. Einen eventuellen Einfluss von Saison oder Temperatur auf die Nahrungszusammensetzung mussten wir wegen der geringen zur Verfügung stehenden Mengen von Alpenpflanzensamen in Versuchen mit Freilandfutter ermitteln.

In einem Vorversuch mit kommerziellen Wildsamen prüften wir, welche Samenmenge angeboten werden muss, damit sie innerhalb von 24h nicht vollständig gefressen werden kann. Die von 3 Vögeln pro Tag aufgenommenen Mengen betrugen 5,528, 5,551 und 5,697 g.

Die in den Versuchen verwendeten Samenarten liessen wir von der Eidg. Forschungsanstalt für viehwirtschaftliche Produktion in Posieux auf ihren Protein-, Fett- und Stärkegehalt hin untersuchen. Der

Nährstoffgehalt wurde mit Hilfe der Formel von Glück (1980) für milchreife Samen berechnet (1g Protein = 4,1kcal, 1g Fett = 9,3kcal, 1g Stärke = 4,1kcal) und anhand bekannter Energiewerte für ausgereifte Samen um 14,3% korrigiert.

## 2. Ergebnisse der Nahrungswahlversuche

### 2.1. Nährstoff- und Energiegehalt der Samen

Die Samen der Trollblume weisen den grössten, jene des Berg-Wegerichs mit 3,5mal weniger den kleinsten Energiegehalt pro Gewichtseinheit auf (Tab.2). Alpenklee und Trollblume haben die proteinreichsten Samen, jene des Löwenzahns sind am proteinärmsten. Die Analyse ergab für die restlichen Alpenpflanzensamen ähnliche Energiegehaltswerte. Trollblumen- und Eisenhut-Samen besitzen den grössten Lipidanteil. Relativ viel Fett enthalten auch die Samen von Gold-Fingerkraut, Alpen-

**Tab.2.** Chemische Zusammensetzung und Energiegehalt der angebotenen Samen. Angaben in % des Frischgewichts. Als Rest sind Rohfaser und Mineralstoffe zusammengefasst. – *Chemical composition of seeds presented in the experiments on food selection: water, dry substance, crude protein, fat, starch; Rest = fibers and minerals.*

| Pflanzen                     | Wasser | Trocken-<br>substanz | Roh-<br>protein | Rohfett | Stärke | Rest* | Energiegehalt<br>(kJ/g TG) |
|------------------------------|--------|----------------------|-----------------|---------|--------|-------|----------------------------|
| Alpen-Klee                   |        |                      |                 |         |        |       |                            |
| <i>Trifolium alpinum</i>     | 6,90   | 93,10                | 39,20           | 5,20    | 10,60  | 38,10 | 12,30                      |
| Trollblume                   |        |                      |                 |         |        |       |                            |
| <i>Trollius europaeus</i>    | 9,98   | 91,02                | 29,10           | 33,70   | 2,50   | 25,70 | 26,64                      |
| Kalk-Polsternelke            |        |                      |                 |         |        |       |                            |
| <i>Silene acaulis</i>        | 8,53   | 91,47                | 28,70           | 3,70    | 34,80  | 24,30 | 14,40                      |
| Alpen-Kratzdistel            |        |                      |                 |         |        |       |                            |
| <i>Cirsium spinosissimum</i> | 7,02   | 92,98                | 26,80           | 12,80   | 3,00   | 50,40 | 11,76                      |
| Blauer Eisenhut              |        |                      |                 |         |        |       |                            |
| <i>Aconitum napellus</i>     | 6,59   | 93,41                | 25,30           | 28,80   | 2,20   | 37,10 | 18,62                      |
| Gold-Fingerkraut             |        |                      |                 |         |        |       |                            |
| <i>Potentilla aurea</i>      | 6,35   | 93,65                | 21,70           | 21,10   | 2,09   | 48,80 | 14,35                      |
| Alpen-Frauenmantel           |        |                      |                 |         |        |       |                            |
| <i>Alchemilla alpina</i>     | 8,18   | 91,82                | 21,00           | 20,80   | 1,17   | 48,90 | 13,85                      |
| Berg-Wegerich                |        |                      |                 |         |        |       |                            |
| <i>Plantago atrata</i>       | 8,22   | 91,78                | 19,60           | 6,20    | 4,40   | 61,60 | 7,62                       |
| Gemeiner Löwenzahn           |        |                      |                 |         |        |       |                            |
| <i>Leontodon hispidus</i>    | 9,30   | 90,70                | 3,60            | 5,20    | 37,20  | 44,70 | 10,55                      |
| Leinsamen                    | 6,81   | 93,19                | 23,00           | 35,00   | 3,90   | 31,30 | 21,30                      |
| Hanf                         | 7,96   | 92,04                | 21,00           | 31,60   | 0,30   | 39,10 | 18,62                      |
| Kolbenhirse                  | 11,28  | 88,72                | 13,50           | 3,80    | 57,60  | 13,80 | 15,99                      |
| Milocorn                     | 12,08  | 87,92                | 9,20            | 3,10    | 75,10  | 0,50  | 13,60                      |

**Tab.3.** Grösse der Samen, Samen-Behandlungszeit und Aufnahmerate pro Minute. – *Seed size, handling time, and food intake per minute.*

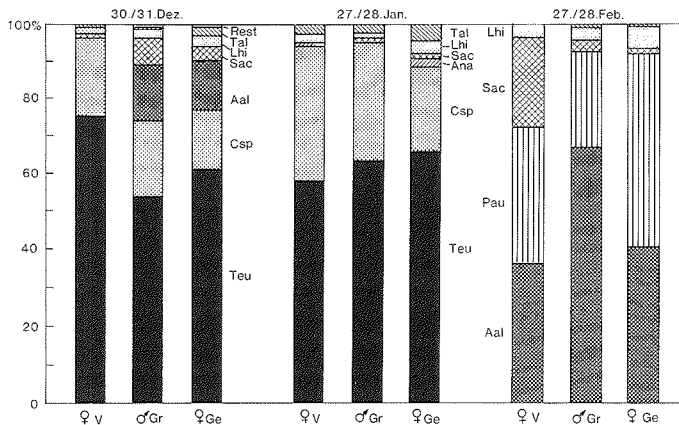
| Pflanzen                                       | Länge<br>mm<br>(n = 20) | Breite<br>mm<br>(n = 20) | Samen<br>pro g<br>(n = 3) | Beh.zeit<br>pro Samen<br>sec<br>(n = 70) | Beh.zeit<br>pro g<br>min, sec<br>(n = 70) | Aufnahme<br>J/min |
|------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------|
| Blauer Eisenhut <i>Aconitum napellus</i>       | 4,04                    | 2,59                     | 380                       | 3,87                                     | 24' 31"                                   | 759,51            |
| Alpen-Klee <i>Trifolium alpinum</i>            | 2,66                    | 2,39                     | 221                       | 5,40                                     | 19' 53"                                   | 618,57            |
| Trollblume <i>Trollius europaeus</i>           | 1,59                    | 0,98                     | 1714                      | 1,95                                     | 55' 42"                                   | 487,19            |
| Berg-Wegerich <i>Plantago atrata</i>           | 3,06                    | 1,45                     | 395                       | 3,52                                     | 23' 10"                                   | 328,96            |
| Gold-Fingerkraut <i>Potentilla aurea</i>       | 1,44                    | 1,19                     | 1936                      | 1,51                                     | 48' 43"                                   | 294,61            |
| Alpen-Kratzdistel <i>Cirsium spinosissimum</i> | 4,30                    | 1,71                     | 667                       | 3,80                                     | 42' 15"                                   | 278,36            |
| Alpen-Frauenmantel <i>Alchemilla alpina</i>    | 1,55                    | 1,11                     | 2500                      | 1,30                                     | 54' 10"                                   | 255,67            |
| Kalk-Polsternelke <i>Silene acaulis</i>        | 1,16                    | 1,04                     | 2609                      | 1,30                                     | 56' 32"                                   | 254,74            |
| Gemeiner Löwenzahn <i>Leontodon hispidus</i>   | 6,95                    | 0,96                     | 667                       | 3,78                                     | 42' 01"                                   | 251,09            |
| Hanf <i>Cannabis sativa</i>                    | 4,15                    | 3,26                     | 48                        | 10,75                                    | 8' 36"                                    | 2165,13           |
| Leinsamen <i>Linum usitatissimum</i>           | 4,46                    | 2,39                     | 213                       | 3,89                                     | 13' 49"                                   | 1541,69           |
| Kolbenhirse <i>Setaria italica</i>             | 2,41                    | 1,83                     | 638                       | 1,43                                     | 15' 12"                                   | 1051,98           |
| Milicorn                                       | 4,33                    | 3,52                     | 43                        | 53,20                                    | 38' 08"                                   | 356,59            |

Frauenmantel und Alpen-Kratzdistel. Einen hohen Anteil an Stärke weisen Polsternelke und Löwenzahn auf.

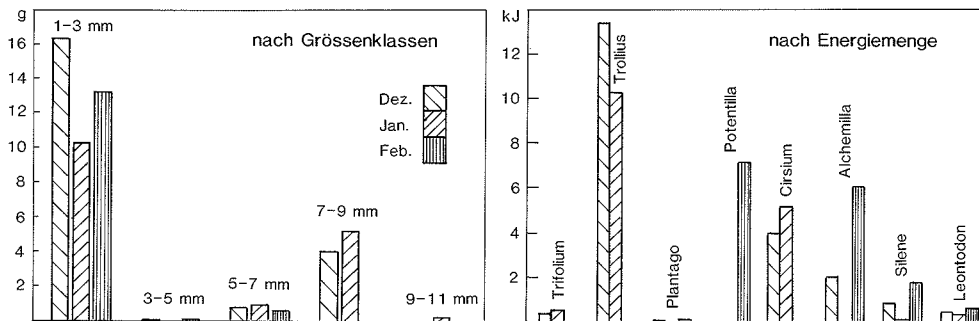
Bei den vier Freilandfutter-Arten haben Leinsamen *Linum usitatissimum* und Hanf *Cannabis sativa* einen hohen Energie-, Rohprotein- und Rohfettgehalt. Der Stärkeanteil ist bei Kolbenhirse *Setaria italica* und Milicorn im Vergleich zu jenem der Alpenpflanzensamen sehr gross, der Rohprotein- und Rohfettgehalt jedoch sehr klein.

## 2.2. Samengrösse, Behandlungszeit und Aufnahmerate

Neben Nährstoff- und Energiegehalt der Samen könnten bei der Nahrungswahl auch Grösse, Behandlungszeit und der Energiegewinn pro Zeiteinheit eine Rolle spielen (Tab.3). Die Grösse der Alpenpflanzensamen und somit die Anzahl Samen pro g sind sehr unterschiedlich. Trollblume, Alpen-Frauenmantel und Polsternelke haben die kleinsten Samen, die auch die grösste



**Abb.2.** Aufgenommene Nahrung in den drei Alpenpflanzensamen-Versuchen. Aal = *Alchemilla alpina* Alpen-Frauenmantel, Ana = *Aconitum napellus* Blauer Eisenhut, Csp = *Cirsium spinosissimum* Alpen-Kratzdistel, Lhi = *Leontodon hispidus* Gemeiner Löwenzahn, Pau = *Potentilla aurea* Gold-Fingerkraut, Sac = *Silene acaulis* Kalk-Polsternelke, Tal = *Trifolium alpinum* Alpen-Klee, Teu = *Trollius europaeus* Trollblume. – *Experiments with seeds of alpine plants.*



**Abb. 3.** Aufgenommene Nahrungsmengen in den Alpenpflanzensamen-Versuchen am Monatsende im Vergleich zur Grössenklasse (links) und zum Energiegewinn pro min (rechts). Die Arten sind auf der x-Achse von links nach rechts nach abnehmendem Energiegewinn angeordnet. – Food intake in the experiments with seeds of alpine plants as compared with seed size (left) and energy (right).

Behandlungszeit pro g erfordern. Bei ihnen und beim Gold-Fingerkraut enthält 1 g weit mehr als 1000 Samen, bei den anderen Arten weniger als 700. Viel weniger Samen sind in 1 g Hanf und Milocorn enthalten. Dementsprechend kurz ist bei diesen Freilandfuttersamen die Behandlungszeit. Die Energieaufnahme-Rate ist für Blauen Eisenhut *Aconitum napellus*, Alpenklee und Trollblume am höchsten. Die restlichen Alpenpflanzensamen unterscheiden sich in diesem Wert nicht stark. Bei den Freilandfuttersamen ist die Energieaufnahme-Rate für Hanf, Leinsamen und Kolbenhirse, im Vergleich zu den Alpenpflanzensamen, sehr hoch.

### 2.3. Alpenpflanzensamen-Reihe

Im ersten Versuch Ende Dezember wurden acht Alpenpflanzensamenarten angeboten. Deutlich wird Trollblume *Trollius europaeus* bevorzugt. Daneben wählen alle Vögel Alpen-Kratzdistel *Cirsium spinosissimum* und zwei zusätzlich Alpen-Frauenmantel *Alchemilla alpina* (Abb. 2).

Im zweiten Versuch Ende Januar wurden Alpen-Frauenmantel, Berg-Wegerich *Plantago atrata* und Gold-Fingerkraut *Potentilla aurea* durch Blauen Eisenhut *Aconitum napellus* ersetzt. Alle Versuchstiere bevorzugen wiederum Trollblume und Kratzdistel,

welche den nun im Angebot fehlenden Alpen-Frauenmantel ersetzt.

Im dritten Versuch Ende Februar wurden nur Samenarten angeboten, die in den Bodenproben vorkamen. Die Schneefinken wählen nun Alpen-Frauenmantel, der bereits im ersten Versuch von zwei Tieren gefressen worden ist. Von zwei Vögeln wird Gold-Fingerkraut in noch grösserer Menge aufgenommen. Einer wählt zusätzlich Kalk-Polsternelke *Silene acaulis*. In allen drei Versuchen wird Gemeiner Löwenzahn *Leontodon hispidus* in kleinen Mengen gefressen.

Vom ersten bis zum letzten Versuch nahm trotz reichem Angebot die aufgenommene Nahrungs- und Energiemenge und die zur Nahrungsaufnahme aufgewendete Zeit ab (Tab. 4, Abb. 6).

Es wurden vier mögliche Wahlkriterien untersucht (Grösse der Samen, Energie- und Proteingewinn und Samen-Behandlungszeit). Das Angebot in der Alpenpflanzensamen-Reihe umfasst fünf Grössenklassen. Die kleinsten Samen (Grössen 1-3 mm) werden deutlich bevorzugt (Abb. 3). Ausser ihr und der Grössenklasse 7-9 mm werden alle anderen Kategorien nur spärlich gefressen. Alpen-Klee *Trifolium alpinum* wird trotz dem grössten Energiegewinn gemieden. Trollblumensamen mit dem zweithöchsten Energie- und dem

**Tab. 4.** Ergebnisse der 3 Alpenpflanzensamen-Versuche. Unter Rest sind Rohfaser, Mineralstoffe und Wasser zusammengefasst. – *Results of the three experiments with seeds of alpine plants.*

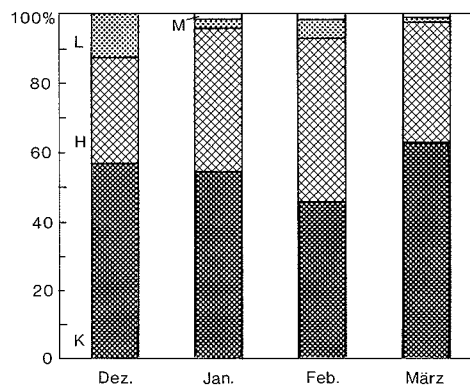
| Vogel            | Aufgenommene |                 |               | Aufgewendete<br>Zeit<br>h, min | Anteile      |           |             |           |
|------------------|--------------|-----------------|---------------|--------------------------------|--------------|-----------|-------------|-----------|
|                  | Samen<br>g   | Samen<br>Anzahl | Energie<br>kJ |                                | Protein<br>% | Fett<br>% | Stärke<br>% | Rest<br>% |
| 30./31. 12. 1986 |              |                 |               |                                |              |           |             |           |
| ♀ Violett        | 6,790        | 9954            | 130,18        | 5h55'                          | 28,3         | 28,2      | 3,7         | 39,8      |
| ♂ Grün           | 6,946        | 11430           | 121,41        | 6h01'                          | 26,7         | 24,2      | 5,7         | 43,4      |
| ♀ Gelb           | 7,564        | 12246           | 137,01        | 6h33'                          | 27,0         | 25,8      | 4,9         | 42,3      |
| Mittel           | 7,100        | 11210           | 129,53        | 6h10'                          | 27,3         | 26,1      | 4,8         | 41,8      |
| 27./28. 1. 1987  |              |                 |               |                                |              |           |             |           |
| ♀ Violett        | 7,098        | 8908            | 124,19        | 5h49'                          | 27,9         | 24,6      | 3,7         | 43,8      |
| ♂ Grün           | 5,216        | 6921            | 93,83         | 4h22'                          | 28,2         | 25,7      | 3,6         | 42,5      |
| ♀ Gelb           | 4,405        | 5953            | 81,06         | 4h01'                          | 28,1         | 26,1      | 4,6         | 41,2      |
| Mittel           | 5,573        | 7261            | 99,69         | 4h44'                          | 28,1         | 25,5      | 4,0         | 42,5      |
| 27./28. 2. 1987  |              |                 |               |                                |              |           |             |           |
| ♀ Violett        | 6,705        | 15128           | 94,25         | 5h51'                          | 22,6         | 16,2      | 10,9        | 50,3      |
| ♂ Grün           | 3,997        | 8151            | 56,28         | 3h19'                          | 21,1         | 19,8      | 4,1         | 55,0      |
| ♀ Gelb           | 5,105        | 10953           | 70,56         | 4h20'                          | 20,3         | 19,6      | 4,3         | 55,8      |
| Mittel           | 5,269        | 11411           | 73,70         | 4h30'                          | 21,3         | 18,5      | 6,4         | 53,7      |

dritthöchsten Proteingewinn pro min werden allen anderen Samen vorgezogen (Abb. 3). Gold-Fingerkraut, Kratzdistel und Alpen-Frauenmantel mit kleineren Werten werden mit geringerer Häufigkeit aufgenommen. Eisenhut wird trotz hohem Energie- und Proteingewinn gemieden, vermutlich auf Grund des Gehaltes an hochtoxischen Terpen-Alkaloiden. Die Samen-Behandlungszeit scheint für die Wahl bedeutungslos zu sein.

#### 2.4. Verlauf der Nahrungswahl während des Winters

Alle drei Vögel verhielten sich in der Wahl der Nahrung ähnlich. Sie zogen Kolbenhirse und Hanf den beiden anderen Arten vor (Abb. 4). Die Wahl veränderte sich von Dezember bis März nur geringfügig. Die benötigte Samen- und Energiemenge lag pro Vogel und Tag zwischen 4,652 und 7,378g bzw. 78,54 und 127,94kJ. Die beiden ♀ nahmen in den Versuchen durchschnittlich 0,282–1,289g mehr Nahrung auf

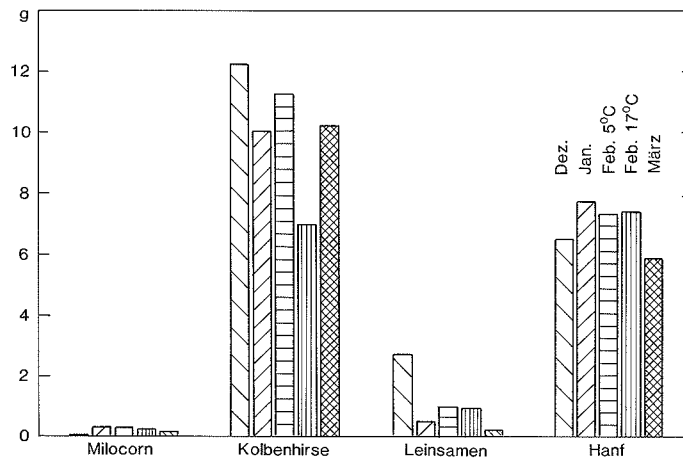
als das ♂ (4–27%). Die aufgenommene Samen- und Energiemenge sank von Dezember bis Februar kontinuierlich (Abb. 6). Während sie beim ♂ im März weiter ab-



**Abb. 4.** Prozentuale Zusammensetzung der Nahrung in den 4 Freilandfutter-Versuchen (Mittelwerte von 3 Vögeln). K = Kolbenhirse, H = Hanf, L = Leinsamen, M = Milocorn. – *Results of the experiments with commercial food.*



**Abb. 5.** Aufgenommene Menge im Vergleich zum Energie- und Proteingewinn pro min in allen 5 Freilandfutter-Versuchen. Die Arten sind von links her nach zunehmendem Energie- und Proteingewinn angeordnet. – *Food intake in relation to energy and protein gain in the experiments with commercial food.*



nahm, stieg sie bei den beiden ♀ in diesem Monat wieder an (Tab. 5). Entsprechend verhielt sich die zur Nahrungsaufnahme aufgewendete Zeit. Die Abnahme stagnierte beim ♂ jedoch nach dem Februar-Versuch. In der Alpenpflanzensamen-Reihe mussten die Vögel 4mal mehr Zeit für die Nahrungsaufnahme aufwenden als in der

mit Freilandfutter durchgeführten Versuchsreihe zum saisonalen Einfluss (Abb. 6).

## 2.5. Einfluss der Temperatur

Bei 5°C wurden wiederum Kolbenhirse und Hanf den beiden anderen Arten vorgezo-

**Tab. 5.** Ergebnisse der Freilandfutterversuche über die Nahrungswahl im Verlauf des Winters. %-Anteile wie in Tab. 4 in Frischgewicht. – *Results of the experiments with commercial food.*

| Vogel     | Aufgenommene |                 |               | Aufgewendete<br>Zeit<br>h, min | Anteile      |           |             |           |
|-----------|--------------|-----------------|---------------|--------------------------------|--------------|-----------|-------------|-----------|
|           | Samen<br>g   | Samen<br>Anzahl | Energie<br>kJ |                                | Protein<br>% | Fett<br>% | Stärke<br>% | Rest<br>% |
| ♀ Violett |              |                 |               |                                |              |           |             |           |
| Dezember  | 7,378        | 3532            | 123,73        | 1h41'                          | 15,6         | 11,6      | 42,0        | 30,8      |
| Januar    | 6,980        | 2377            | 120,91        | 1h28'                          | 17,1         | 17,5      | 30,1        | 35,3      |
| Februar   | 5,937        | 1638            | 106,59        | 1h09'                          | 18,5         | 22,0      | 21,5        | 38,0      |
| März      | 6,487        | 2372            | 111,45        | 1h21'                          | 16,9         | 16,4      | 32,0        | 34,7      |
| ♂ Grün    |              |                 |               |                                |              |           |             |           |
| Dezember  | 6,988        | 2080            | 127,94        | 1h25'                          | 18,8         | 22,5      | 21,6        | 37,1      |
| Januar    | 5,571        | 1996            | 95,95         | 1h10'                          | 17,0         | 16,7      | 31,4        | 34,9      |
| Februar   | 4,883        | 1500            | 84,96         | 1h01'                          | 17,7         | 19,3      | 26,5        | 36,5      |
| März      | 4,652        | 2051            | 78,59         | 1h03'                          | 16,0         | 13,0      | 39,0        | 32,0      |
| ♀ Gelb    |              |                 |               |                                |              |           |             |           |
| Dezember  | 7,161        | 3089            | 123,83        | 1h35'                          | 16,6         | 14,8      | 36,2        | 32,4      |
| Januar    | 6,065        | 2513            | 103,29        | 1h20'                          | 16,4         | 14,3      | 36,5        | 32,8      |
| Februar   | 4,845        | 1905            | 82,41         | 1h04'                          | 16,4         | 14,8      | 35,4        | 33,4      |
| März      | 5,395        | 2436            | 90,69         | 1h11'                          | 15,9         | 12,6      | 39,6        | 31,9      |

**Tab. 6.** Einfluss der Temperatur auf die Nahrungsaufnahme, Mittelwerte aus den Ergebnissen von 3 Vögeln. – *Influence of temperature on food intake.*

| Temperatur | Aufgenommene |                 |               | Aufgewendete<br>Zeit<br>h, min | Anteile      |           |             |
|------------|--------------|-----------------|---------------|--------------------------------|--------------|-----------|-------------|
|            | Samen<br>g   | Samen<br>Anzahl | Energie<br>kJ |                                | Protein<br>% | Fett<br>% | Stärke<br>% |
| 5°C        | 6,651        | 2688            | 114,46        | 1h27'                          | 16,7         | 15,6      | 34,2        |
| 17°C       | 5,222        | 1681            | 91,32         | 1h05'                          | 17,5         | 18,7      | 27,8        |
| Differenz  | 1,429        | 1007            | 23,14         | 22'                            | – 0,8        | – 3,1     | 6,4         |
| in %       | 27,4         | 59,9            | 25,3          | 33,8                           | – 4,6        | – 16,6    | 23,0        |

gen. Zwei Vögel nahmen allerdings mehr Leinsamen auf als in den übrigen Versuchen. Die aufgenommene Samen- und Energiemenge war bei 5°C um 21–41% bzw. 17–42% höher als bei 17°C (Tab. 6). Entsprechend wurden im Mittel 60% mehr Samen gefressen und dafür durchschnittlich 34% mehr Zeit aufgewendet.

Wie bei den Alpenpflanzensamen wurden wiederum die kleinsten Samen (Kolbenhirse, Grössenklasse 3–5 mm) bevorzugt. Alle übrigen Arten sind grösser. Leinsamen wurden trotz relativ hohem Energie- und Proteingewinn pro min weitgehend gemieden (Abb. 5). Milocorn mit dem kleinsten Energie- und Proteingewinn wurde nur äusserst spärlich aufgenommen. Hanf mit den höchsten Werten war die zweitbeliebteste Art. Kolbenhirse, welche mit der grössten Häufigkeit gefressen wurde, liefert dagegen weniger Energie und Protein pro Zeiteinheit. Die Samen-Behandlungszeit scheint für die Schneefinken bei der Wahl keine Rolle zu spielen.

### 3. Diskussion

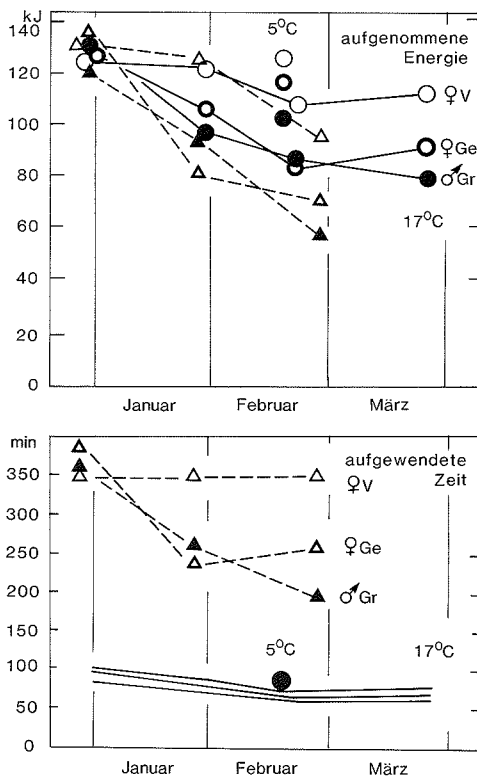
#### 3.1. Nahrungswahlversuche

Die pro Tag von einem Schneefinken durchschnittlich aufgenommene Samenmenge beträgt 6,154g, die Energiemenge 104,27kJ. Die von einer Vogelart benötigte Nahrungsmenge hängt von der Jahreszeit, der Verfügbarkeit der Nahrung und anderen Faktoren, wie Gesundheitszustand, Alter, Geschlecht, Grösse des Vogels u.a., ab (Grün 1975, Welty 1982).

Ein 40g schwerer, freilebender Dorfweber *Textor cucullatus* nimmt bei 18°C eine Nahrungsmenge von 20% seines Körpergewichtes auf (Welty 1982). Für die drei im Mittel mind. 35g wiegenden Schneefinken würde sich daraus eine Samenmenge von 7g pro Tag ergeben. Mit durchschnittlich 6,154g bei 17°C liegen sie 17,6% unter diesem Wert. Die Schneefinken sind etwas leichter als der Webervogel, der auf das Körpergewicht bezogene Nahrungsbedarf sollte jedoch mit abnehmendem Gewicht des Vogels zunehmen. Selbst nach Umrechnung der aufgenommenen Nahrungsmenge auf ein Leben im Freien erreicht der Nahrungsbedarf 7g nicht (s. unten). Die Aufnahme einer vergleichsweise kleineren Tagesration ist möglicherweise durch sehr selektive Nahrungsaufnahme, keinesfalls aber mit dem Gewichtsunterschied der beiden Vogelarten zu erklären.

Der Existenzstoffwechsel entspricht dem Umsatz ohne steigernde Faktoren wie Reproduktion, Mauser, Zuginruhe oder Fettanlagerung. Er ist für die Käfigvögel anhand der Formel von Kendeigh et al. (1977) berechnet und die käfigbedingte Einschränkung der Aktivität in die Berechnung einbezogen worden. Es ergibt sich für die drei Schneefinken ein mittlerer Gesamtstoffwechsel von 92,47kJ bei 10h Hellzeit.

Kendeigh et al. (1969) geben für den Haussperling *Passer domesticus* bei 17°C einen Existenzstoffwechsel von 84,41kJ/Tag an. In West (1973) ist für den Haussperling ein Umrechnungsfaktor von 1,12 für ein Leben im Freien zu finden. Übertragen auf den Schneefinken lässt sich daraus



**Abb. 6.** Übersicht über die in allen Versuchen aufgenommene Energiemenge (oben) und die zur Nahrungsaufnahme aufgewendete Zeit (unten). Punktirt verbundene Dreiecke stehen für den Alpenpflanzensamen-Versuch, mit Linien verbundene Kreise für den Freilandfütterversuch bei 17° und die einzelnen Kreissymbole für jenen bei 5°C. Ausgefüllte Symbole betreffen ♂Grün, offene die beiden ♀ (dünn begrenzt ♀Violett, dick begrenzt ♀Gelb). – Energy intake (above) and foraging time (below).

ein täglicher Energiebedarf von 103,57 kJ (6,893g) bei 17°C im Freiland berechnen. Unter winterlichen Hochgebirgsbedingungen müsste ein Schneefink bei -10°C 150,69 kJ (8,89g) und bei -20°C 168,14 kJ (9,92 g) pro Tag aufnehmen, um sein Gewicht unter Freilandbedingungen halten zu können. Durchschnittstemperaturen von -10°C kommen von November bis März jeweils an 9–18 und von -20°C nur an 1–5 Tagen pro Monat vor. Der Schneefink würde jedoch

bei -20°C mehr Zeit (8h 36min) zur Nahrungsaufnahme benötigen, als er während eines Hochwintertages mit einer Photoperiode von 8h zur Verfügung hat. Die Fütterung durch den Menschen dürfte deshalb bei länger anhaltenden Tagestemperatur-Mittelwerten von weniger als -10°C Bedeutung haben.

Die Tendenz von Dezember bis März allmählich weniger Nahrung und Energie aufzunehmen lässt eine Beeinflussung der Aufnahme nicht nur durch die Temperatur, sondern auch durch die u.a. den Jahresgang der Fettdeposition steuernde Tageslänge vermuten. Wie in unseren Untersuchungen wurde auch in verschiedenen anderen Nahrungswahlversuchen eine Zunahme der aufgenommenen Nahrungsmenge bei abnehmender Temperatur festgestellt (z.B. Kear 1962 beim Buchfinken *Fringilla coelebs*, Korodi Gál & Nagy 1965 bei Rotkehlchen, Stieglitz und Haussperling, Willson & Harmeson 1973 bei Kardinal *Richmondia cardinalis* und Singammer *Melospiza melodia* und Gillespie 1982 beim Grünfinken). Unsere Käfigvögel wurden während der Versuchszeit nicht gewogen, um die Resultate durch zusätzlichen Stress nicht zu verfälschen. Untersuchungen im Freiland (Heiniger in Vorb.) zeigten aber, dass das Gewicht der Schneefinken von November bis zur zweiten Januarhälfte kontinuierlich zu-, von Februar bis März dann allmählich abnimmt und dass die Gewichtszunahme im Laufe des Tages in der ersten Hälfte des Winters grösser ist als in der zweiten. Unsere drei Schneefinken gewannen eine grössere Energiemenge durch vermehrte Nahrungsaufnahme und nicht durch eine veränderte Auswahl der Samenarten. Im Gegensatz dazu ändern Feldsperling (Pinowski et al. 1973), verschiedene nordamerikanische Finken (Willson 1971) sowie Kardinale und Singammern (Willson & Harmeson 1973) mit wechselnder Umgebungstemperatur die Nahrungswahl.

Unterschiede bei der Nahrungswahl zwischen ♂ und ♀ fanden Hinde (1952) bei der Kohlmeise *Parus major* und Morris (1955) beim Zebrafinken *Taeniopygia guttata*. Wie

beim Schneefinken unterscheidet sich die Nahrungszusammensetzung der beiden Geschlechter bei mehreren anderen Arten nicht, so bei verschiedenen Finken (Willson 1971), Kardinalen und Singammern (Willson & Harmeson 1973), beim Birkhuhn *Tetrao tetrix* (Marti 1985) und Schneehuhn *Lagopus mutus* (Bossert 1980). Die erneute Zunahme der aufgenommenen Energiemenge bei den beiden ♀ im März ist möglicherweise bereits eine Präadaptation an den hohen Energiebedarf für die folgende Brutsaison.

Samen sind wegen der langen Verfügbarkeit und des hohen Energiegehalts die günstigste vegetabile Nahrung. Die von den Schneefinken aufgenommenen Samen sind reich an den zwei lebenswichtigen Nährstoffen Protein und Fett (Tab. 2). Der Fettstoffwechsel ist gerade in kalten Klimaten von Bedeutung; Fett ist die wirkungsvollste Speicherform, da die Oxydation von Fett fast doppelt soviel Wärme (kcal/g) freisetzt wie für Kohlenhydrat und Protein. Protein ist wichtig für den Aufbau verschiedener Körpersubstanzen (z.B. Nestler 1944) und die Fortpflanzung, hat aber ebenfalls bedeutenden Anteil an der Wärmeproduktion. Bei der Nahrungswahl des Schneefinken scheint wie bei Birk- und Schneehuhn (Pauli 1978, Keller et al. 1979, Bossert 1980) der Proteingehalt ein entscheidender Faktor zu sein. Wie bei den Hühnern werden den energie- und proteinreichen Nahrungstypen aber weitere hinzugefügt, wahrscheinlich um artspezifische Nährstoffmängel durch eine vielseitige Nahrung auszugleichen.

Die Samen-Behandlungszeit wird von verschiedenen Autoren als wichtiger Faktor angegeben (z.B. Morris 1955, Kear 1962, Willson 1971 und 1972, Willson & Harmeson 1973, Glück 1985). Sie scheint aber für den Schneefinken von geringer Bedeutung zu sein; wichtig ist dagegen die Kleinheit der Samen.

Einen Zusammenhang zwischen der Wahl der Nahrung und deren Verdaulichkeit bzw. dem Anteil an umsetzbarer Energie fanden Pauli (1978), Keller et al. (1979)

und Bossert (1980) bei Birk- und Schneehuhn, Gillespie (1984) beim Grünfinken und Halse (1984) und Boudewijn (1984) bei Gänsen. In unseren Versuchen wurde die Verdaulichkeit der verschiedenen Samen nicht untersucht. Ebenfalls unbekannt ist der Einfluss von Vitaminen und Mineralstoffen auf die Nahrungswahl.

Einen interessanten Hinweis auf die unterschiedliche Verwertbarkeit der Nahrung bei verschiedenen Temperaturen liefern Korodi Gál & Nagy (1965). Während der Grünfink bei abnehmender Temperatur zunehmend besser verwerten kann, nimmt beim Haussperling die Effizienz der Verwertung ab. Obwohl dieser bei tieferen Temperaturen mehr aufnimmt, kann er kaum mehr Energie gewinnen. Der Grünfink hingegen kann die grössere Nahrungsmenge zusätzlich besser nutzen. Eine solche Fähigkeit würde dem Schneefinken die Gewichtszunahme im Winter bedeutend erleichtern. Es wäre deshalb von Interesse, für diesen Vogel entsprechende Versuche durchzuführen.

## 5.2. Theorie des optimalen Nahrungserwerbs

Die Theorie des optimalen Nahrungserwerbs (optimal foraging theory) versucht, das Verhalten beim Nahrungserwerb vorauszusagen. Vom Standpunkt der natürlichen Selektion aus betrachtet, muss die «Fitness» eines Tieres optimiert werden. In den meisten Studien wird dies als Maximierung des Netto-Energiegewinnes interpretiert.

Entscheidungen werden nach folgenden Faustregeln getroffen (zusammengefasst nach Emlen 1966, Schoener 1971, Pulliam 1974, Krebs & Cowie 1976, Pyke et al. 1977, Morse 1980, Abarca & Fantino 1982, Krebs et al. 1983) :

- (1) Welches ist die optimale Nahrung (optimal diet)?
- (2) An welchen Stellen soll gesucht werden (patch choice)?
- (3) Wieviel Zeit soll für die einzelnen Stellen aufgewendet werden (allocation of time to patches)?

(4) Nach welchem Raum-Zeit-Muster soll gesucht werden (foraging path)?

Die optimale Nahrung, welche die Rate des Netto-Energiegewinnes maximiert, wird folgendermassen bestimmt (Schoener 1971, Pyke et al. 1977 und Morse 1980):

– Jeder Nahrungstyp wird nach seinem Verhältnis Nährwert zu Samen-Behandlungszeit bewertet.

– Durch Einbeziehung der Suchzeit kann die Nettorate des Energiegewinnes für jeden Nahrungstyp berechnet werden.

– Zum optimalen Nahrungstyp werden solange weitere in der Reihenfolge der Rangordnung in die Diät einbezogen, als der mittlere Nährwert pro Behandlungszeit durch diese Addition zunimmt.

Emlen (1966) hat aus der Literatur weitere Faktoren zusammengetragen, welche die Nahrungswahl beeinflussen könnten, z.B. Giftigkeit, Häufigkeit und räumliche Verteilung der Nahrung, Lernfähigkeit, Sättigungsgrad und Gesundheitszustand des Tieres und individuelle Bedürfnisse. Insbesondere bei vegetarischer Kost ist das Verlangen nach einer ausgeglichenen, auch Bedürfnisse nach Spurenelementen, Vitaminen etc. befriedigenden Nahrung wichtig (Pauli 1978, Keller et al. 1979, Bossert 1980, Zbinden 1980). Dieses Verlangen nach bestimmten Nährstoffen könnte noch wichtiger sein als die Energieaufnahme (Schoener 1971, Pyke et al. 1977, Morse 1980, Kamil 1983 und Krebs et al. 1983).

Die durch das Modell vorausgesagten Präferenzen stimmen ziemlich gut mit den Resultaten unserer Wahlversuche überein. Den Einfluss von Suchzeit und Verwertbarkeit der Nahrung haben wir jedoch nicht bearbeitet. Zusätzlich zum Energiegewinn pro min scheint auch der Proteingewinn maximiert zu werden.

Die Resultate der Bodenproben zeigen, dass der Schneefink die zum Nahrungserwerb zu nutzenden Stellen nach den beliebtesten unter den 2–6 häufigsten Samenarten wählen sollte. Die Rentabilität der Standorte wird ebenfalls durch die pro m<sup>2</sup> vorhandene Samenmenge bestimmt. Wiederum sollte der Schneefink zwischen einer gu-

ten und einer schlechten Stelle unterscheiden können. Die untersuchten, vom Schneefinken zum Fressen aufgesuchten Standorte weisen pro m<sup>2</sup> eine durchschnittliche Samenmenge von 10,4g auf. Bei einem täglichen Bedarf von 6,154g würde 1m<sup>2</sup> der schnee- und eisfreien, von Schneefinken im Winter zur Nahrungsaufnahme auch wirklich aufgesuchten Stellen 1,7 Vögel einen Tag lang ernähren.

Das an Futterstellen angebotene und auch in unseren Versuchen verwendete Freilandfutter ist in Bezug auf die zur Nahrungsaufnahme benötigte Zeit schon im Wahlversuch durchschnittlich 4mal günstiger als die Alpenpflanzensamen (1h 19min gegenüber 5h 20min). Dieser Unterschied im Aufwand für den Nahrungserwerb ist im Freiland auf Grund der Verteilung und Erreichbarkeit des Angebotes noch sehr viel grösser. Dies ist wahrscheinlich einer der Gründe für das zahlreiche Erscheinen der Schneefinken an den Futterstellen nach dem Verlassen und vor dem Aufsuchen der Schlafplätze sowie bei Temperaturen unter -10°C und 100%iger Schneebedeckung. Der Anteil an Protein an der Freilandfutter-Nahrung ist allerdings bedeutend geringer als bei den Alpenpflanzensamen (17 gegenüber 26%). Dies dürfte der Hauptgrund für das sofortige Meiden der Futterstellen bei besseren Bedingungen sein (Heiniger 1983).

Bei der Kohlmeise hat die Winterfütterung in SE-Hessen keinen Einfluss auf Ernährungszustand und Überlebensrate (Schmidt & Wolff 1985). Für den auch im Hochwinter in der Alpinstufe ausharrenden Schneefinken dürfte das zusätzliche Angebot als Reserve zum Überleben der langen Winternacht sowie zur Überbrückung von meist kurzfristigen witterungsbedingten Nahrungsengpässen von Bedeutung sein.

### Zusammenfassung, Summary

Zum Studium von Winternahrung und Energiebedarf des Schneefinken *Montifringilla nivalis* im Raum Männlichen–Kleine Scheidegg–Eigergletscher (1900–2400 m ü.M.) brachten Direktbeobachtungen und Kotanalyse keine befriedigenden Ergebnisse. Von 14 verunglückten Schneefinken enthielten nur 5 Mägen bestimmbare Samen. Deshalb untersuchten wir das Nahrungsangebot und testeten im Freiland gewonnene Hinweise in Nahrungswahlversuchen mit Alpenpflanzensamen und Freilandfutter.

1. Die Schneefinken suchen im Winter in Gruppen von 10–15 Individuen an schneefreien Stellen nach Nahrung. Diese Beobachtungen waren entscheidend für die Wahl der Bodenproben-Standorte.
2. Das Spektrum der Samenarten ist an diesen Stellen gross (21–32 Arten). Das Angebot besteht aus 7560–25504 Samen pro m<sup>2</sup>, und jeweils 2–6 Arten machen mehr als 80% aus.
3. Aus 9 verschiedenen Arten von Alpenpflanzensamen bevorzugten die Versuchsvögel *Trollius europaeus* und *Cirsium spinosissimum* bzw. *Potentilla aurea* und *Alchemilla alpina*. Einen grösseren Anteil haben auch 1–2 weitere Arten. Andere angebotene Samen werden nur spärlich aufgenommen, könnten aber dazu beitragen, weitere Bedürfnisse nach Spurenelementen, Vitaminen usw. zu befriedigen. In den Versuchen mit Freilandfutter bevorzugten die Schneefinken Kolbenhirse und Hanf, welche zusammen 75–99% der aufgenommenen Nahrung stellen. Leinsamen und Milocorn werden stets nur in geringen Mengen gefressen. Diese Präferenzen verändern sich weder im Verlauf des Winters noch in Abhängigkeit von Temperatur oder Geschlecht.
4. Die bei 17°C durchschnittlich aufgenommene Samen- und Energiemenge beträgt pro Tag 6.154 g (1500–11410 Samen) bzw. 104,27 kJ und sinkt im Verlauf des Winters ab. Sie steigt bei den beiden ♀ im März wieder leicht an. Bei abnehmender Temperatur (5°C) wird eine grössere Samen- und Energiemenge (+27 bzw. +23%) aufgenommen. Die ♀ scheinen in den Monaten Dezember bis März einen grösseren Energiebedarf zu haben als die ♂.
5. Die Schneefinken wählen die Nahrung nach den Kriterien des Energie- und Proteingewinnes pro min aus, ausserdem zeigen die Vögel eine deutliche Vorliebe für kleine Samen. Die Samen-Behandlungszeit pro g scheint die Nahrungswahl nicht zu beeinflussen.
6. Die Ergebnisse der Bodenproben, Direktbeobachtungen und Nahrungswahlversuche bestätigen, dass das vom Menschen angebotene Freilandfutter für den Schneefinken auch im Hochgebirgs-winter höchstens in Ausnahmesituationen bei Tagstemperaturen unter –10°C und vollständiger Schneebedeckung wichtig ist. Dieses wird jedoch wegen des geringen Such- und Behandlungsaufwandes nach dem Verlassen der Schlafplätze als erste

Frühverpflegung und vor dem Aufsuchen der Schlafplätze als zusätzlicher Vorrat für das Überdauern der langen Winternacht genutzt. Die bedeutend proteinreicheren Alpenpflanzensamen werden aber deutlich bevorzugt.

### Winter food of the Snowfinch *Montifringilla nivalis*

Observations on foraging birds and the analysis of feces did not give reliable results on winter food and energy requirements of the Snowfinch *Montifringilla nivalis* in the region of the Männlichen–Kleine Scheidegg–Eigergletscher (1900–2400 m, Swiss Alps). 5 of 14 stomachs only of birds found dead contained seeds which could be determined. Therefore we studied the potential food supply in the study area and tested indications we had gathered on wild birds by making experiments on food selection with seeds from alpine plants and with commercial seeds (sold as winter food for wild birds).

1. In winter, Snowfinches were seen foraging in groups of 10 to 15 on snow free patches. These observations determined our choice for sites where to take samples of potential food on the ground.
2. The number of seed species found on these patches (21–32 species) was high. 2–6 species however corresponded to 80% of the 7560–25504 seeds which were found per m<sup>2</sup>.
3. Out of 9 alpine plants the test birds preferred *Trollius europaeus* and *Cirsium spinosissimum* respectively *Potentilla aurea* and *Alchemilla alpina*. 1 to 2 other species were also taken to some amount. The other seed species offered to the birds were rarely eaten, but they could contribute in satisfying needs in vitamins and other essential substances. In the experiments with commercial food the birds preferred millet and hemp which made 75–99% of food intake. Intake of flax and milocorn was unimportant. These preferences did not change during winter or with temperature. Both sexes had the same preferences.
4. The mean daily food and energy intake at 17°C was 6.154 g (1500–11410 seeds) resp. 104.27 kJ and sank during winter. Females increased their food intake again in March. With decreasing temperature (5°C) food and energy intake increased (+27 resp. +23%). Females seemed to have higher energy requirements than males from December to March.
5. The Snowfinches selected their food according to the gain in energy and proteins per time unit. They clearly preferred small seeds. The handling time per g did not seem to influence food selection.
6. The results of the food samples taken from the ground, the direct observations of foraging birds and the experiments on food selection showed that, even in the high Alps, the commercial food was only important (if at all) in extreme situations, when temperatures remained below –10°C during day time and when the ground was completely snow

covered. Because of the low search and handling time this extra food was frequently used just after leaving the roosts, as first food intake in the morning, and just before going to the roost in the evening, as surplus food for the night. The seeds of alpine plants, which are much richer in proteins, are clearly preferred.

Translation J.-P. Biber

## Literatur

- ABARCA, N. & E. FANTINO (1982): Choice and foraging. *J. Exp. Anal. Behav.* 38: 117–123.
- BOSSERT, A. (1980): Winterökologie des Alpenschneehuhns (*Lagopus mutus* Montin) im Aletschgebiet, Schweizer Alpen. *Orn. Beob.* 77: 121–166.
- BOUDEWIJN, T. (1984): The role of digestibility in the selection of spring feeding sites by Brent Geese. *Wildfowl* 35: 97–105.
- EMLÉN, J. M. (1966): The role of time and energy in food preference. *Amer. Naturalist* 100: 611–617.
- GILLESPIE, G. D. (1982): Factors affecting daily seed intake of the Greenfinch, *Carduelis chloris*. *New Zealand J. Zool.* 9(2): 295–299.
- GLÜCK, E. (1980): Ernährung und Nahrungsstrategie des Stieglitzes (*Carduelis carduelis* L.). *Ökol. Vogel* 2: 43–91. – (1985): Seed preference and energy intake of Goldfinches, *Carduelis carduelis*, in the breeding season. *Ibis* 127: 421–429.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (1962): Die Brutvögel der Schweiz. Aarau.
- GRÜN, G. (1975): Die Ernährung der Sperlinge *Passer domesticus* und *Passer montanus* unter verschiedenen Umweltbedingungen. *Int. Studies on Sparrows* 8: 24–103.
- HALSE, S. A. (1984): Food intake, digestive efficiency and retention time in Spur-winged Geese. *S. Afr. J. Wildl. Res.* 14: 106–110.
- HEINIGER, PH. H. (1983): Zur Ökologie des Schneefinken (*Montifringilla nivalis*) im Hochgebirge: Lage, Ausdehnung und Nutzung des winterlichen und brutzeitlichen Aufenthaltsraumes einer Population im Berner Oberland. Diplomarb. Zool. Inst. Univ. Bern. Typoskript, 42 S.
- HINDE, R. A. (1952): The behaviour of the Great Tit (*Parus major*) and some other related species. *Behaviour Suppl.* No. 2.
- KAMIL, A. C. (1983): Optimal foraging theory and the psychology of learning. *Amer. Zool.* 23: 291–302.
- KEAR, J. (1962): Food selection in finches with special reference to interspecific differences. *Proc. Zool. Soc. London* 138: 163–204.
- KELLER, H., H.-R. PAULI & U. N. GLUTZ VON BLOTZHEIM (1979): Zur Winternahrung des Birkhuhns *Tetrao tetrix* im subalpinen Fichtenwald der Nordalpenzone. *Orn. Beob.* 76: 9–32.
- KENDEIGH, S. C., J. E. KOTOGIANNIS, A. MAZAC & R. R. ROTH (1969): Environmental regulation of food intake by birds. *Comp. Biochem. Physiol.* 31: 941–957.
- KENDEIGH, S. C., V. R. DOLNIK & V. M. GAVRILOV (1977): Avian energetics. In J. PINOWSKI & S. C. KENDEIGH (Hrsg.): *Granivorous Birds in Ecosystems*. IBP 12. Cambridge University Press, Cambridge, 127–344.
- KORODI GÁL, J. & Z. NAGY (1965): Über den Nahrungsbedarf bei verschiedenen Wärmebedingungen gehaltener Vögel. *Zool. Abh.* 28(6): 113–125.
- KREBS, J. R. & R. J. COWIE (1976): Foraging strategies in birds. *Ardea* 64: 98–116.
- KREBS, J. R., D. W. STEPHENS & W. J. SUTHERLAND (1983): Perspectives in optimal foraging. In A. H. BRUSH & G. A. CLARK JR. (Hrsg.): *Perspectives in Ornithology*. Cambridge University Press, Cambridge, 245–281.
- MARTI, C. (1980): Zur Genauigkeit der Kotanalyse beim Birkhuhn (*Tetrao tetrix* L.) nach Mahlen des Kotes. Diplomarb. Zool. Inst. Univ. Bern. Typoskript, 26 S. – (1982): Accuracy of fecal analysis for identifying foods of Black Grouse. *J. Wildl. Mgmt* 46: 773–777. – (1985): Unterschiede in der Winterökologie von Hahn und Henne des Birkhuhns *Tetrao tetrix* im Aletschgebiet (Zentralalpen). *Orn. Beob.* 82: 1–30.
- MORRIS, D. (1955): The seed preference of certain finches under controlled conditions. *Avic. Mag.* 61: 271–287.
- MORSE, D. H. (1980): Behavioural mechanisms in Ecology. Harvard University Press, Harvard.
- NESTLER, R. B. (1944): Winter protein requirements of Bob-white Quail. *J. Wildl. Mgmt* 8: 218–222.
- PAULI, H.-R. (1978): Zur Bedeutung von Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit der wichtigsten Nahrungspflanzen des Birkhuhns *Tetrao tetrix* in den Schweizer Alpen. *Orn. Beob.* 75: 57–84.
- PINOWSKI, J., T. TOMEK & W. TOMEK (1973): Food selection in the Tree Sparrow, *Passer montanus montanus*. *Proc. Gen. Meet. Working Group Granivorous Birds*, Den Haag 1970, 263–273.
- PULLIAM, H. R. (1974): On the theory of optimal diets. *Amer. Naturalist* 108: 59–75.
- PYKE, G., H. R. PULLIAM & E. L. CHARNOV (1977): Optimal foraging: a selective review of theory and tests. *Quart. Rev. Biol.* 52(2): 137–154.
- SCHMIDT, K.-H. & S. WOLFF (1985): Hat die Winterfütterung einen Einfluss auf Gewicht und Überlebensrate von Kohlmeisen (*Parus major*)? *J. Orn.* 126: 175–180.
- SCHOENER, T. W. (1971): Theory of feeding strategies. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 2: 369–404.
- TURČEK, F. J. (1960): Some observations on the gross-metabolism of the Coal Tit and Hawfinch on seed-diet under laboratory conditions. *Aquila* 66: 19–23.
- WELTY, J. C. (1982): The life of birds. Saunders College Publ., Philadelphia.
- WEST, G. C. (1973): Foods eaten by Tree Sparrows

- in relation to availability during summer in Manitoba. *Arctic* 26: 7–21.
- WILLSON, M.F. (1971): Seed selection in some North American finches. *Condor* 73: 415–429. – (1972): Seed size preference in finches. *Wilson Bull.* 84: 449–455.
- WILLSON, M.F. & J.C. HARMESON (1973): Seed preference and digestive efficiency of Cardinals and Song Sparrows. *Condor* 75: 225–234.
- ZBINDEN, N. (1980): Zur Verdaulichkeit und umsetzbaren Energie von Tetraoniden-Winternahrung

und zum Erhaltungsbedarf des Birkhuhns (*Tetrao tetrix*) in Gefangenschaft mit Hinweisen auf Verdauungsversuche. *Vogelwelt* 101: 1–18.

*Manuskript eingegangen 15. November 1988*  
*bereinigte Fassung 16. Januar 1989*

*Cornelia M. Wehrle, Zoologisches Institut der Universität Bern, Baltzer-Strasse 3, 3012 Bern*

## Schriftenschau

ROTH-BODJADZHIEV, GERTRUD (1985): **Studien zur Bedeutung der Vögel in der mittelalterlichen Tafelmalerei.** Böhlau-Verlag, Köln und Wien, 111 S., 144 SW-Tafeln, DM 148.–. – Deskriptive Vogeldarstellungen aller Jahrhunderte sind durch bibliophile Ornithologen wie z.B. J. Anker und C. Nissen mehrfach in schönen Abhandlungen bearbeitet worden. Vogelmotive in der mittelalterlichen Malerei und Buchkunst blieben dagegen bisher wenig beachtet. Ihre vorwiegend symbolistischen Bezüge sind für Naturwissenschaftler auch nicht unmittelbar verständlich. Im Zuge eines neuerdings aufblühenden Interesses für die mediävale Kultur-epoche erschienen 1971 F. KLINGENDER's «Animals in art and thought to the end of the Middle Ages» (eds. E. ANTAL & J. HARTMAN) und B. YAPP's «Birds in medieval manuscripts» 1981. Jetzt liegt auch eine deutschsprachige Studie von G. Roth vor, die hier etwas eingehender besprochen werden soll.

In den Bildwerken des Spätmittelalters tragen Vögel die Funktionen von sog. «Leitgestalten», d.h. sie stehen typenhaft in der Bildkomposition für einen bestimmten Sinnzusammenhang. Solche Motive von Leitgedanken sind z.B.: der Zeitenvogel, der Vogel als Bringer von Heilstrank und Speise, der Vogel als Heiler, der Vogel als Schicksalsverkünder, der Vogel als Herrschaftszeichen, der Glücksvogel, der Vogel als Rächer und Richter, der vom Vogel Getragene u.a. Die mittelalterlichen Maler nahmen solche Motive häufig aus dem Volksbrauch auf und setzten sie durch den Bezug zu biblischen Geschichten in einen neuen Sinnzusammenhang. Solche Bedeutungszusammenhänge zu enträtseln, setzt sich G. Roth-Bodjadzhiev mit Ihren Studien zum Ziel. Die Autorin will also nicht kunstgeschichtliche, sondern religionsgeschichtliche und symbolistische Deutungen der mittelalterlichen Bildwerke darlegen.

Spätmittelalterliche Vogeldarstellungen aus dem süddeutschen Raum stehen im Mittelpunkt der Bildanalysen. Schongauer, Burgkmair, Holbein d.Ä., aber auch so gegensätzliche Persönlichkeiten wie J. Ratgeb und M. Wolgemut rücken damit erstmals ins Zentrum des Interesses. Die bahnbrechenden oberitalienischen Erneuerer der Natur-Darstellung aus dem ersten Drittel des 15. Jahrhunderts, wie Pisanello, Stefano da Zevio, Grassi und Tadeo di Bartolo, werden dagegen nur kurz behandelt. Auch die niederländische Naturschilderung, die wesentlich eigenständig ist, wird nur kurz gestreift. Als eine Hauptquelle der geistlichen Vogeldarstellung entpuppt sich somit die starke Strömung der Mystik im oberdeutschen Raum, in deren Tradition viele süddeutsche Maler des 14. und 15. Jhrts. stehen.

Ausführlich und vergleichend werden folgende Motivgruppen behandelt: Madonna, Kind und Vogel; Vogel im Bildtypus der Paradiesgärtlein, v.a. die Madonnen im Rosenhag, in der Laube und auf der Rasenbank; Vögel in Darstellungen zum Marienleben und zur Kindheitsgeschichte Jesu; Vögel als Heiligenattribute. Wer sich für diese Fragestellungen interessiert, wird dieses Buch gerne zu Rate ziehen. Es bildet eine quellenreiche und vielseitige Grundlage zum Studium. Für die ikonologische Deutung von Singvogel-Motiven ist es vielfach originell.

Es kann aber nicht verschwiegen werden, dass die Abbildungen in ihrer Qualität leider öfters nicht zu befriedigen vermögen. Auch das gänzliche Fehlen von Farbabbildungen, die das Erkennen der Vogelmotive hätten erleichtern können, wirkt sich nachteilig aus.

Dem Verlag ist für das verlegerische Risiko, das er mit dieser Publikation auf sich nimmt, zu danken. Das Buch dürfte nicht zuletzt auch wegen des ausführlichen Inhaltsverzeichnisses mit allen Vogelgattungen und Vogelarten, die identifiziert werden konnten (insgesamt über 100), auch in Ornithologikreisen eine gewisse Verbreitung erhalten.

Markus Ritter