Zeitschrift: Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Entomologique Suisse = Journal of the Swiss Entomological Society

Herausgeber: Schweizerische Entomologische Gesellschaft

Band: 62 (1989)

Heft: 1-4

Artikel: Arthropoden auf Schneefeldern und in schneefreien Habitaten im Jungfraugebiet (Berner Oberland, Schweiz)

Autor: Heiniger, Philippe H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-402367

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

MITTEILUNGEN DER SCHWEIZERISCHEN ENTOMOLOGISCHEN GESELLSCHAFT
BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ ENTOMOLOGIQUE SUISSE
62, 375–386, 1989

Arthropoden auf Schneefeldern und in schneefreien Habitaten im Jungfraugebiet (Berner Oberland, Schweiz)

PHILIPPE H. HEINIGER
Zoologisches Institut der Universität Bern
Institut de Zoologie de l'Université de Neuchâtel

Arthropods on snowfields and snow-free biotopes in the Jungfrau region (Bernese Oberland, Switzerland) – In a long term study on the adaptations of the snowfinch *(Montifringilla nivalis)* to the high-alpine environment, the arthropod food supply during the breeding season was analysed at Eigergletscher (2320 m, Bernese Oberland, Switzerland). The entomological work concentrated on the fauna of snow patches and snowfree surface of different habitats.

1. From 1984 to 1986, 58 098 arthropods were caught, 48 272 of them in pitfall traps on snow-free sites and 9826 animals were collected by hand on snowfields.

2. From May to August, on an average 454 individuals were caught per pitfall trap. The location with the smallest insect activity yielded 126 arthropods/trap and the one with the highest 795 individuals.

3. The surface-active fauna comprised mainly Collembola (32%), Diptera (23%), Arachnida (19%), Coleoptera (12%) and Hymenoptera (4%). The activity in the high-alpine summer had three peaks: the first one at the end of May/beginning of June, the second in July, and the main peak at the end of August.

4. The most abundant arthropods on snowfields (Homoptera 56%, Diptera 27%, Hymenoptera 7%) were passively transported by wind or actively migrated from the valleys. The predators (Araneae 3%, Coleoptera 2%) were astonishingly abundant.

5. The arthropods on snowfields reached a considerable density. In 2 days, up to 614 Homoptera (Aphidoidea), 337 Diptera and 74 Hymenoptera were deposited on a snowfield of 400 m^2.

6. From March to the end of July, an average biomass of 310 mg (dry weight) was deposited on a 1000 m^2 snowfield per week. The minimum was 6, the maximum 1649 mg (dry weight).

EINLEITUNG

Im Rahmen eines Forschungsprojektes über die Anpassungen des Schneefinken *(Montifringilla nivalis)* an die extremen Umweltbedingungen des Hochgebirges wurde u. a. die Nahrungsökologie dieses Vogels im Winter (WEHRLE, 1988, 1989) und Sommer (HEINIGER, in Vorb.) bearbeitet.

Der Schneefink verwendet für die Aufzucht seiner Jungen praktisch nur animalisches Futter, so dass zur Erfassung des Nahrungsangebotes die alpine Arthropodenfauna untersucht werden musste. Das Schwergewicht wurde auf Verteilung und Phänologie der Arthropoden in dem von der Brutpopulation des Schneefinken in Eigergletscher (2320 m) beanspruchten Raum gelegt. Die Nahrungssuche des Schneefinken erfolgt mit wenigen Ausnahmen immer am Boden (HEINIGER, in Vorb.), so dass die entomologischen Untersuchungen auf die Bearbeitung der Arthropoden auf dem Schnee und den schneefreien Flächen ausgerichtet wurden.

Die alpine Arthropodenfauna im Himalaya wird durch MANI (1962) in einem richtungsweisenden Werk beschrieben. In arktischen Regionen von Kanada sind umfassende Projekte (BLISS, 1977; EDWARDS, 1987) durchgeführt worden.

Im Bereich der Alpen sind die Ostalpen in langjährigen Untersuchungen in Österreich (z. B. CHRISTANDL-PESKOLLER & JANETSCHEK, 1976; FRANZ, 1979; PUNTSCHER, 1980) und im Schweizerischen Nationalpark (HOFMAENNER, 1924, 1952; HANDSCHIN, 1924, 1963; KEISER, 1947; NADIG, 1986; EGLIN, 1986; GUENTHART, 1987) eingehend bearbeitet worden. Die Kenntnisse über die alpine Arthropodenfauna im östlichen Teil der Schweizer Alpen wurden durch ein mehrjähriges, interdisziplinäres Projekt der Universität Neuenburg bedeutend erweitert (DETHIER *et al.*, 1979; GALLAND, 1979; DETHIER, 1980, 1984b; LIENHARD, 1980; MATTHEY *et al.*, 1981).

Aus den Schweizer Westalpen liegen vergleichsweise wenige Arbeiten aus dem Wallis (BERZ, 1935–1936; CERUTTI, 1939; ALTHERR, 1950; SAUTER & DE BROS, 1959; AUBERT, 1964, 1978, 1984) vor. Unsere Ergebnisse sollen einen Beitrag zur Schliessung dieser Lücke darstellen und einen erstmaligen Vergleich zwischen dem östlichen und westlichen Teil der Schweizer Alpen auf Stufe Ordnung ermöglichen.

UNTERSUCHUNGSGEBIET UND METHODEN

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt am Alpennordrand im Berner Oberland, Schweiz (Jungfraujoch 46° 33' N, 7° 59' E; Landeskarten 1: 25 000, Blätter 1229/1249) und wird in HEINIGER (in Vorb.) näher vorgestellt. Am Fusse von Eiger (3970 m), Mönch (4099 m) und Jungfrau (4158 m) befindet sich Eigergletscher (Egl, 2320 m), eine kleine Bahnstation der Jungfraubahn, welche die Basis für die entomologischen Arbeiten bildet. Die Untersuchungsflächen wurden nach Kriterien der Exposition, Hangneigung und Vegetation ausgewählt (HEINIGER, in Vorb.).

Sammelmethoden

Die extremen Bedingungen des Hochgebirges verunmöglichen den Einsatz vieler Methoden, so dass wir uns, abgestützt auf die Versuche von DETHIER (1984a), für den Gebrauch von Barberfallen (SOUTHWOOD, 1966) und das Sammeln von Hand entschieden haben.

Sammeln von Hand: Drei bis fünf Flächen von 400 m^2 (20 × 20 m) wurden 1985 und 1986 mittels Holzpfosten abgesteckt und durch Wege im Abstand von 2 m horizontal unterteilt. Von März bis Juli wurden die Schneefelder alle 2 Tage begangen und die optisch erfassbaren Arthropoden mittels Pinzette gesammelt. Die Flächen konnten bei jeder Kontrolle zu 100% abgedeckt werden, da rechts und links jedes Weges ein 1 m breiter Streifen abgesucht wurde. Die gefangenen Tiere wurden in 70prozentigem Alkohol in Plastikflaschen aufbewahrt.

Die Schneefelder wurden bearbeitet, solange mehr als 10% der 400 m^2 schneebedeckt waren. Infolge der häufigen späten Schneefälle im Juni und Juli schwankte der Schneebedeckungsgrad stark. Die Fangdaten sind jeweils auf 400 m^2 umgerechnet.

Barberfallen: Auf schneefreien Flächen wurden Barberfallen eingesetzt. 1984 wurden 5 Habitate im Höhenbereich von 2200 bis 2400 m untersucht und 1985 durch 2 weitere ergänzt (HEINIGER in Vorb.). Pro Habitat wurde je ein Quadratmeter mit 9 Barberfallen (Abstand zwischen jeder Falle 50 cm) bestückt. Der

Fang erfolgte während der beiden Sommer durchgehend. Die Fallen im Habitat «Schneefeldrand» wurden jede Woche einmal an den Rand der schmelzenden Schneefelder herangerückt.

Die Plastikbecher (∅ 7 cm, Höhe 7 cm) wurden zu einem Drittel mit Äthylen-Glykol (geruchlos und nicht verdunstend) gefüllt und ebenerdig, oft mit Hammer und Meissel, im Boden versenkt. Dabei wurde besonders darauf geachtet, dass zwischen den Becherrändern und dem Boden keine Hohlräume entstanden, da diese sonst für kleinere Arthropoden zum Hindernis werden konnten.

Die ständige Präsenz im Untersuchungsgebiet hat uns erlaubt, bei starken Schnee- oder Regenfällen die Barberfallen während der Niederschläge mittels Deckel zu schliessen; somit konnte auf die Installation von Schutzdächern verzichtet werden.

Nach der wöchentlichen Leerung der Fallen wurden die Tiere unter dem Binokular vom Detritus getrennt und bis zu ihrer endgültigen Bearbeitung in 70prozentigem Alkohol in Plastikflaschen aufbewahrt.

Trockengewichtsbestimmung

Das für die quantitativen Berechnungen benötigte Trockengewicht wurde nach Trocknung bis zur Gewichtskonstanz bei 70 °C mit einer Mettler-Präzisionswaage (PM 200: ± 1 mg) bestimmt.

RESULTATE

Allgemeines

Von 1984 bis 1986 wurden in Eigergletscher jeweils von März bis Anfang August total 58 098 Arthropoden gefangen, wobei 48 272 Tiere (83%) auf die schneefreien Standorte entfielen und 9826 (17%) auf Schneefeldern gesammelt wurden (Tab. 1).

Im Durchschnitt wurden pro Barberfalle und Saison 454 Individuen gefangen, wobei am «ärmsten» Standort 126 und am «produktivsten» 795 Tiere erbeutet wurden.

Über 99% der Fauna gehören zu 11 Ordnungen, von denen 3 Spinnentiere und 8 Insekten sind (Tab. 1). Die Myriapoden und die in Tab. 1 nicht aufgeführten Insektenordnungen machen knapp 0,9% der gefangenen Arthropoden aus. Am häufigsten vertreten sind 7 Ordnungen: Collembola (26,7%), Diptera (25%, einschl. 1,2% Larven), Homoptera (13,6%), Coleoptera (10,5%, einschl. 0,4% Larven), Araneae (7,7%), Acari (7,5%) und Hymenoptera (4,4%). Die Arthropodenfauna der verschiedenen Habitate und Schneefelder wird in HEINIGER (in Vorb.) detaillierter dargestellt werden, weshalb die Grundresultate im folgenden nur kurz erwähnt sind.

Schneefreie Standorte

Phänologie

Die Schneeschmelze dürfte den verlässlichsten Bezugspunkt darstellen. Im Raum Egl setzte diese in den Jahren 1984 bis 1986 immer im Mai ein. Die untersuchten Flächen wurden trotzdem noch im Juni und Juli infolge schlechter Witterung für jeweils einige Tage zu 100% mit Schnee bedeckt.

Tab. 1. Zusammenfassung der Fänge (A) auf schneefreien Standorten und (B) auf Schneefeldern. 1984 bis 1986.

n	(A)			(B)			Total
	1984	1985	Total	1985	1986	Total	
Acari	1080	3256	4336	6	6	12	4348
Araneae	2234	1945	4179	194	100	294	4473
Opiliones	385	335	720	1		1	721
Myriapoda	35	95	130		1	1	131
Collembola	1859	13554	15413	87	33	120	15533
Heteroptera	77	103	180	121	6	127	307
Homoptera	1238	1200	2438	3444	2017	5461	7899
Coleoptera	2848	2861	5709	157	42	199	5908
Coleo-Larvae	55	145	200	12	3	15	215
Hymenoptera	849	1003	1852	595	103	698	2550
Diptera	4807	6375	11182	1733	941	2674	13856
Dip-Larvae	286	400	686	6	15	21	707
Thysanoptera	7	125	132	10	3	13	145
Lepidoptera	483	223	706	67	51	118	824
Lep-Raupen	49	49	98	3	7	10	108
Rest	154	157	311	60	2	62	373
Total	16446	31826	48272	6496	3330	9826	58098

Das sich im Mai rasch vergrössernde Mosaik an schneefreien Flächen leitet die Entwicklung der Arthropodenfauna ein und führt Anfang Juni zu einem ersten Maximum (Abb. 1). Der zweite Schub setzt gegen Ende Juni ein und erreicht Mitte Juli ein zweites Maximum. Die Untersuchungen wurden nach Abschluss der Brutsaison des Schneefinken nicht weitergeführt.

Chorologie

Die Mehrzahl der Tiere wurde auf den schneefreien Flächen gesammelt. Ihre Häufigkeitsverteilung auf die verschiedenen Ordnungen unterscheidet sich nicht wesentlich von der oben aufgeführten Gesamtverteilung, ausser dass der

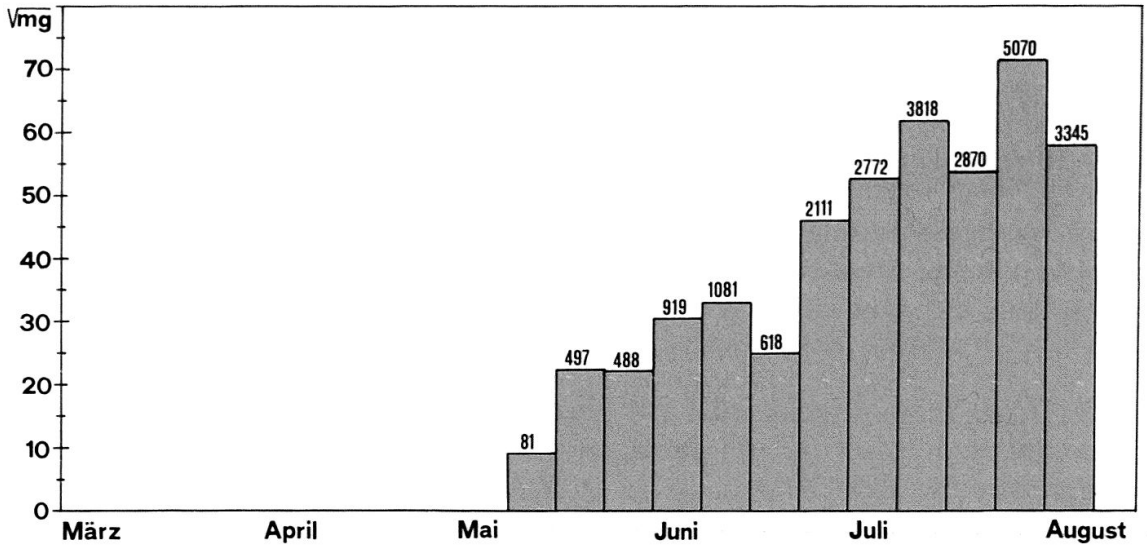

Abb. 1. Biomasse der in schneefreien Habitaten in den Barberfallen gefangenen Arthropoden in mg-Trockengewicht pro Woche, an durchschnittlich 6 Standorten mit je 9 Barberfallen. Mittelwert der Jahre 1984 und 1985.

Anteil der Homoptera wesentlich geringer (5%) und derjenige der Collembola wesentlich grösser (32%) ist.

Schneefelder

Phänologie

Auch die Arthropodenfauna der Schneefelder weist von April bis August zwei Abundanzmaxima auf (Abb. 2). Gegenüber den Maxima auf den schneefreien Flächen sind die Maxima der Schneeflächen aber zeitlich jeweils um 1–2 Wochen vorverschoben.

Chorologie

Auf den Schneefeldern in Egl wurden 9826 Tiere gefangen (Tab. 1). Die Fluginsekten dominieren die Schneefelderfauna sehr deutlich: Die Homoptera (56%), welche im Vergleich zu den schneefreien Habitaten die weniger häufigen

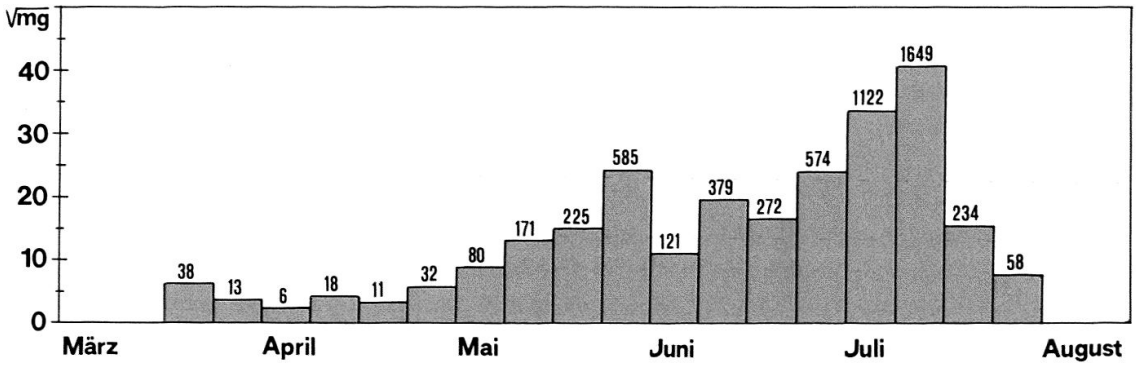

Abb. 2. Biomasse der auf Schneefeldern abgelagerten Driftinsekten in mg-Trockengewicht pro Woche und 1000 m². Mittelwert der Jahre 1985 und 1986.

Collembolen (1%) ersetzen, sind vor den Diptera (27%) und den Hymenoptera (7%) die wichtigsten Vertreter. Die Prädatoren erreichen mit den Araneae (3%) und Coleoptera (2%) ebenfalls eine erstaunlich hohe Abundanz. Opiliones und Myriapoda wurden nie auf Schneefeldern gefunden.

Praktisch alle Homopteren und Hymenopteren sowie ein Teil der Dipteren dürften allochthon sein. Das Massenvorkommen der Homopteren, die passiv durch Windverfrachtung auf die Schneefelder gelangen, ist von den Windverhältnissen abhängig und kann daher sehr stark schwanken. Ihr Anteil ist – wie unsere Daten von 1985 und 1986 belegen – jedoch trotzdem nicht zu unterschätzen. Es konnten bis zu max. 614 Individuen pro 400 m^2 und 2 Tage gesammelt werden.

Die aktiv durch Migration auf die Schneefelder gelangenden Arthropoden, wie z. B. die Dipteren mit max. 337 Tieren pro 400 m^2 und 2 Tage, wie auch die Hymenopteren mit max. 74 Individuen pro 400 m^2 und 2 Tage, erreichen ebenfalls eine beträchtliche Dichte.

Auf 1000 m^2 Schneefeld fällt pro Woche von März bis Ende Juli im Durchschnitt eine Biomasse von 310 mg Trockengewicht (mgTG) an. Das Minimum liegt bei 6, das Maximum bei 1649 mgTG pro Woche und 1000 m^2 Schneefeld (Abb. 2). Pro Tag fallen somit auf 1000 m^2 Schneefeld rund 44 mgTG an Arthropoden an.

DISKUSSION

Die Fangzahlen

Die Fangzahlen in Egl liegen deutlich über denjenigen der Untersuchungen von DETHIER (1984a) auf Munt la Schera (etwa 25 000), obwohl wir die gleiche Anzahl Barberfallen gestellt und keine ergänzenden Methoden eingesetzt hatten. Dies drückt sich auch im Durchschnitt der je Falle gefangenen Individuen aus. DETHIER (1984) fing rund 50 bis 150 Tiere pro Falle und Jahr. Dass unsere Zahlen viel höher liegen, dürfte auf das Weglassen des Regenschutzes zurückzuführen sein und deutet auf eine sehr viel aktivere Fauna (grössere Dichte?) in Egl hin.

Es sei auch darauf hingewiesen, dass sich die Resultate der Barberfallen auf oberflächenaktive Tiere beziehen und nur relative Aussagen möglich sind. Die Fangzahlen aus den Barberfallen lassen Verteilungsschwerpunkte der Arten sowie Typen der jahreszeitlichen Aktivität erkennen und ermöglichen auch einen Standortvergleich (PUNTSCHER, 1980). Nach HAAGVAR *et al.* (1978) ist die Oberflächen-Aktivität hauptsächlich von folgenden Faktoren abhängig: (1) von der Dichte der Tiere, (2) vom Grad der Aktivität der Individuen, welcher wiederum von deren Entwicklungsstadium und vom Mikroklima abhängig ist, (3) von Hindernissen, welche die Aktivität beeinträchtigen, wie die Bodenoberfläche oder die Dichte der Vegetation. Die Barberfallen spiegeln primär die saisonale Veränderung der Aktivität einer Spezies oder Ordnung innerhalb eines Habitats wieder (HAAGVAR *et al.*, 1978) oder Aktivitätsdominanzen, nicht Dominanzangaben stationärer Dichten (PUNTSCHER, 1980).

Die schneefreien Flächen

Chorologie

Die Tiergemeinschaft der hochalpinen Grasheiden in den Alpen weist eine starke gebietsweise Differenzierung auf; trotzdem sind einige typische Gemein-

samkeiten vorhanden (FRANZ, 1979; DETHIER, 1984a): Es dominieren stets die gleichen Ordnungen in ähnlichen Proportionen. FRANZ (1979) gibt primär die Lepidopteren und Dipteren an. Auf Munt la Schera herrschen nach DETHIER (1984a) Dipteren, Araneae und Collembolen vor; auch Acari, Opiliones und Coleopteren sind zahlenmässig wichtig. JANETSCHEK *et al.* (1977) und MATTHEY *et al.* (1981) beschreiben als häufigste Vertreter die Dipteren, Araneae, Opiliones, Lepidopteren und Coleopteren. In Fennoskandien sind gemäss HANKIOJA & KOPONEN (1975) im «low alpine heath» folgende Ordnungen am wichtigsten: Opiliones (24%), Dipteren (16%), Coleopteren (15%) und Araneae (14%).

Die Collembolen (mit 32% die wichtigste Ordnung der Arthropodenfauna in Egl) werden auch von LIENHARD (1980) und DETHIER (1984a) als ziemlich häufig erwähnt. Bei HAAGVAR *et al.* (1978) weisen die Collembolen immer mehr als 50% aller Fänge in Barberfallen auf. PESKOLLER & JANETSCHEK (1976) berichten von reichem Material an Collembolen aus allen Höhenstufen.

Die Dipteren spielen in praktisch allen entomologischen Publikationen des alpinen Bereiches eine sehr wichtige Rolle. MANI (1968) beschreibt sie für die Alpen als «extremely abundant» und bis in sehr grosse Höhenlagen vorkommend. FRANZ (1979) ordnet die Dipteren den typischen Grasheidebewohnern zu. Bei DETHIER (1983a) machen die Dipteren, im Gegensatz zum Anteil von 23% in Egl, 50% aller in drei Jahren gefangenen Tiere aus und sind die dominante Gruppe der Habitate mit relativ hoher Vegetation.

Die Arachniden (besonders Araneae und Acari) weisen in Egl einen Anteil von 19% auf und werden von DETHIER (1984a) als relativ häufig bezeichnet. *Die Araneae* sind in 4 von 8 Habitaten in den Schweizer Ostalpen sehr zahlreich. CHRISTANDL-PESKOLLER & JANETSCHEK (1976) nennen die Araneae, nach den Coleopteren, als die häufigsten und zönologisch wichtigsten Angehörigen der Makrofauna im Hochgebirge. HANKIOJA & KOPONEN (1975) geben 14% an. *Die Acari* treten in vergleichenden Untersuchungen bei Fängen in Barberfallen zurück, ausser bei DETHIER (1984a), der sie als zahlenmässig wichtig erwähnt. *Die Opiliones* haben einen Anteil von 2% an allen unseren Fängen und spielen auch bei CHRISTANDL-PESKOLLER & JANETSCHEK (1976) mit nur wenigen % an der Gesamtfauna wie auch bei DETHIER (1984a) mit 3% eine untergeordnete Rolle.

Die Homopteren machen 14% aller unserer Fänge aus, wobei sie im Vergleich zu den Schneefeldern auf den schneefreien Habitaten mit 5% einen kleinen Anteil haben. DETHIER (1980) bezeichnet sie als nicht wichtig und gibt für die Ostalpen einen Anteil von 2% an den gefangenen Wirbellosen an. Die Häufigkeit der Homopteren auf Schnee und deren Windverfrachtung werden auch von diesem Autor erwähnt, der 60% seiner Fänge – in Übereinstimmung mit unseren Ergebnissen (69%) – auf Schnee gemacht hat.

Die Coleopteren sind bei CHRISTANDL-PESKOLLER & JANETSCHEK (1976) die weitaus artenreichste und wichtigste Ordnung. In den Ostalpen der Schweiz machen sie etwas weniger als 9% aus (DETHIER, 1981), und in Fennoskandien im «low alpine heath» führen HANKIOJA & KOPONEN (1975) die Coleopteren als drittwichtigste Ordnung mit 15% auf. Unsere Fänge (12%) stimmen mit den Verhältnissen der Schweizer Ostalpen überein. Die Coleopteren gehören mit den Arachniden zu den wichtigsten Prädatoren der alpinen Habitate.

Die Hymenopteren weisen sowohl in nordeuropäischen Untersuchungen (HANKIOJA & KOPONEN, 1975) wie auch in den Ostalpen mit 5% (DETHIER, 1984a) und in unseren Fängen mit 4% einen gleich hohen Anteil auf. FRANZ (1979) bezeichnet wenige Hymenopteren als wirklich typisch für die alpine Stufe.

Phänologie

Perioden mit erhöhter Aktivität der Arthropodenfauna konnten auch von DETHIER (1984a) nachgewiesen werden. Diese Phasen schwanken, infolge veränderter Wetterbedingungen, von Jahr zu Jahr sehr stark und sind auch vom Standort abhängig.

Wie DETHIER (1984a) stellen wir bis Ende Juli zwei Aktivitätsspitzen fest. Das erste Maximum ist bei uns jedoch um mehr als einen Monat vorverschoben. Die zweite Aktivitätsspitze von Mitte Juli fällt mit derjenigen von Munt la Schera zusammen. DETHIER (1984a) gibt für Ende August/Anfang September den Hauptgipfel an.

Die oberflächenaktive Arthropodenfauna dürfte, bei kombinierter Betrachtung der Ergebnisse von DETHIER (1984a) und den unsrigen, während des kurzen Sommers eine dreigipflige Aktivitätsphase haben: Ein erstes Maximum Ende Mai/Anfang Juni, welches auf das Erwachen der Arthropodenfauna beim Einsetzen der Schneeschmelze zurückzuführen sein dürfte. Die hier ausschlaggebenden Gruppen sind primär die Coleopteren, Dipteren, Araneae, Acari und Hymenopteren. Auch PUNTSCHER (1980) erwähnt, dass das Einsetzen der Aktivität im Frühjahr weniger von Temperaturschwankungen als vom Schmelzen der Schneedecke abhängig zu sein scheint. Der zweite Gipfel im Juli fällt in beiden Regionen zusammen und dürfte auf das Aktivitätsmaximum der im subadulten Zustand überwinternden Tiere zurückzuführen sein. DETHIER (1984a) gibt hier die Araneae, Opiliones und Collembolen an. Diese Liste muss nach unseren Resultaten mit den Dipteren und Coleopteren ergänzt werden. Der dritte und quantitativ wichtigste Gipfel von Ende August/Anfang September bringt den Aktivitätsgipfel der adulten Tiere, welche im Ei- oder Larvenstadium überwintert haben (DETHIER, 1984a). Somit ist eine Dreigipfligkeit mit vom ersten zum dritten Maximum zunehmender Anzahl Tiere festzustellen.

Ablagerung von Arthropoden auf Schneefeldern – Subvention des alpinen Ökosystems

Zwischen dem Hochgebirge und tieferen Höhenlagen bestehen komplexe ökologische Zusammenhänge. MANI (1968), MATTHEY *et al.* (1981) und EDWARDS (1987) umschreiben einige wichtige Verbindungen, wie z. B. den passiven Transport anorganischer und organischer Abfälle von den tiefer gelegenen Orten in die Hochgebirgslagen durch Luftströmungen. Die windverfrachteten Insekten der tieferen Höhenzonen bilden hierbei einen wichtigen Bestandteil und werden tot und gefroren auf den alpin-nivalen Schneefeldern abgelagert (MANI, 1962). Der Kreislauf zwischen den oben beschriebenen Ökosystemen wird durch die massiven Transporte von organischem Material in tiefere Lagen durch die Hochgebirgsbäche geschlossen. MANI (1968) erwähnt neben der passiven Windverfrachtung von Insekten aus dem Tiefland ins Gebirge das aktive – sicher auch vom Wind profitierende – Aufsteigen von Insekten aus den Niederungen in die Gipfelregionen. Diese Tiere können auf dem Durchzug sein oder auch in höchsten Regionen, z. B. geschützt unter der Schneedecke, überwintern. Die Überlebenden kehren im darauffolgenden Jahr zur Fortpflanzung wieder in die Tieflagen zurück. Die grosse Masse an toten Tieren auf den Schneefeldern bildet für die Hochgebirgskarnivoren eine sehr reiche zusätzliche Nahrung und erklärt das im Vergleich zu den Primärkonsumenten grosse Vorkommen von Prädatoren im alpinen Ökosystem (MATTHEY *et al.*, 1981).

Chorologie

Die auf Schneefeldern abgelagerten Arthropoden weisen eine grosse Artenvielfalt auf, wobei jedoch nur einige Ordnungen dominant sind: Dipteren, Homopteren, Coleopteren und Hymenopteren (MATTHEY *et al.*, 1981; DETHIER, 1984b; EDWARDS, 1987).

Die bei DETHIER (1984b) mengenmässig am besten vertretenen Dipteren entsprechen bei uns nur etwa der Hälfte der am häufigsten gefangenen Homopteren (Aphidoidea). Die Hymenopteren (Formicoidea) folgen übereinstimmend.

Phänologie

Das zeitliche Auftreten der Arthropoden auf den Schneefeldern ist einerseits auf die unregelmässigen Windverhältnisse und andererseits auf die Migration von Syrphiden (Dipteren) und Hymenopteren zurückzuführen. Deshalb können, ausgehend von unseren Daten, keine allgemeinen, sondern nur auf die entsprechenden Untersuchungsjahre bezogene Aussagen gemacht werden.

Im Vergleich zu den schneefreien Habitaten weisen die Schneeflächen auch zwei Maxima auf; dass diese zeitlich jeweils um 1–2 Wochen vorverschoben sind, dürfte darauf zurückzuführen sein, dass die Homopteren ihre Entwicklung in tieferen Höhenstufen früher absolvieren und bei entsprechender Windlage in die Höhe verfrachtet werden. Die alpin-nivale Fauna kann somit bei noch eingeschränktem Angebot an Beute im Gebirge vom Entwicklungsvorsprung der Fluginsekten der unteren Lagen profitieren. Die hohen Fangzahlen im Frühjahr werden auch durch DETHIER (1984a) beschrieben. Das erste Maximum von Ende Mai ist, wie auch bei EDWARDS (1972) und EDWARDS & BANKO (1976) angegeben, primär durch die Homopteren und in zweiter Linie durch die Dipteren geprägt. Das zweite Maximum von Mitte Juli in Egl stimmt mit demjenigen für die Ostalpen (DETHIER, 1980, 1984a) überein und ist wiederum hauptsächlich durch das massenweise Vorkommen der Homopteren geprägt, jedoch auch deutlicher durch die Hymenopteren und Dipteren unterstützt, was gemäss DETHIER (1984a) auf eine starke Durchzugsaktivität der Formicidae, Syphidae und Muscidae zurückzuführen ist.

Die auf den Schneefeldern relativ gleichmässig über die Saison zu findenden Araneae und Coleopteren, wie auch einige Acari, sind infolge der geringen Häufigkeit der Collembolen auf dieses zusätzliche Nahrungsangebot der windverfrachteten und ziehenden Insekten angewiesen (LIENHARD *et al.*, 1981).

Die Subvention

Die Subvention des alpinen Ökosystems durch allochthone Elemente dürfte besonders zum Zeitpunkt des Einsetzens der Schneeschmelze für die alpin-nivalen Prädatoren von grosser Bedeutung sein, da die einheimischen Beutetiere noch nicht voll entwickelt sind oder wie z. B. die Collembolen im Schmelzwasser massenweise ertrinken und auch in beträchtlichen Mengen abgeschwemmt werden dürften. Die Prädatoren, besonders die Coleopteren und die vorwiegend nach lebender Beute jagenden Araneae, könnten zu diesem Zeitpunkt einem Nahrungsengpass ausgesetzt sein. Die Dichte der passiv durch Windverfrachtung auf die Schneefelder transportierten Insekten kann beträchtlich sein. Bei den Homopteren konnten bis zu max. 153 Individuen pro 100 m^2/2 Tage gesammelt werden. Dies ergibt im Vergleich zu DETHIER (1980), der etwas

mehr als 20 Individuen pro 100 m² und Tag(?) beschrieben hat, eine wesentlich höhere Dichte und eine ähnliche wie EDWARDS (1970), der für einen Gletscher in Alaska 73 Aphidoidea pro m² und Tag(?) angibt. Die aktiv durch Migration auf die Schneefelder gelangenden Arthropoden erreichen ebenfalls eine beträchtliche Dichte.

Unsere Daten sind jedoch schwer zu vergleichen, da uns andere Untersuchungen mit regelmässigem Absuchen von Schneeflächen in einem bestimmten Zeitintervall nicht bekannt sind. DETHIER (1984a) gibt pro 100 m² Schneefläche rund 100 mgTG an. Seine Angaben beruhen auf total 9 einmaligen Stichproben und können zeitlich nicht begrenzt werden. Die an einem Tag auf dem Schnee gefundene Menge kann während mehrerer vorangegangener Tage abgesetzt worden sein. Nach unseren Erfahrungen repräsentiert der Wert von 100 mgTG pro 100 m², selbst für einen Spitzentag, eine zu grosse Biomasse.

Für schneefreie Flächen, z. B. die «strate herbacée» des Curvuletum, geben DETHIER (1984a) 70–80 mgTG/m² und MEYER (1980) 50 mgTG/m² an. BLISS (1977) erwähnt für arktische Standorte in Kanada 10–55 mgTG/m². Die Betrachtung der Produktivität eines Caricetum firmae (DETHIER, 1984a) mit 30 mgTG/m² und Saison (70 Tage) und den maximalen 300 mgTG/m² und Saison für den reichsten Standort zeigt, dass die auf den Schneefeldern anfallenden Arthropoden für die alpin-nivalen Prädatoren wichtig sind (siehe auch HEINIGER, in Vorb.), um so mehr, wenn man bedenkt, dass pro m² und Saison (70 Tage) etwa 2,8 mgTG an tierischem Material angefallen sind.

DANK

Herrn Prof. Dr. U. Glutz von Blotzheim danke ich für die Anregung der entomologischen Arbeit im Rahmen des Schneefinken-Projektes und die Durchsicht des Manuskripts. Eine grundlegende Voraussetzung für diese Untersuchung war die grosse Unterstützung durch die Jungfraubahn AG. Finanzielle Hilfe habe ich zudem vom Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Projekt Nr. 3.010.–0.84), von der Basler Stiftung für biologische Forschung und von der Stiftung Dr. J. de Giacomi erhalten. Herr T. Joosting hat mich in die Bestimmungsarbeiten eingeführt und den Einstieg wesentlich erleichtert. Herrn Prof. Dr. G. Lampel bin ich für die schriftlichen Mitteilungen und Hinweise sehr dankbar.

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. W. Matthey, der meine entomologischen Arbeiten mit lehrreichen Anregungen und Diskussionen begleitet und mir wertvolle Hinweise bei den Auswertungen gegeben hat. Frau C. Wehrle danke ich ganz herzlich für die tatkräftige Mithilfe im Feld und für die stete und kompetente Unterstützung bei den Bestimmungsarbeiten.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen mehrjähriger Untersuchungen der Anpassungen des Schneefinken *(Montifringilla nivalis)* an die Umweltbedingungen des Hochgebirges wurde in Eigergletscher (2320 m, Berner Oberland, Schweiz) das animalische Nahrungsangebot zur Brutzeit analysiert. Die entomologischen Arbeiten bezogen sich dabei auf die Fauna der Schneefelder und auf die schneefreie Bodenoberfläche verschiedener Habitate.

1. Von 1984 bis 1986 wurden 58 098 Arthropoden gefangen, wobei 48 272 auf schneefreien Flächen mit Barberfallen und 9826 Tiere auf Schneefeldern von Hand gesammelt wurden.

2. Von Mai bis August wurden pro Barberfalle im Durchschnitt 454 Individuen gefangen. Der Standort mit der kleinsten Aktivität ergab pro Falle 126, der am häufigsten durch die Arthropoden aufgesuchte 795 Tiere.

3. Die oberflächenaktive Fauna setzt sich hauptsächlich aus Collembolen (32%), Dipteren (23%), Arachniden (19%), Coleopteren (12%) und Hymenopteren (4%) zusammen und weist im Hochgebirgssommer eine dreigipflige Aktivitätsphase auf: ein erstes Maximum Ende Mai/Anfang Juni, ein zweites im Juli und der Hauptgipfel Ende August.

4. Die passiv durch Windverfrachtung oder aktiv durch Migration von unteren Lagen aufsteigenden Fluginsekten (Homopteren 56%, Dipteren 27%, Hymenopteren 7%) sind die auf den Schneefeldern am häufigsten zu findenden Formen. Die Prädatoren Araneae (3%) und Coleopteren (2%) erreichen eine erstaunliche Abundanz.

5. Die auf den Schneefeldern anfallenden Arthropoden erreichen beträchtliche Dichten. Auf 400 m² grossen Schneefeldern wurden in 2 Tagen bis zu 614 Homopteren (Aphidoidea), 337 Dipteren und 74 Hymenopteren abgelagert.

6. Auf 1000 m² Schneefeld fällt von März bis Ende Juli pro Woche im Durchschnitt eine Biomasse von 310 mgTG (Trockengewicht) an, das Minimum liegt bei 6, das Maximum bei 1649 mgTG.

LITERATUR

ALTHERR, E. 1950. De quelques nématodes des garides valaisannes. – *Bull. Murith., 67:* 90–103.

AUBERT, J. 1964. L'activité entomologique de l'observatoire du Col de Bretolet. – *Bull. Murith., 81:* 105–131.

AUBERT, J. 1978. Les lépidoptères nocturnes des cols de Balme (2204 m) et du Rawyl (2429 m) (Alpes Valaisannes) avec quelques remarques sur les syrphides migrateurs. *Bull. Murith., 95:* 105–118.

AUBERT, J. 1984. Les plécoptères du Valais. – *Bull. Murith., 102:* 167–183.

BERZ, A. 1935–1936. Recherches sur la distribution des protozoaires et des nématodes dans le sol de la réserve d'Aletsch. – *Bull. Murith., 53:* 141–228.

BLISS, L. C. 1977. *Truelove Lowland, Devon Island, Canada: A high Arctic Ecosystem.* – The University of Alberta Press. Alberta.

CERUTTI, N. 1939. Hemiptères du Valais. – *Mitt. Schweiz. Entomol. Ges., 17:* 611–616.

CHRISTANDL-PESKOLLER, H. & JANETSCHEK, H. 1976. Zur Faunistik und Zoozönotik der südlichen Zillertaler Hochalpen. – *Veröff. d. Univ. Innsbruck 101, Alpin-Biol. Stud., VII:* 1–134.

DETHIER, M. 1980. Hémiptères des pelouses alpines au Parc national suisse. – *Revue suisse Zool., 87(4):* 975–990.

DETHIER, M. 1981. Note préliminaire sur les Coléoptères d'une pelouse alpine. – *Mitt. dtsch. Ges. allg. angew. Ent., 3:* 56–59.

DETHIER, M. 1983a. Recherches sur les Diptères du Caricetum firmae au parc national suisse. – *Bull. soc. neuchât. Sci. nat., 106:* 29–54.

DETHIER, M. 1983b. Araignées et Opilions d'une pelouse alpine au Parc national suisse. – *Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck, 70:* 67–91.

DETHIER, M. 1984a. Etude des communautés d'Arthropodes d'une pelouse alpine au Parc national suisse. – Thèse de doctorat à l'université de Neuchâtel. 317 pp.

DETHIER, M. 1984b. Etude des communautés d'arthropodes d'une pelouse alpine au Parc national suisse. – *Bull. soc. Ent. suisse, 57:* 317–334.

DETHIER, M., GALLAND, P., LIENHARD, C., MATTHEY, W., ROHRER, N. & SCHIESS, T. 1979. Note préliminaire sur l'étude de la pédofaune dans une pelouse alpine au Parc National Suisse. – *Bull. Soc. suisse Pédol., 3:* 27–37.

EDWARDS, J. S. 1970. Insect fallout on the Gulkava Glacier, Alaska Range. – *Can. Entomol., 102:* 1169–1170.

EDWARDS, J. S. 1972. Arthropod fallout on Alaskan snow. – *Arc. Alp. Res., 4:* 167–176.

EDWARDS, J. S. 1987. Arthropods of snow aeolian ecosystems. – *Ann. Rev. Entomol., 32:* 163–179.

EDWARDS, J. S. & BANKO A. M. 1976. Arthropod fallout and nutrient transport on Alaskan snow patches: a quantitative study. – *Arc. Alp. Res., 8:* 237–245.

EGLIN, W. 1986. Netzflügler und Schnabelfliegen. – *Ergeb. wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark, 12* (11): D 169–D 200.

FRANZ, H. 1979. *Ökologie der Hochgebirge.* Ulmer Verlag, Stuttgart. 707 pp.

GALLAND, P. 1979. Note sur le Caricetum Firmae du Parc National Suisse. – *Doc. phytosoc. N. S., 4:* 279–287.

GUENTHART, H. 1987. Zikaden (Auchenorrhyncha). – *Ergeb. wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark, 12* (12), D 8: 203–299.

HAAGVAR, S., ØSTBYE, E. & MELAEN, J. 1978. Pit-fall catches of surface-active arthropods in some high mountain habitats at Finse, south Norway. II. General resultats at group level, with emphasis on Opiliones, Araneida, and Coleoptera. *Norsk Entom. Tidsskr., 25:* 195–205.

HANDSCHIN, E. 1924. Die Collembolenfauna des Schweizerischen Nationalparks. – *Denkschr. Schweiz. Naturforsch. Ges., 60* (2): 89–174.

HANDSCHIN, E. 1963. Die Coleopteren des Schweizerischen Nationalparks und seiner Umgebung. – *Ergeb. wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark, 8* (49): 1–302.

HANKIOJA, E. & KOPONEN, S. 1975. Faunal Structure of investigated Areas at Kevo, Finland. In: WIELGOLASKI, F. E. (ed): *Fennoscandian tundra ecosystems, Part 2: Animals and systems analysis.* Springer, Berlin. pp. 337.

HEINIGER, Ph. H. Zur Jungenaufzucht beim Schneefinken (Montifringilla nivalis): Nahrungsangebot, Nestlingsnahrung und Fütterungsfrequenz (in Vorb.).

HOFMAENNER, B. 1924. Die Hemipterenfauna des Schweizerischen Nationalparks (Heteropteren und Cicadinen). – *Denkschr. Schweiz. Naturforsch. Ges., 60 (1):* 1–88.

HOFMAENNER, B. 1952. Geradflügler des Schweizerischen Nationalparkes und der angrenzenden Gebiete. – *Ergeb. wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark, 3 (25):* 241–311.

JANETSCHEK, H., DE ZORDO, I., MEYER, E., SCHATZ, H. & TROGER, H. 1977. Altitude- and time-related changes in arthropod faunation (Centralhigh Alps, Obergurgl-area, Tyrol). – *Proc. 15th Int. Congr. Entomol. Washington 1976:* 185–207.

KEISER, F. 1947. Die Fliegen des Schweizerischen Nationalparkes und seiner Umgebung. Pars I: Brachycera Orthorhapha. – *Ergeb. wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark, 2 (18).*

LIENHARD, C. 1980. Zur Kenntnis der Collembolen eines alpinen Caricetum firmae im Schweizerischen Nationalpark. *Pedobiol., 20:* 369–386.

LIENHARD, C., DETHIER, M. & SCHIESS, T. 1981. Collemboles et Acariens épigés d'une pelouse alpine. – *Rev. Ecol. Biol. Sol, 18:* 579–601.

MANI, M. S. 1962. *Introduction to high altitude entomology.* Methuen & Co. London, 304 pp.

MANI, M. S. 1968. *Ecology and Biogeography of high altitude insects.* – Series entomologica, *4,* XIV. Junk, The Hague. 527 pp.

MATTHEY, W., DETHIER, M., GALLAND, P., LIENHARD, C., ROHRER, N. & SCHIESSER, T. 1981. Etude écologique et biocénotique d'une pelouse alpine au parc national suisse. – *Bull. Ecol., 81:* 339–354.

MEYER, E. 1980. Ökologische Untersuchungen an Wirbellosen des zentralalpinen Hochgebirges (Obergurgl, Tirol). IV. Aktivitätsdichte, Abundanz und Biomasse der Makrofauna. – *Veröff. d. Univ. Innsbruck 125, Alpin-Biol. Stud., XIII:* 1–53.

NADIG, A. 1986. Heuschrecken (Orthoptera). – *Ergeb. wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark, 12 (10):* D 103–D 167.

PUNTSCHER, S. 1980. Ökologische Untersuchungen an Wirbellosen des zentralalpinen Hochgebirges (Obergurgl, Tirol). V. Verteilung und Jahresrhythmik von Spinnen. – *Veröff. d. Univ. Innsbruck 129, Alpin-Biol. Stud., XIV:* 1–106.

SAUTER, W. & DE BROS, E. 1959. Note sur la faune des lépidoptères de Zeneggen. – *Bull. Murith., 76:* 107–129.

SOUTHWOOD, T. R. E. 1966. *Ecological methods.* Chapman and Hall, London, pp. 391.

WEHRLE, C. M. 1988. Zur Ökologie des Schneefinken *(Montifringilla nivalis)* im Hochgebirge. I. Zur Winternahrung des Schneefinken. II. Zur Brutbiologie des Schneefinken in der Vorlege-Periode (Besiedlung des Brutgebietes, Wahl des Neststandortes, Nestbau). Lizentiatsarbeit Zool. Inst. Univ. Bern. Typoskript, 71 pp.

WEHRLE, C. M. 1989. Zur Winternahrung des Schneefinken *Montifringilla nivalis.* – Orn. Beob., 86: 53–68.

(erhalten am 14.11.1989)