

Dynamik von Heuschrecken-Populationen (Orthoptera: Saltatoria) in subalpinen und alpinen Rasen des Nationalparks Hohe Tauern (Österreichische Zentralalpen) von 1990 bis 1997

Ingeborg P. Illich & Norbert Winding

Eingelangt am 24.02.1999

1 Zusammenfassung

Von 1990 bis 1997 wurden im Bereich des Sonderschutzgebietes Pifflkar (Hohe Tauern, Österreichische Zentralalpen) alljährlich quantitative Bestandenserhebungen an Heuschrecken in unterschiedlichen Habitattypen durchgeführt. Auf den insgesamt neun Probeflächen waren fünf Arten vertreten: *Miramella alpina*, *Bohemanella frigida*, *Omocestus viridulus*, *Gomphocerus sibiricus* und *Chorthippus parallelus*. Von 1990 bis 1997 blieb dieses Artenspektrum unverändert.

Pro Fläche wurden zwischen 0 und 4 Arten und zwischen 0 und 170 Individuen/100 m² festgestellt. Fläche 1 (1950 m) und Fläche 6 (2440 m) waren mit durchschnittlich drei beziehungsweise zwei Arten am artenreichsten. Die mittlere Individuenzahl war auf Fläche 3a mit 98 Individuen/100 m² am höchsten.

Zwischen den einzelnen Flächen traten deutliche Unterschiede sowohl hinsichtlich der Gesamtabundanzen als auch nach dem Verlauf der interannuellen Abundanzschwankungen auf.

Alle Arten zeigten mehr oder weniger ausgeprägte, signifikante interannuelle Schwankungen der Individuendichten.

Wie Korrelationen zwischen Individuendichten und der Witterung (Niederschlag und Temperatur) ergaben, waren die Schwankungen zum Teil deutlich auf den Witterungsverlauf zurückzuführen: Sie standen meist im positiven Zusammenhang mit den Monatsmittelwerten der Lufttemperatur im Juni beziehungsweise Juli sowie im negativen Zusammenhang mit den Niederschlagsmengen im Juli.

Gomphocerus sibiricus zeigte enorme interannuelle Schwankungen der Populationsdichte, die im Vergleich mit den anderen Arten die größten Amplituden aufwiesen. So stieg auf der höchst gelegenen Fläche 6 (2440 m) die Dichte von 1993 auf 1994 von 6 auf 96 Imagines/100 m² an. Insgesamt zeigt *G. sibiricus* in dieser Fläche zwischen 1990-1996 einen Fluktationsfaktor der Imagines von 96 (Maximale Anzahl/Minimum)! Die höchsten Abundanzen traten jeweils in den Jahren mit der höchsten Durchschnittstemperatur im Juni/Juli (1992, 1994) auf. Die Anzahl der von dieser Art besiedelten Probeflächen stieg mit der Populationsdichte. Ähnlich wie *G. sibiricus* zeigte auch *Bohemanella frigida* von 1993 auf 1994 einen starken Populationsanstieg und insgesamt einen Fluktationsfaktor der Imagines von 14,6. Bei *Miramella alpina* wurden ebenfalls signifikante, aber vergleichsweise geringe Populationschwankungen beobachtet.

Hohe Larvenanteile und eine verzögerte Entwicklung traten einerseits in Jahren mit später Schneeschmelze und andererseits auch in Jahren mit „normaler“ oder früher Schneeschmelze, jedoch bei ungünstigen Witterungsverhältnissen im Juli auf.

Da ein Teil des Untersuchungsgebietes seit 1989 außer Nutzung genommen wurde (Einstellung der Beweidung) war auch eine Analyse des kurzfristigen Einflusses der Brachlegung in subalpinen und alpinen Zonen auf die Heuschrecken möglich. In dem unbeweideten Bereich waren noch keine nachhaltigen Änderungen der Heuschrecken-Gemeinschaften als Reaktion auf die Brachlegung ersichtlich.

Nur auf der Doppelfläche 3 wies die dominante Art *Chorthippus parallelus* im beweideten Teil eine signifikant höhere Gesamt-abundanz auf als auf dem unbeweideten. Die Larvalentwicklung ging auf dem beweideten Teil rascher voran als auf dem unbeweideten. Dies ist wahrscheinlich auf die beweidungsbedingte Veränderung des bodennahen Mikroklimas zurückzuführen.

2 Summary

Dynamics of grasshopper populations (Orthoptera: Saltatoria) in subalpine and alpine grasslands of the Hohe Tauern National Park from 1990 to 1997

From 1990 to 1997 a yearly census of grasshoppers was carried out in different habitat types of the Pifflkar special protected area (Hohe Tauern, Austrian Central Alps). On a total of 9 plots, 5 species were found: *Miramella alpina*, *Bohemanella frigida*, *Omocestus viridulus*, *Gomphocerus sibiricus*, and *Chorthippus parallelus*. From 1990 to 1997 the species spectrum remained constant.

0-4 species and 0-170 individuals/m² were found in the single plots. Plot 1 (1950 m) and plot 6 (2440 m) showed highest species richness with a mean of three and two species, and plot 3a the highest mean abundance with 98 individuals/m².

The different plots showed clear differences in the total abundance as well as in the course of interannual fluctuations of abundance.

All species showed more or less pronounced and significant interannual fluctuation of the abundance. Correlation analyses between weather parameters (temperature, precipitation) and abundance showed clear influences of the climatic conditions: the abundance was mainly positively correlated with mean temperatures in July and/or June and/or negatively with the mean amount of precipitation in July.

Gomphocerus sibiricus showed enormous interannual fluctuation of densities, with the highest amplitudes as compared to the other species. In plot 6, the plot with the highest elevation (2440 m), the density of imagines increased from 6 to 96 individuals/m² from 1993 to 1994. The highest abundance occurred in the years with the highest mean temperatures in July (1992 and 1994). In total *G. sibiricus* showed fluctuation by a factor of 96 in this plot from 1990 to 1997. Also the total area occupied by this species fluctuated from year to year according to the densities. Similar to *G. sibiricus*, *Bohemanella frigida* showed a large increase in the density between 1993 and 1994, and in total fluctuation by a factor of 14.6. Also *Miramella alpina* showed significant but comparably weaker population changes.

High percentages of larvae and delayed larval development occurred in years with a late melting of snow, or in years with "normal" dates of snow melt, but unfavorable weather conditions in July.

Since in parts of the investigation area grazing was abandoned from 1989 onwards, analyses of the short term influence of these changes of land use on the grasshoppers in subalpine and alpine grasslands were possible. For this purpose, the investigated plots were partly situated in the grazed and partly in the ungrazed area. In most areas, no clear changes of the grasshopper communities induced by the recent changes in land use could be detected up to now.

Only the doubleplot 3 showed a clear difference between the grazed and ungrazed part. The dominant species *Chorthippus parallelus* showed significantly higher total densities and accelerated larval development in the grazed plot. This is likely due to changes in the microclimatical conditions close to the soil, induced by grazing.

3 Keywords

Grasshoppers. Hohe Tauern National Park, subalpine and alpine grasslands, population dynamics, climatic influences, grazing impacts

4 Einleitung

1990 erfolgte eine qualitative und quantitative Bestandsaufnahme der Heuschrecken im Bereich des Sonderschutzgebietes Piffkar im Nationalpark Hohe Tauern (ILLICH 1993). Neben der Erfassung des Artenspektrums erfolgte dabei auch die Untersuchung der Heuschreckengemeinschaften verschiedener Biotoptypen. Darauf aufbauend wurden gezielt für Heuschrecken relevante Habitate ausgewählt und in diesen ab 1991 mit einer Dauerbeobachtung mit jährlichen quantitativen Bestandenserhebungen begonnen. Die vorliegende Arbeit enthält die Ergebnisse der ersten sieben Jahre dieser Bestandskontrollen.

Für das bessere Verständnis der Zusammenhänge in alpinen Ökosystemen ist die Analyse dynamischer Prozesse von großer Bedeutung. Der Verlauf interannueller Populationschwankungen von Tieren, ein wesentlicher Teil dieser Dynamik, ist im Hochgebirge weitgehend unbekannt. Ebenfalls unbekannt ist, welche Faktoren diese Dynamik steuern. Untersuchungen aus dem alpinen Raum zur Populationsdynamik von Heuschrecken fehlen weitgehend.

Auch populationsdynamische Untersuchungen an europäischen Orthopteren aus dem Tiefland liegen nur vereinzelt vor (RICHARDS & WALOFF 1954, STEVANOVIC 1961, KÖHLER & BRODHUN 1987, BERGER 1988). Bei diesen Untersuchungen zeigte sich, daß vor allem klimatische Bedingungen einen Einfluß auf die Dynamik haben, während nach BELOVSKY & SLADE (1995) auch das Nahrungsangebot für die Dichte von Heuschrecken eine große Rolle spielt.

Da der alpine Lebensraum von extremen klimatischen Bedingungen, wie z.B. starken Temperaturschwankungen, hoher Strahlungsintensität, Schneefällen im Hochsommer etc., beherrscht wird, stellt sich besonders auch die Frage, wie Heuschreckenpopulationen auf diese Extreme reagieren und wie die einzelnen Heuschrecken-Arten innerhalb der sehr kurzen Vegetationsperiode mit ihrem Entwicklungszyklus fertig werden. Neuere, allerdings nur einjährige Untersuchungen zur Postembryonalentwicklung in alpinen Lebensräumen der Westalpen liegen von CARRON (1996) und INGRISCH (1995) vor.

Da seit 1989 auf größeren Flächen im Sonderschutzgebiet Piffkar die Beweidung eingestellt wurde, ergaben sich für die vorliegende Arbeit neben der allgemeinen Frage der Populationsdynamik gleichzeitig die Voraussetzungen für den Vergleich anthropogen genutzter und ungenutzter Rasen hinsichtlich des Heuschreckenbestandes. Wie sich die Brachlegung und damit zusammenhängende Veränderungen der Vegetationsstruktur auf diese Insektengruppe in alpinen Ökosystemen auswirkt, ist bisher weitgehend unbekannt (VOISIN 1986, GUEGUEN-GENEST & GUEGUEN 1987).

Das Ziel dieser Untersuchung liegt daher einerseits in der Erfassung von interannuellen Populationschwankungen alpiner Heuschrecken und andererseits in der Beobachtung von Veränderungen alpiner Heuschreckengemeinschaften im Zuge der Nutzungsauffassung von alpinen Weideflächen.

5 Untersuchungsgebiet und Methoden

5.1 Untersuchungsgebiet und Probeflächen

Das seit 1989 im Nationalpark Hohe Tauern (Salzburger Anteil) bestehende Sonderschutzgebiet Piffkar liegt im Gemeindegebiet von Fusch an der Glocknerstraße. Mit 465 Hektar erstreckt es sich von der Subalpinstufe (ab etwa 1750 m) bis in die Alpinregion mit der höchsten Erhebung, dem Baumgartlkopf, in 2621 m. Geologisch zeichnet sich das Gebiet durch eine enge Verzahnung von Kalk- und Silikatgestein aus. Genauere Angaben zur Geologie liegen bei FRANK (1969) vor.

In der Subalpinstufe des Untersuchungsgebietes dominiert subalpiner Lärchen-Zirbenwald durchsetzt mit Zwergsträuchern. Mit zunehmender Höhe wechseln Almweiden und Zwergstrauchbestände bis in die Alpinstufe, die von alpinen Grasheiden geprägt ist (siehe ILLICH 1993).

Die Bestandserfassungen erfolgten 1991-1995 auf drei Doppelflächen (Flächen 3, 4 und 5) mit jeweils einem beweideten und einem unbeweideten Teil, in dem ab 1989 die Beweidung eingestellt worden war. Der beweidete Teil der Flächen war durch einen Zaun vom unbeweideten Teil getrennt. Weiters wurden die zur Gänze beweideten Flächen 1 und 2 sowie die seit 1989 außer Nutzung gestellte Fläche 6 untersucht (Tab. 1, zur Lage des Untersuchungsgebietes siehe ILLICH 1993). Ab 1996 wurde die Zahl der Probeflächen im Vergleich zu den fünf Vorjahren von neun auf sieben reduziert: Die Flächen 1 und 2 wurden nicht mehr bearbeitet. 1991-1995 wurden daher jährlich 900 m², 1996-1997 700 m² bearbeitet.

5.2 Quantitative Bestandsaufnahmen

In den Probeflächen wurde der Heuschreckenbestand mit standardisierten Streifnetzfängen auf je 100 m² quantitativ erfaßt. Dazu wurde jede Fläche in 4 Fangstreifen von je 25 m Länge und 1 m Breite unterteilt. Die insgesamt 25 m² großen Fangstreifen wurden einseitig mit einer Schnur abgespannt und mit mindestens 40 Streifnetzschnüren abgesammelt. Es wurde versucht, alle in dem Transekt befindlichen Heuschrecken zu erfassen. Die gefangenen und aus der Fläche hüpfenden Heuschrecken wurden gezählt, bestimmt und wieder auf der gleichen Probefläche freigelassen. Der Abstand zwischen den einzelnen Streifen betrug mindestens 5 m. Die Fangstreifen wurden markiert und jedes Jahr mit der gleichen Methodik besammelt. Die Methode erwies sich vor allem bei den vorherrschenden geringen Individuendichten und dem Fehlen der auf diese Weise schwer erfassbaren Laubheuschrecken für alpine Bestandsaufnahmen als sehr geeignet zur Ermittlung absoluter Bestandesdichten.

1990 waren im Rahmen des faunistischen Überblicks die Probeflächen nur 20 m² groß. Da es sich jedoch in einigen Flächen um die gleichen Probeflächen wie in den darauffolgenden Jahren handelte, wurden für diese Flächen die Ergebnisse von 1990 auf 100 m² hochgerechnet und in die Auswertung miteinbezogen. So sind die Ergebnisse aus dem ersten Untersuchungsjahr allerdings nur bedingt vergleichbar mit den Ergebnissen aus den Folgejahren.

Probefläche	Lägerflurrand Probefl. 1	Kurzrasen Probefl. 2	Blaugrasrasen Probefl. 3a	Rostseggenrasen Probefl. 3b	Alpenrispengras Probefl. 4a	Alpenrispengras gemischt Probefl. 4b	Windkante Probefl. 5a	Windkante gemischt Probefl. 5b	Windkante flechtenreich Probefl. 6
Höhe (m)	1960	2000	2080	2090	2265	2265	2190	2390	2440
Exposition	W	SW	NW	NW	NW	NW	W	W	O
Hangneigung (°)	10	30	20	20	0-5	0-5	15	20	0
Vegetationstyp	subalpiner Lägerflurrand- bereich	Kurzrasen	Blaugrasrasen gemischt	Rostseggenrasen	Alpenrispengras- gesellschaft	Alpenrispengras- gesellschaft	Windkanten- gesellschaft	Windkanten- ges. gemischt	Windkantenges. flechtenreich
Pflanzengesellschaft	Rumicetum alpini		Seslerietum/ Poetum alpinae	Caricetum ferruginei	Poetum alpinae	Poetum alpinae	Cetrario-Loise- leurietum	Cetrario-Loise- leurietum/ Elynetum	Cetrario-Loise- leurietum
Charakteristische Pflanzenarten	<i>Rumex alpinus</i> , <i>Aconitum napellus</i> ssp. <i>tauricum</i> , <i>Deschampsia cespitosa</i> , <i>Urtica dioica</i> , <i>Alchemilla vulgaris</i> agg., <i>Achillea millefolium</i> , <i>Geranium sylvaticum</i> , <i>Trollius europaeus</i> , <i>Poa alpina</i> , <i>Ranunculus montanus</i>	<i>Saxifraga paniculata</i> , <i>Primula farinosa</i> , <i>Pulsatilla vernalis</i> , <i>Helianthemum alpestre</i> , <i>Poa alpina</i> , <i>Salix serpyllifolia</i> , <i>Silene acaulis</i> , <i>Geum montanum</i> , <i>Carlina acaulis</i>	<i>Sesleria varia</i> , <i>Poa alpina</i> , <i>Carex firma</i> , <i>Dryas octopetala</i> , <i>Gentianella germanica</i> , <i>Helianthemum nummularium</i> agg., <i>Silene acaulis</i>	<i>Carex ferruginea</i> , <i>Poa alpina</i> , <i>Gentiana germanica</i> , <i>Helianthemum nummularium</i> agg., <i>Rhododendron hirsutum</i>	<i>Poa alpina</i> , <i>Deschampsia cespitosa</i> , <i>Aconitum napellus</i> ssp. <i>tauricum</i> , <i>Trifolium pratense</i> , <i>Soldanella alpina</i> , <i>Gentianella germanica</i> , <i>Ranunculus montanus</i> , <i>Alchemilla vulgaris</i> agg.	Arten wie in Probefläche 4a	<i>Elyna myosuroides</i> , <i>Loiseleuria procumbens</i> , <i>Primula minima</i> , <i>Gentiana acaulis</i> , <i>Silene exscapa</i> , <i>Helianthemum alpestre</i> , <i>Thamnia vermicularis</i> , <i>Cetraria islandica</i> , <i>Cladonia rangiferina</i>	Arten wie in Probefläche 5a	<i>Loiseleuria procumbens</i> , <i>Primula minima</i> , <i>Avena versicolor</i> , <i>Elyna myosuroides</i> , <i>Cetraria islandica</i> , <i>Thamnia vermicularis</i> , <i>Cladonia rangiferina</i>
geschätzte mittlere Pflanzendeckung (%)	95	70	80	90	100	100	90	95	100
geschätzte mittlere Vegetationshöhe (cm)	30	7	20	30	5-10	15-20	7	10	5
Nutzung	beweidet	beweidet	beweidet	seit 1989 unbeweidet	beweidet	seit 1989 unbeweidet	beweidet	seit 1989 unbeweidet	seit 1989 unbeweidet

Tab.1: Beschreibung der untersuchten Probenflächen

Table 1: Description of the investigated plots

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
PF 1	24.8./30.8.	25.8./14.9.	20.8./3.9.	20.8./20.9.	16.8./4.9.	6.8./7.9.	---/---	---/---
PF 2	24.8./30.8.	25.8./14.9.	20.8./3.9.	20.8./20.9.	16.8./4.9.	6.8./7.9.	---/---	---/---
PF 3a	27.8./30.8.	28.8./14.9.	20.8./3.9.	20.8./20.9.	6.8./4.9.	6.8./7.9.	7.8./---	10.8./16.9.
PF 3b	27.8./30.8.	28.8./14.9.	20.8./3.9.	20.8./20.9.	6.8./4.9.	6.8./7.9.	7.8./---	10.8./16.9.
PF 4a	25.8./29.8.	28.8./31.8.	21.8./3.9.	19.8./20.9.	6.8./5.9.	6.8./8.10.	7.8./---	10.8./16.9.
PF 4b	25.8./29.8.	28.8./31.8.	21.8./3.9.	19.8./20.9.	6.8./5.9.	6.8./8.10.	7.8./---	10.8./16.9.
PF 5a	17.9./26.9.	28.8./17.9.	21.8./3.9.	19.8./20.9.	6.8./5.9.	6.8./8.10.	7.8./---	10.8./16.9.
PF 5b	---/---	31.8./17.9.	21.8./3.9.	19.8./20.9.	6.8./5.9.	6.8./8.10.	7.8./---	10.8./16.9.
PF 6	25.8./29.8.	27.8./31.8.	21.8./3.9.	19.8./20.9.	6.8./5.9.	6.8./8.10.	7.8./---	10.8./16.9.

Tab. 2: Zeitpunkte der einzelnen Probenahmen im Untersuchungsgebiet (PF = Probefläche)

Table 2: Census dates in the single plots (PF = study plot)

Um den Entwicklungsablauf alpiner Orthopteren besser einschätzen zu können, wurden die Probeflächen zweimal jährlich befangen. Die erste Probenahme erfolgte immer im August (Tab. 2) unter Berücksichtigung des potentiellen Populationshöhepunktes. Im Spätsommer oder Herbst erfolgte die zweite Aufnahme. Durch lange Schlechtwetterperioden wie z.B. 1995 verzögerte sich die zweite Aufnahme entsprechend, 1996 fiel sie sogar aus (Tab. 2). Die Kontrollen erfolgten nur an windstillen Schönwettertagen.

Als Bestandesgröße kamen generell die Individuenzahlen aus der August-Probenahme zur Wertung. Um einheitliche Vergleiche anstellen zu können, wurde für die Beschreibung und Analyse der Bestandesfluktuationen primär die Anzahl der Imagines berücksichtigt. Darüber hinaus gingen auch die Larvenzahlen in manche Analysen gesondert ein.

5.3 Witterung

Die Klimadaten für diese Untersuchung wurden freundlicherweise von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik - Landesstelle Salzburg und Oberösterreich - zur Verfügung gestellt. Sie stammen von der im Stubachtal (Hohe Tauern) gelegenen Wetterstation Rudolfshütte der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) in der Nationalpark- und Hochgebirgsforschungsstelle der Universität Salzburg. Diese liegt etwa 15 km Luftlinie weiter westlich vom eigentlichen Untersuchungsgebiet. Aufgrund dieser relativ kurzen Distanz zum Untersuchungsgebiet und der in etwa gleichen Höhenlage (2311 m) wurden die Klimadaten für die vorliegende Untersuchung als relevant betrachtet, da es dabei nur um den interannuellen Vergleich der Witterung, des Verlaufes der Schneeschmelze, etc. ging. Mit Hilfe dieser Klimadaten wurden mögliche Zusammenhänge zwischen Klimafaktoren und Populationsdichten mittels Spearman-Rangkorrelations-Koeffizient geprüft.

Da für die Larvalentwicklung der Heuschrecken der Zeitpunkt der Schneeschmelze wichtig ist, wurde dieser folgendermaßen ermittelt: Anhand von Ausaperungsfotos wurde die prozentuelle Schneebedeckung im Rasterverfahren festgestellt. Dabei war entscheidend ob an den Kreuzungspunkten des Rasters Schnee vorhanden war oder nicht. Pro Foto wurden 100-112 Punkte ausgezählt. Die Fotos wurden jährlich in der letzten Juniwoche (1991-1997) immer vom gleichen Standpunkt mit maximaler Übersicht über das Untersuchungsgebiet gemacht.

Fläche 4b: 1997 1996 1995 1994 1993 1992 1991 (1990)	1/1/3 1/-/- 1/-/-	-/-/ -/-/ 2/1/-	5 1 1	-/-/ -/-/ -/-/	1/-/ -/-/ -/-/	1 - - - - - - -	-/-/1 -/-/1 -/-/1 -/-/1 -/-/1 -/-/1 -/-/1 -/-/1	8/-/ 8/-/ 8/-/ 8/-/ 8/-/ 8/-/ 8/-/ 8/-/	1 - - - - - - -	- - - - - - - -	- - - - - - - -	- - - - - - - -	- - - - - - - -	- - - - - - - -	- - - - - - - -
Fläche 5a:* 1997 1996 1995 1994 1993 1992 1991 (1990)	6/4/5 - - - - - - -	-/-/ -/-/ -/-/ -/-/ -/-/ -/-/ -/-/ -	15 - - - - - - -	- - - - - - - -	- - - - - - - -	- - - - - - - -	-/-/10 6/4/5 12/11/4 8/6/- 4/2/- 8/6/- 6/3/10	10/4/- - 3/2/- 1/-/ -/-/ 6/4/- 8/9/-	10 15 27 14 6 14 19	- - - - - - - -	- - - - - - - -	- - - - - - - -	- - - - - - - -	- - - - - - - -	- - - - - - - -
Fläche 5b: 1997 1996 1995 1994 1993 1992 1991 (1990)	1/4/- 1/1/1 - - - - -	-/-/ -/-/ -/-/ -/-/ -/-/ -/-/ -/-/	5 3 - - - - -	-/-/ -/-/ -/-/ -/-/ -/-/ -/-/ -/-/	1/-/ -/-/ -/-/ -/-/ -/-/ -/-/ -/-/	1 - - - - - -	-/-/13 5/4/1 10/3/2 11/5/- 5/3/- 7/1/- 4/3/13	12/5/- - 2/1/- -/-/ 3/2/- 5/3/- 15/5/-	13 10 15 17 8 8 20 (5)	- - - - - - -	- - - - - - -	- - - - - - -	- - - - - - -	- - - - - - -	- - - - - - -
Fläche 6: 1997 1996 1995 1994 1993 1992 1991 (1990)	1/-/6 8/8/41 5/3/22 50/46/22 13/3/1 10/9/2 -/-/3	6/4/1 - 1/1/- 18/19/- 2/3/- 10/8/- 1/1/1	7 57 30 118 7 21 3 (15)	- - - - - - -	- - - - - - -	- - - - - - -	- - - - - - -	- - - - - - -	- - - - - - -	5/1/12 12/6/4 10/2/12 26/18/8 7/3/1 6/3/- 2/1/10	3/2/- - 3/1/- 6/4/- 3/1/- 5/5/- 6/5/-	18 22 24 52 11 9 13 (10)	- - - - - - -	- - - - - - -	- - - - - - -

Tab. 3: Ergebnisse der quantitativen Bestandsaufnahmen im Sonderschutzgebiet. Alle Dichteangaben: Individuen/100 m². Einzelfänge: 1 = erste Kontrolle, 2 = zweite Kontrolle, m = Männchen, w = Weibchen, L = Larve, * = Fläche wird derzeit noch beweidet, G = Gesamtdichte der 1. Kontrolle

Table 3: Results of the census in the special protected area. All densities are given as individuals/100 m². Single samples: 1 = first control, 2 = second control, m = male, w = female, L = larvae, * = plot still grazed, G = total density of the first control

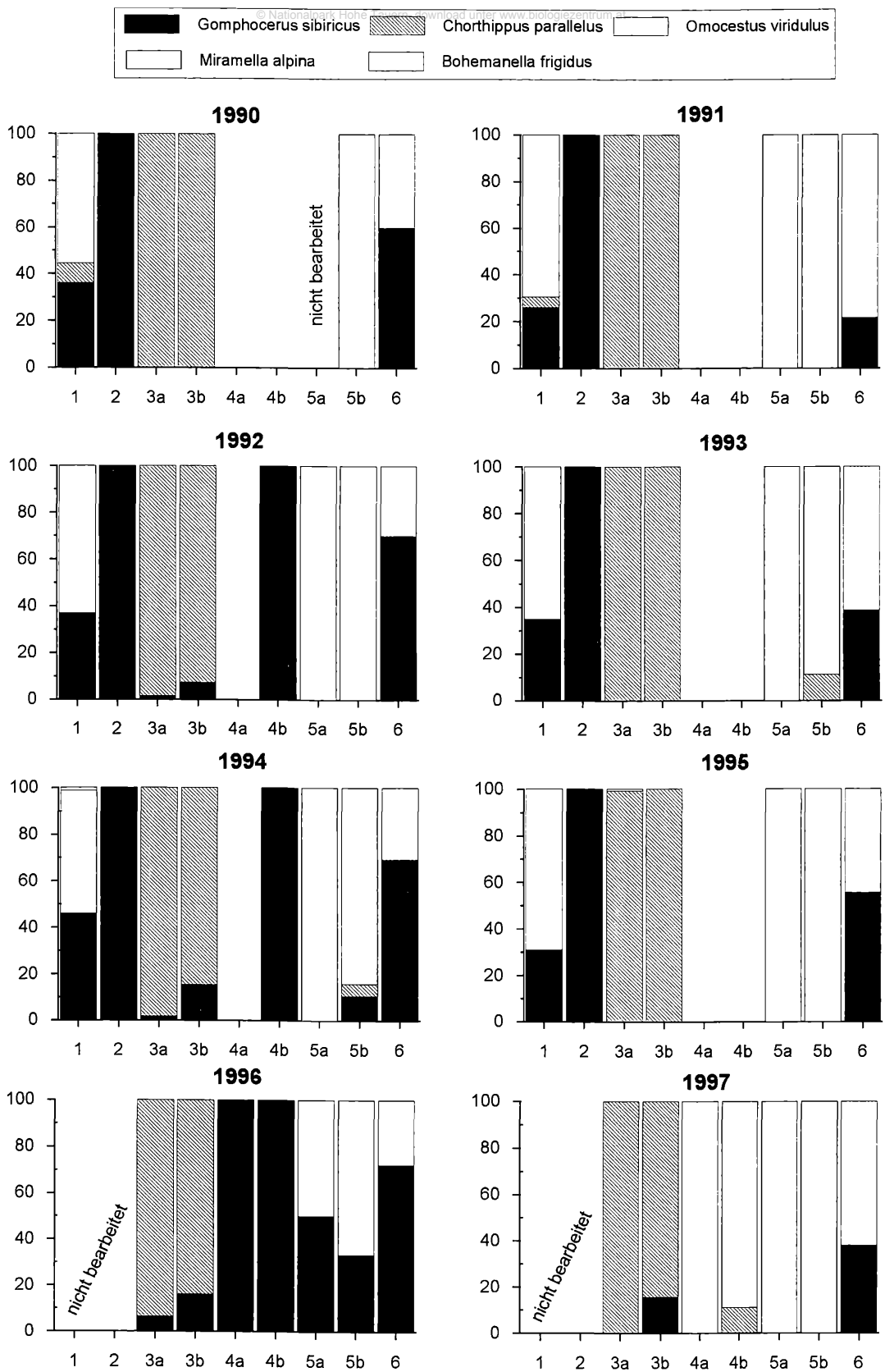


Abb. 1: Prozentuelle Anteile der Arten von 1990 bis 1997 auf den einzelnen Probestellen. Ordinate: Dominanzprozente, Abszisse: 1-6 Untersuchungsflächen (siehe Tab. 1)

Fig. 1: Percentages of the different species in the single plots from 1990 to 1997. Ordinate: dominance position in %, abszissa: 1-6 study plots (see Table 1)

6.1 Struktur der Heuschreckengemeinschaften

Auf den 9 Probeflächen des Sonderschutzgebietes Piffkar wurden fünf Acrididenarten festgestellt: *Miramebella alpina*, *Bohemanella frigida*, *Omocestus viridulus*, *Gomphoceris sibiricus* und *Chorthippus parallelus* (Abb. 1 und 4, Tab. 3). Von 1990 bis 1997 hat sich dieses Artenspektrum insgesamt nicht geändert.

Wie schon in ILLICH 1993 dargestellt, ist die Verteilung der einzelnen Arten relativ standortspezifisch. Daraus ergeben sich in den einzelnen Probeflächen unterschiedliche Artenzahlen und Abundanzen.

Insgesamt konnten pro Fläche zwischen null und vier Arten (Abb. 1) und zwischen null und 140 Imagines/100 m² (170 Imagines und Larven) festgestellt werden (Tab. 3, Abb. 4). Die Flächen 1 und 6 waren mit durchschnittlich drei bzw. zwei Arten am „artenreichsten“, die Fläche 4a bis 1996 als einzige Fläche heuschreckenleer (Abb. 1 und 2). Daraus ist die allgemeine Artenarmut der alpinen Heuschreckengemeinschaft ersichtlich.

Die mittlere Individuenzahl der Imagines reichte auf den Flächen 1, 2, 3a und 6 von 32 bis 42 Individuen/100 m² (Abb. 2).

In Abb. 1 ist die Dominanzstruktur, der prozentuelle Anteil der Arten in der Gemeinschaft auf den einzelnen Probeflächen dargestellt. Es zeigt sich, daß von 1990 bis 1995 fünf der insgesamt neun, von 1996 bis 1997 drei der insgesamt sieben Flächen immer von der gleichen Art dominiert wurden. Auf den Flächen 1, 6 und 1996 auch auf 5a schwankten die Dominanzverhältnisse leicht. Wie schon angesprochen, war 4a als einzige Fläche bis auf zwei Untersuchungsjahre heuschreckenleer. Auch die Parallelfläche 4b war bis auf vier Jahre ebenfalls heuschreckenleer.

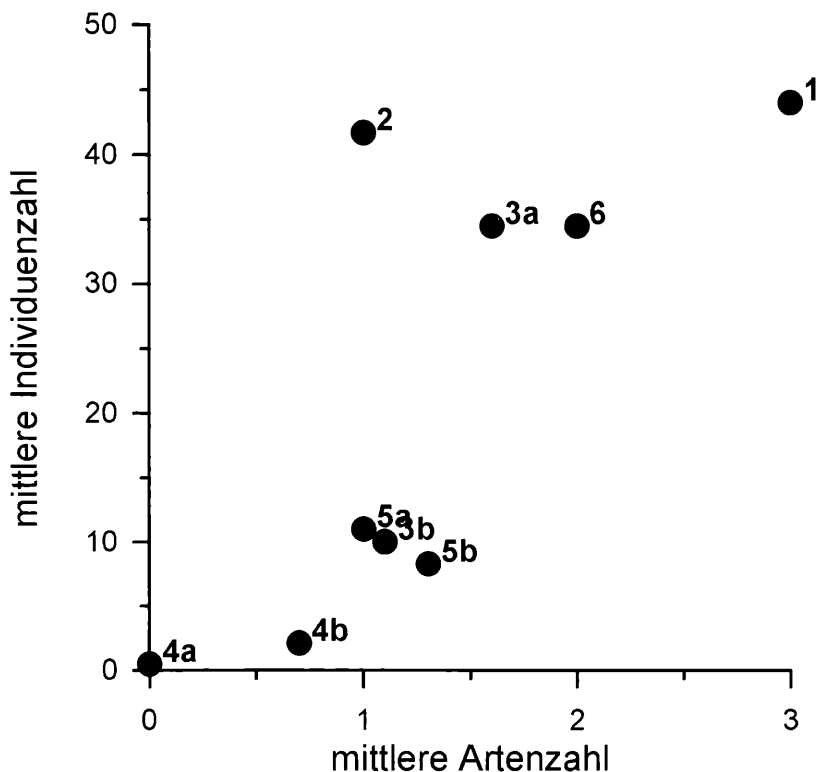


Abb. 2: Mittlere Individuendichte (Imagines, Individuen/100 m²) und mittlere Artenzahl der Heuschrecken von 1990 bis 1997 auf den Probeflächen; 1-6 Untersuchungsflächen (siehe Tab. 1)

Fig. 2: Mean densities (imagines, individuals/100 m²) and mean species numbers of grasshoppers in the single plots from 1990 to 1997; 1-6 study plots (see table 1)

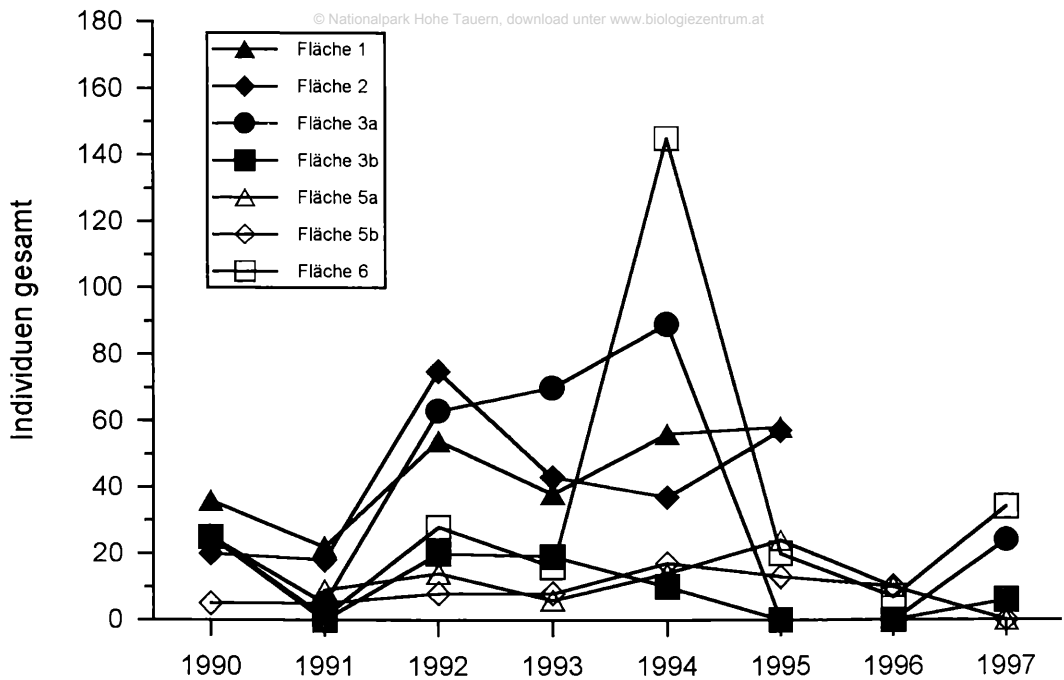


Abb. 3: Gesamtabundanzen aller Arten (Imagines) von 1990 bis 1995 bzw. 1990 bis 1997 auf den Probeflächen (Ordinate: Individuen/100 m²)

Fig. 3: Total densities of all species (imagines) in the single plots from 1990 to 1997 (ordinate: individuals/100 m²)

Abbildung 3 zeigt die zeitliche Variabilität der Gesamtabundanzen der Heuschrecken in den einzelnen Flächen. Daraus ist ersichtlich, daß zwischen den einzelnen Flächen sowohl nach den Amplituden als auch nach dem Verlauf der Abundanzschwankungen deutliche Unterschiede auftreten. Die Flächen 5a und 5b sowie 3b zeigten die geringsten, die Flächen 3a und 6 die stärksten interannuellen Veränderungen. In Fläche 6 veränderten sich die Gesamtabundanzen mit einer markanten „Populations-Explosion“ mit Steigerung der Gesamtdichte auf das etwa Neunfache der Imagines (Zehnfaches der Imagines und Larven) im Jahr 1994.

Die Flächen 1 und 5b ($r_s = 0,912$, $p < 0,01$, D.F. = 6) sowie 3a und 3b ($r_s = 0,736$, $p < 0,05$, D.F. = 7) zeigen ebenso wie die Flächen 5a und 5b ($r_s = 0,791$, $p < 0,05$, D.F. = 7) eine mehr oder weniger gleichläufige Zu- bzw. Abnahme der Gesamtabundanz und sind damit positiv korreliert.

Die unterschiedlichen Muster der Variabilität der Gesamtabundanzen in den verschiedenen Flächen sind aufgrund der standortspezifischen unterschiedlichen Artengarnituren vor allem auf die zum Teil deutlich unterschiedliche Populationsdynamik der jeweils dominanten Arten zurückzuführen. Dies wird aus den nachfolgenden Ausführungen ersichtlich.

6.2 Interannuelle Populationsdynamik der einzelnen Arten

Alle Arten zeigten mehr oder weniger ausgeprägte, signifikante Schwankungen der Individuendichten von 1990 bis 1997 (Chi²-Test auf Gleichverteilung). Diese waren jedoch von Art zu Art sowie auch bei einzelnen Arten von Fläche zu Fläche unterschiedlich stark.

Wie die Korrelationen zwischen Individuendichten und der Witterung (Niederschlag, Temperatur) zeigten, waren die Schwankungen zum Teil deutlich auf den Witterungsverlauf zurückzuführen.

In Abbildung 4 ist die Gesamtdichte der einzelnen Heuschrecken-Arten von 1990 bis 1997 auf allen Probeflächen dargestellt. Für *Gomphocerus sibiricus* und *Omocestus viridulus* werden die Ergebnisse nur bis 1995 gezeigt, da in den Jahren 1996 und 1997 nicht mehr alle Flächen beobachtet wurden.

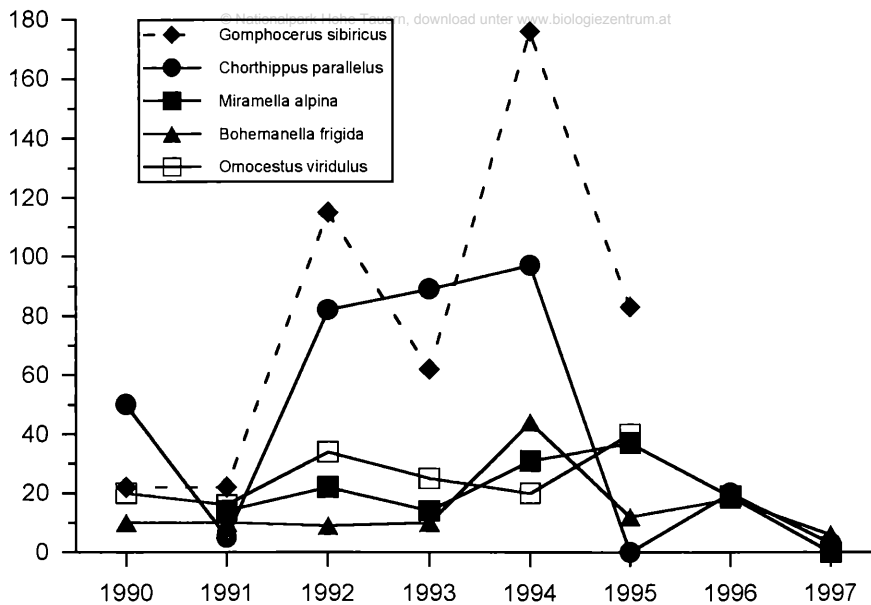


Abb. 4: Gesamtdichten der einzelnen Heuschreckenarten von 1990 bis 1997 (Ordinate: Individuen/900 m², Imagines)

Fig. 4: Total densities of the single grasshopper species from 1990 to 1997 (ordinate: individuals/900 m², imagines)

Miramella alpina

M. alpina war auf den Parallelfächen 5a und 5b von 1990 bis 1997 regelmäßig vertreten, auf Fläche 1 von 1991 bis 1994 nur marginal und 1997 erstmals auf 4a und 4b. Sowohl auf dem beweideten (5a) als auch auf dem unbeweideten Teil (5b) erreichte *M. alpina* ähnliche Dichten mit signifikanten, aber vergleichsweise geringen Populationschwankungen (Abb. 4 und 6, Tab. 3) ($\chi^2 = 61,3$, D.F. = 7, $p < 0,001$). Auf dem unbeweideten Teil schwankte innerhalb des siebenjährigen Untersuchungszeitraumes die Populationsdichte der Imagines um den Faktor 2,1 (Maximalzahl an Individuen/Minimalzahl) und jene der Imagines und Larven um 2,5. Auf dem beweideten Teil lagen die Schwankungen der Imagines mit dem Faktor 3,8 (4,5 bei Imagines und Larven) merklich höher.

Die Individuenzahl von *M. alpina* ist negativ mit der Niederschlagsmenge im Juli korreliert ($r_s = -0,873$, D.F. = 7, $p < 0,05$), und andererseits besteht ein positiver Zusammenhang zwischen Populationsgröße und der Juli-Mitteltemperatur ($r_s = 0,847$, D.F. = 7, $p < 0,05$) sowie der Maximaltemperatur im Juli ($r_s = 0,972$, D.F. = 7, $p < 0,001$).

Bohemanella frigida

B. frigida kam nur auf der höchstgelegenen Fläche 6 vor. Dort zeigte diese Art von 1990 bis 1993 mit 10-13 Individuen/100 m² sehr stabile Abundanzwerte. 1994 nahm jedoch die Dichte der Imagines mit 52 Individuen/100 m² von einem Jahr auf das andere etwa um das Vierfache zu (Fünffaches der Imagines und Larven) (Abb. 4 und 6). Parallel dazu war die Art weit über die Probefläche hinaus auch in anderen, bisher unbesiedelten Gebieten außerhalb der Probefläche verbreitet, allerdings nur in Höhen über 2400 m. Insgesamt zeigte diese Art einen positiven, jedoch nicht signifikanten Trend zum Populationsanstieg ($r_s = 0,671$, D.F. = 7, $p = 0,07$) und einen Schwankungsfaktor bei der Anzahl der Imagines von 14,6 (5,8 für Imagines und Larven).

Der starke Populationsanstieg von 1993 auf 1994 dürfte bei dieser Art auf den „Jahrhundertssommer“ 1994 zurückzuführen sein, was anhand der Korrelation zwischen der Individuenzahl dieser Art und der Witterung verdeutlicht wird. So lässt sich eine positive Korrelation zwischen der maximalen Lufttemperatur im Juni und der Populationsdichte feststellen ($r_s = 0,847$, D.F. = 7, $p < 0,05$).

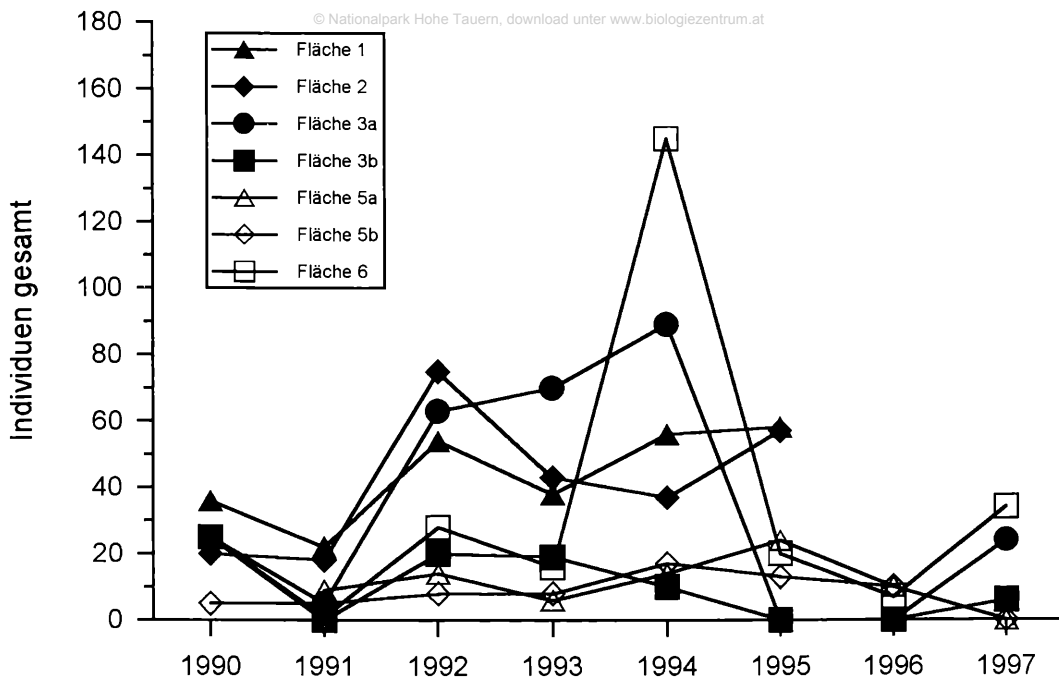


Abb. 3: Gesamtabundanz aller Arten (Imagines) von 1990 bis 1995 bzw. 1990 bis 1997 auf den Probeflächen (Ordinate: Individuen/100 m²)

Fig. 3: Total densities of all species (imagines) in the single plots from 1990 to 1997 (ordinate: individuals/100 m²)

Abbildung 3 zeigt die zeitliche Variabilität der Gesamtabundanz der Heuschrecken in den einzelnen Flächen. Daraus ist ersichtlich, daß zwischen den einzelnen Flächen sowohl nach den Amplituden als auch nach dem Verlauf der Abundanzschwankungen deutliche Unterschiede auftreten. Die Flächen 5a und 5b sowie 3b zeigten die geringsten, die Flächen 3a und 6 die stärksten interannuellen Veränderungen. In Fläche 6 veränderten sich die Gesamtabundanz mit einer markanten „Populations-Explosion“ mit Steigerung der Gesamtdichte auf das etwa Neunfache der Imagines (Zehnfaches der Imagines und Larven) im Jahr 1994.

Die Flächen 1 und 5b ($r_s = 0,912$, $p < 0,01$, D.F. = 6) sowie 3a und 3b ($r_s = 0,736$, $p < 0,05$, D.F. = 7) zeigen ebenso wie die Flächen 5a und 5b ($r_s = 0,791$, $p < 0,05$, D.F. = 7) eine mehr oder weniger gleichläufige Zu- bzw. Abnahme der Gesamtabundanz und sind damit positiv korreliert.

Die unterschiedlichen Muster der Variabilität der Gesamtabundanz in den verschiedenen Flächen sind aufgrund der standortspezifischen unterschiedlichen Artengarnituren vor allem auf die zum Teil deutlich unterschiedliche Populationsdynamik der jeweils dominanten Arten zurückzuführen. Dies wird aus den nachfolgenden Ausführungen ersichtlich.

6.2 Interannuelle Populationsdynamik der einzelnen Arten

Alle Arten zeigten mehr oder weniger ausgeprägte, signifikante Schwankungen der Individuendichten von 1990 bis 1997 (Chi²-Test auf Gleichverteilung). Diese waren jedoch von Art zu Art sowie auch bei einzelnen Arten von Fläche zu Fläche unterschiedlich stark.

Wie die Korrelationen zwischen Individuendichten und der Witterung (Niederschlag, Temperatur) zeigten, waren die Schwankungen zum Teil deutlich auf den Witterungsverlauf zurückzuführen.

In Abbildung 4 ist die Gesamtdichte der einzelnen Heuschrecken-Arten von 1990 bis 1997 auf allen Probeflächen dargestellt. Für *Gomphocerus sibiricus* und *Omocestus viridulus* werden die Ergebnisse nur bis 1995 gezeigt, da in den Jahren 1996 und 1997 nicht mehr alle Flächen beobachtet wurden.

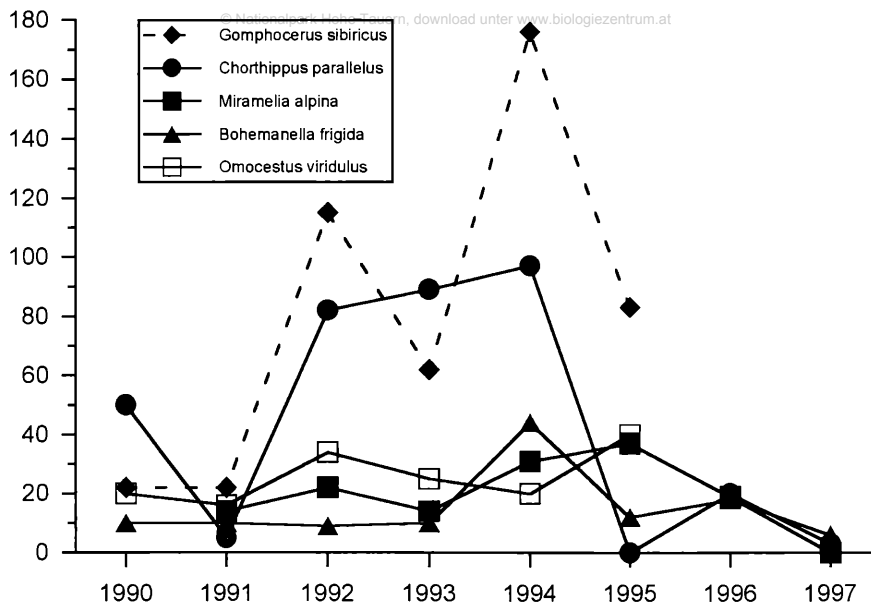


Abb. 4: Gesamtdichten der einzelnen Heuschreckenarten von 1990 bis 1997 (Ordinate: Individuen/900 m², Imagines)

Fig. 4: Total densities of the single grasshopper species from 1990 to 1997 (ordinate: individuals/900 m², imagines)

Miramella alpina

M. alpina war auf den Parallelfächen 5a und 5b von 1990 bis 1997 regelmäßig vertreten, auf Fläche 1 von 1991 bis 1994 nur marginal und 1997 erstmals auf 4a und 4b. Sowohl auf dem beweideten (5a) als auch auf dem unbeweideten Teil (5b) erreichte *M. alpina* ähnliche Dichten mit signifikanten, aber vergleichsweise geringen Populationsschwankungen (Abb. 4 und 6, Tab. 3) ($\chi^2 = 61,3$, D.F. = 7, $p < 0,001$). Auf dem unbeweideten Teil schwankte innerhalb des siebenjährigen Untersuchungszeitraumes die Populationsdichte der Imagines um den Faktor 2,1 (Maximalzahl an Individuen/Minimalzahl) und jene der Imagines und Larven um 2,5. Auf dem beweideten Teil lagen die Schwankungen der Imagines mit dem Faktor 3,8 (4,5 bei Imagines und Larven) merklich höher.

Die Individuenzahl von *M. alpina* ist negativ mit der Niederschlagsmenge im Juli korreliert ($r_s = -0,873$, D.F. = 7, $p < 0,05$), und andererseits besteht ein positiver Zusammenhang zwischen Populationsgröße und der Juli-Mitteltemperatur ($r_s = 0,847$, D.F. = 7, $p < 0,05$) sowie der Maximaltemperatur im Juli ($r_s = 0,972$, D.F. = 7, $p < 0,001$).

Bohemanella frigida

B. frigida kam nur auf der höchstgelegenen Fläche 6 vor. Dort zeigte diese Art von 1990 bis 1993 mit 10-13 Individuen/100 m² sehr stabile Abundanzwerte. 1994 nahm jedoch die Dichte der Imagines mit 52 Individuen/100 m² von einem Jahr auf das andere etwa um das Vierfache zu (Fünffaches der Imagines und Larven) (Abb. 4 und 6). Parallel dazu war die Art weit über die Probefläche hinaus auch in anderen, bisher unbesiedelten Gebieten außerhalb der Probefläche verbreitet, allerdings nur in Höhen über 2400 m. Insgesamt zeigte diese Art einen positiven, jedoch nicht signifikanten Trend zum Populationsanstieg ($r_s = 0,671$, D.F. = 7, $p = 0,07$) und einen Schwankungsfaktor bei der Anzahl der Imagines von 14,6 (5,8 für Imagines und Larven).

Der starke Populationsanstieg von 1993 auf 1994 dürfte bei dieser Art auf den „Jahrhundertsommer“ 1994 zurückzuführen sein, was anhand der Korrelation zwischen der Individuenzahl dieser Art und der Witterung verdeutlicht wird. So lässt sich eine positive Korrelation zwischen der maximalen Lufttemperatur im Juni und der Populationsdichte feststellen ($r_s = 0,847$, D.F. = 7, $p < 0,05$).

O. viridulus zeigte von 1990 bis 1995 zwar signifikante, aber vergleichsweise geringe Populationschwankungen (Abb. 4 und 6) ($\text{Chi}^2 = 28,75$, D.F. = 5, $p < 0,05$) und einen Schwankungsfaktor bei der Anzahl der Imagines von 2,4 (3,1 für Imagines und Larven). 1995 wurde mit 49 Individuen/100 m² die höchste Bestandesdichte erreicht. Parallel dazu trat *O. viridulus* in diesem Jahr auch erstmalig auf Probestfläche 3a auf.

Gomphocerus sibiricus

G. sibiricus zeigte signifikante Schwankungen, die im Vergleich mit den anderen Arten die größten Amplituden aufwiesen (Abb.4 und 6) ($\text{Chi}^2 = 304,4$, D.F. = 7, $p < 0,001$). Diese Fluktuationen waren jedoch auf den einzelnen Untersuchungsflächen unterschiedlich. So stieg auf der höchst gelegenen Fläche 6 (2450 m) die Dichte der Imagines von 1993 auf 1994 von 6 auf 96 Individuen/100 m² (von 7 auf 118 Larven und Imagines), also um das etwa 16 beziehungsweise 17-fache an. Auf Fläche 1 (1960 m) hingegen schwankte die Dichte der Imagines insgesamt zwischen 6 und 20 Individuen/100 m².

Deutliche Schwankungen, jedoch nicht so massiv wie auf Fläche 6, zeigte diese Art auf Fläche 2 (2000 m), wo sie von 1990 bis 1996 zwischen 18 und 75 Individuen/100 m² (Imagines) erreichte (Abb. 6, Tab. 3). Auf Fläche 6 wurde ein Schwankungsfaktor bei der Anzahl der Imagines von 96 (39,3 für Imagines und Larven) erreicht, auf Fläche 2 betrug der Faktor 4,2 (Imagines sowie Larven und Imagines) und auf Fläche 1 schwankte die Anzahl um den Faktor 3,3 (Imagines, 3,6 für Imagines und Larven)

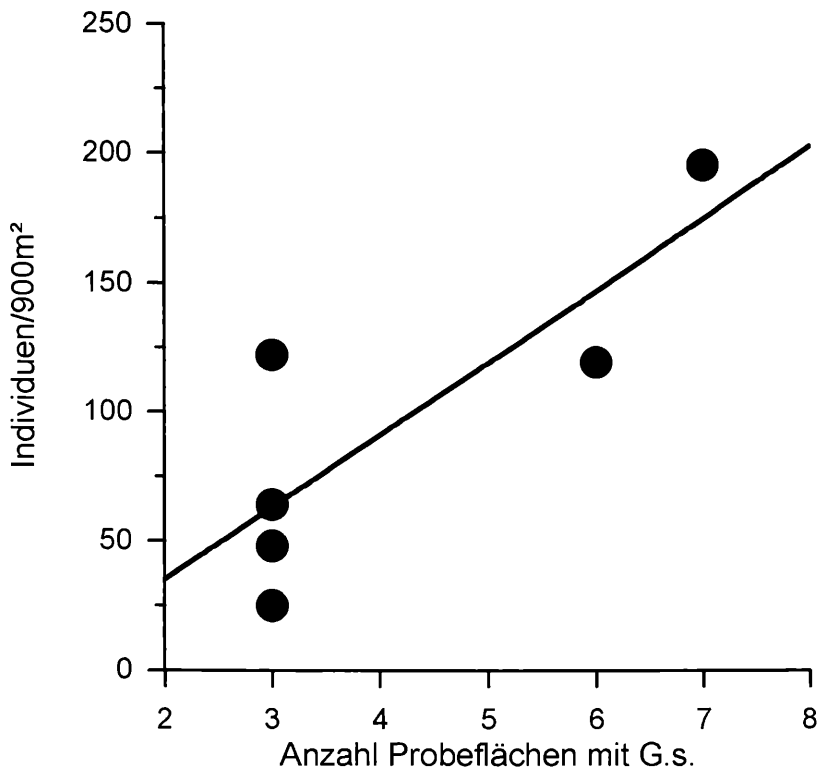


Abb. 5: Korrelation zwischen der Gesamtdichte von *Gomphocerus sibiricus* und der Anzahl von Probestflächen, die von dieser Art von 1990 bis 1995 besiedelt wurden

Fig. 5: Correlation of the total densities and the number of occupied plots in *Gomphocerus sibiricus* (1990 to 1995)

G. sibiricus zeigte nicht nur in den einzelnen Flächen zum Teil massive Dichteschwankungen, auch die flächige Verteilung dieser Art war im gesamten Untersuchungsgebiet variabel. Die Größe des von dieser

Art besiedelten Areals schwankte von Jahr zu Jahr. Die Anzahl der besiedelten Probeflächen stieg mit der Populationsdichte (Abb. 1 und 5, Tab. 3): Besiedelte sie 1990, 1991, 1993 und 1995 nur drei der insgesamt neun Untersuchungsflächen, so war sie 1992, 1994 und 1996 auf sieben Flächen anzutreffen. 1994 erreichte *G. sibiricus* auf den neun Probeflächen (900 m²) mit 158 Imagines (181 Imagines und Larven) die höchste Gesamtdichte aller Arten (Abb. 4).

Allgemein läßt sich eine negative Korrelation zwischen der Niederschlagsmenge im Juli und der Gesamtsumme festgestellter Individuen beobachten ($r_s = -0,731$, D.F. = 7, $p < 0,05$). Weiters zeigt sich auch ein signifikanter positiver Zusammenhang zwischen der maximalen Lufttemperatur im Juli und der Populationsgröße von *G. sibiricus* ($r_s = 0,898$, D.F. = 7, $p < 0,01$).

Die höchsten Abundanzen traten jeweils in Jahren mit relativ hohem (1992) bzw. dem höchsten Juli-Mittelwert der Lufttemperatur (1994) auf (Tab. 4, Abb. 4 und 6). So stieg 1992 in allen Flächen die Populationsdichte von *G. sibiricus* an, 1994, dem „Jahrhundertsommer“, auf Fläche 1 und 6, auf letzterer, wie schon oben erwähnt, um das 16-fache der Imagines (17-faches für Imagines und Larven) gegenüber dem Vorjahr. 1997 war die Dichte entsprechend der geringsten, von 1990 bis 1996 registrierten Sonnenscheindauer im Juli entsprechend niedrig (Tab. 4, Abb. 4 und 6).

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Juni								
mittlere Lufttemperatur (°C)	4,3	3,6	4,8	3,8	5,3	2,9	7,3	4,8
Niederschlagssumme (mm)	310	310	221	377	259	410	222	279
Sonnenscheindauer (h)	145	152	150	153	145	95	194	126
Tage mit Schneefall (-decke)	5(24)	5(30)	1(20)	4(11)	5(22)	5(30)	9(15)	1(7)
Juli								
mittlere Lufttemperatur (°C)	7,4	8,2	8,6	5,3	10	9,6	6,6	5,5
Niederschlagssumme (mm)	358	445	240	418	169	151	240	377
Sonnenscheindauer (h)	215	180	197	135	193	133	151	104
Tage mit Schneefall (-decke)	2(6)	-(2)	-(2)	3(10)	-(-)	-(9)	5(6)	1(7)

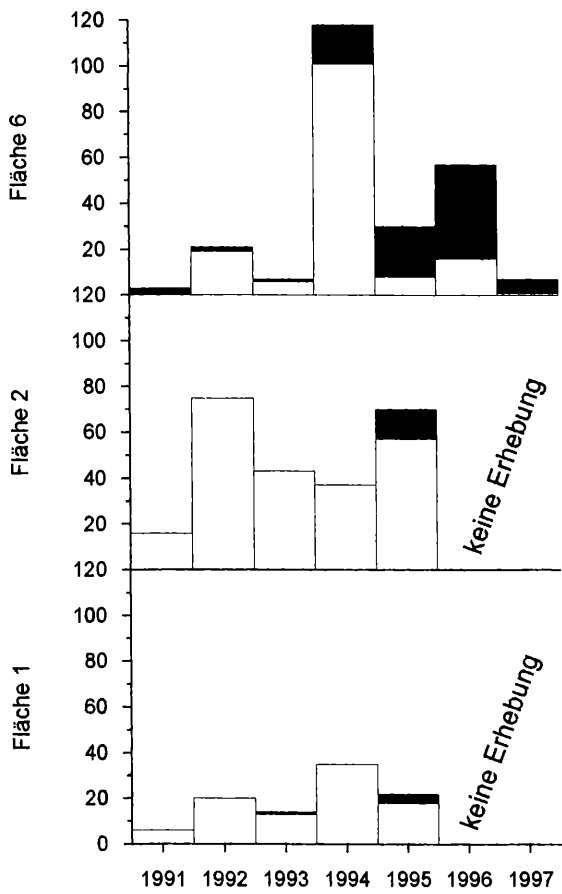
Tab. 4: Monats-Mittelwerte der Lufttemperatur (°C), Niederschlagssummen (mm), Sonnenscheindauer (h) und Tage mit Schneefall sowie Tage mit Schneedecke (); Juni und Juli 1990-1997. Quelle: Wetterstation Rudolfshütte der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) in der Nationalpark- und Hochgebirgsforschungsstelle der Universität Salzburg (Stubachtal, 2311 m)

Table 4: Monthly mean temperatures (°C), precipitation (mm), sunshine (h) and number of days with snowfall as well as snow cover (); June and July 1990-1997. Source: meteorological station Rudolfshütte (Stubachtal, 2311 m)

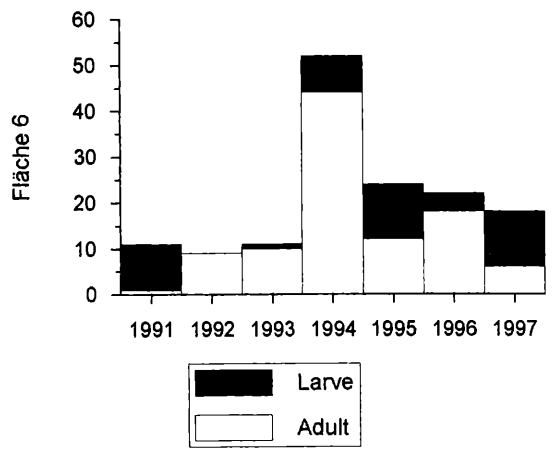
Chorthippus parallelus

C. parallelus hatte von 1990 bis 1997 den Vorkommensschwerpunkt auf den Parallelfächen 3a und 3b (Abb. 1, 4 und 6). Darüber hinaus kam diese Art in geringen Dichten auf Fläche 1 (1990/1991) und auf Fläche 5b (1994) vor. *C. parallelus* erreichte im Untersuchungsgebiet von 1992 bis 1994 eine hohe Individuendichte und zeigte bis zu diesem Zeitpunkt die höchste signifikante Zunahme ($r_s = 0,905$, D.F. = 7, $p < 0,01$). Auf dem beweideten Teil der Fläche 3 war bis 1996 ein konstanter Populationsanstieg vorhanden (Abb. 3 und 6). In den Jahren 1995-1997 dominierte jedoch jeweils zum Zeitpunkt der Probenahmen im August der Larvenanteil gegenüber den Imagines oder es waren ausschließlich Larven

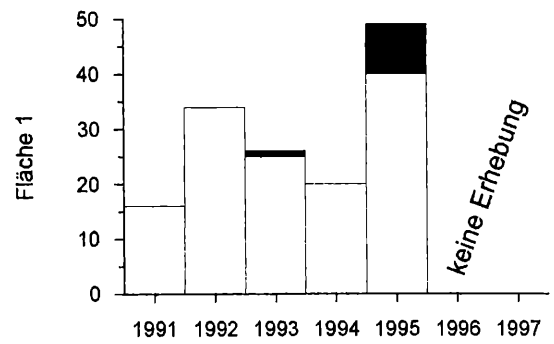
Gomphoceris sibiricus



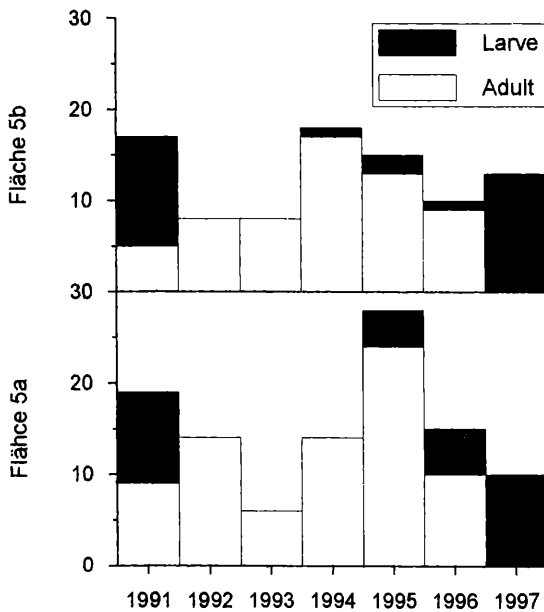
Bohemanella frigida



Omocestus viridulus



Miramella alpina



Chorthippus parallelus

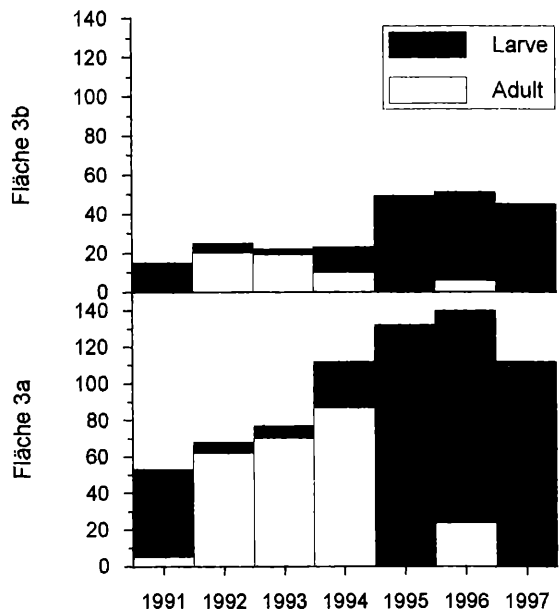


Abb. 6: Anteil von Larven (schwarze Säulen) und Imagines (weiße Säulen) zum Zeitpunkt der ersten Probenahme auf den einzelnen Untersuchungsflächen (Ordinate: Individuen/100 m²)

Fig. 6: Percentages of larvae (black bars) and imagines (white bars) in the first controls of the single plots (ordinate: individuals/100 m²)

vorhanden (Abb. 6). Je mehr Tage mit Regen im Juli vorkamen ($r_s = 0,757$, D.F. = 7, $p < 0,05$), umso größer war die Anzahl von *C. parallelus*-Larven.

Zeigte diese Art auf dem beweideten Teil der Fläche einen Gesamtschwankungsfaktor von 4 (17 nur für Imagines), so lag dieser auf dem unbeweideten Teil bei 3 (7 nur für Imagines).

6.3 Larvalentwicklung und Witterung

Aufgrund der extrem kurzen Vegetationsperiode von (Juni) Juli bis Oktober bleibt den alpinen Orthopteren vom Schlüpfen der Larven bis zur Eiablage sehr wenig Zeit, um ihren Entwicklungszyklus mit einer erfolgreichen Reproduktion abzuschließen. Das Schlüpfen der Larven erfolgt unmittelbar nach der Schneeschmelze mit dem Austreiben der Vegetation. Der Zeitpunkt der Schneeschmelze ist unter anderem von der Höhenlage abhängig. So erfolgte auf den tiefer gelegenen Flächen 1 und 2 die Schneeschmelze wesentlich früher als auf den höher gelegenen Flächen. Dementsprechend schlüpften offenbar in den tiefergelegenen Flächen die Larven früher beziehungsweise setzte die Entwicklung eher ein, sodaß beispielsweise am 6. August 1995 in Fläche 1 (1960 m Höhe) bereits 82 % der erfaßten Individuen Imagines waren, während deren Anteil in der rund 500 m höher gelegenen Fläche 6 (2440 m) zu diesem Zeitpunkt erst 27 % betrug (Abb. 6).

Neben dieser höhenbedingten Verzögerung des Schlupfes war der Larvenanteil im August auch von der interannuellen Schwankung des Witterungsverlaufes abhängig. Hohe Larvenanteile und eine verzögerte Entwicklung der Heuschrecken traten einerseits in Jahren mit später Schneeschmelze und andererseits auch in Jahren mit durchschnittlicher oder früher Schneeschmelze, jedoch bei ungünstigen Witterungsverhältnissen im Juli, auf (Abb. 7, Tab. 4). So erfolgte 1991 und 1995 eine späte Ausaperung, sodaß Ende Juni noch über 50 % des Untersuchungsgebietes schneebedeckt waren und der Larvenanteil im August 1991 auf den Flächen 6, 3a und 3b noch 90-100 %, 1995 auf den gleichen Flächen 60-100 % betrug. Weiters war im Juli 1996 und 1997 eine durchschnittliche oder frühe Ausaperung erfolgt, wobei Ende Juni 5-25 % des Untersuchungsgebietes schneebedeckt waren. Der Juli 1991 war der regenreichste im Vergleichszeitraum, im Juli 1995 waren neben der späten Ausaperung noch insgesamt neun Tage mit einer Schneedecke im Untersuchungsgebiet zu verzeichnen. Der Juli in den Jahren 1996 und 1997 war kühl, außerdem wurde 1997 die geringste Sonnenscheindauer registriert, sodaß die Larvenanteile insgesamt in diesen Jahren am höchsten waren (Tab. 4, Abb. 7).

Der Witterungseinfluß auf die Larvalentwicklung wird besonders bei *Chorthippus parallelus* deutlich (Flächen 3a/b), wo im August der Jahre 1995-1997 noch 80-100 % Larven vorhanden waren (Abb. 6). Diese Art schlüpft im Vergleich zu den übrigen Arten im Untersuchungsgebiet bis zu zwei Wochen später. Bei *Bohemanella frigida*, *Miramella alpina* und *Gomphocerus sibiricus* (Flächen 6, 5a/b) waren die Larvenanteile in den Jahren 1991 und 1995-1997 zwar auch höher als in den übrigen Jahren, jedoch war 1995 und 1996 diese Reaktion nicht so deutlich (Abb. 6).

6.4 Einfluß der Beweidung

Von den insgesamt drei untersuchten Doppelflächen mit je einem beweideten und einem seit 1989 unbeweideten Teil zeigten sich auf zwei Doppelflächen keine markanten Unterschiede in der Besiedlung durch Heuschrecken: Der beweidete Teil der Fläche 4 war von 1990 bis 1995 heuschreckenleer. 1996 trat erstmals *Gomphocerus sibiricus* und 1997 *Miramella alpina* auf. Auf dem unbeweideten Teil wanderte 1992, 1994 und 1996 vereinzelt *G. sibiricus* ein. In diesen Jahren erreichte *G. sibiricus* generell hohe Dichten im Untersuchungsgebiet. 1997 trat erstmalig *M. alpina* auf dieser Fläche auf (Abb. 1, 3, 4 und 6, Tab. 3).

Auf der Doppelfläche 5a/b, die von 1990 bis 1997 von *M. alpina* dominiert wurde (Abb. 1 und 3), zeigte sich zwischen dem beweideten und unbeweideten Teil kein signifikanter Unterschied in der Gesamt-abundanz ($t = 1,246$, D.F. = 6, n.s.). 1991, 1993, 1994 und 1997 waren die Dichten auf beiden Flächen annähernd gleich, 1992, 1995 und 1996 wurden auf dem beweideten Teil mehr Individuen gezählt.

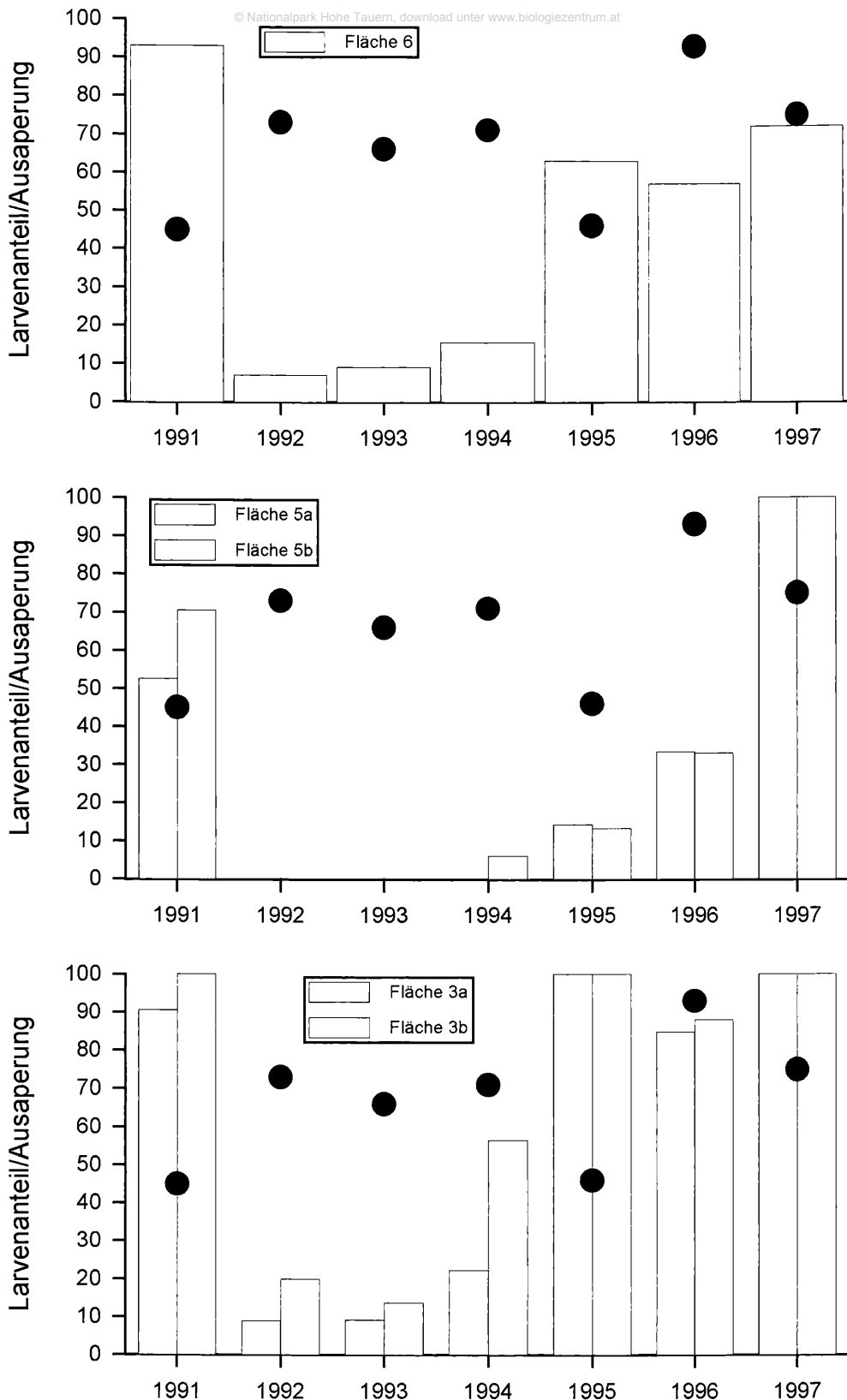


Abb. 7: Larvenanteil (Säulen) auf den Flächen 3, 5 und 6 und die prozentuelle Schneebedeckung (Punkte) im Untersuchungsgebiet von 1990 bis 1997 (Ordinate: Individuen/100 m² bzw. mittlere Schneebedeckung in %)

Fig. 7: Percentages of larvae (bars) in the plots 3, 5, and 6 and percentages of snow cover (dots) in the investigation area from 1990 to 1997 (ordinate: individuals/100 m² and mean percentage of snow cover respectively)

Die Doppelfläche 3 wies den deutlichsten Unterschied zwischen dem beweideten und unbeweideten Teil auf (Abb. 3, Tab. 3). Die dominante Art *Chorthippus parallelus* zeigte auf dem beweideten Teil eine signifikant höhere Gesamtabundanz als auf dem unbeweideten Teil ($t = 4,8555$, D.F. = 7, $p < 0,01$). Auch in der Phänologie bzw. Larvalentwicklung waren auffällige Unterschiede vorhanden (Abb. 6). Die Postembryonalentwicklung ging auf dem beweideten Teil offensichtlich rascher voran als auf dem unbeweideten. So zeigten die Probenahmen im August auf der unbeweideten Fläche immer höhere Larvenbestände als auf der beweideten Fläche: 1994 auf 3a 22 % und auf 3b 57 %, 1995 auf 3a 83 % und auf 3b 95 %. Auch die Vegetationshöhe war im unbeweideten Teil signifikant höher als auf dem beweideten Teil (SLOTTA-BACHMAYR et al. 1999).

7 Diskussion

7.1 Dichteschwankungen bei Heuschrecken

Die alpine Heuschreckengemeinschaft zeigte in der vorliegenden achtjährigen Untersuchung eine weitgehend stabile, standortspezifische Artenzusammensetzung. Die Abundanzen der beteiligten Arten schwankten hingegen zum Teil ganz beträchtlich, wobei die Dynamik von Art zu Art und auch räumlich zum Teil unterschiedlich ausgeprägt war.

Die Tatsache, daß Heuschrecken-Populationen von Jahr zu Jahr mehr oder weniger starken Schwankungen unterworfen sind, ist seit längerem bekannt. Während in tropischen oder ariden Gebieten diese Fluktuationen sogar zu regelrechten „Heuschrecken-Plagen“ ausufern können und daher einigermaßen gut untersucht sind, ist die Kenntnis über die Populationsdynamik in gemäßigten Breiten und Hochgebirgen deutlich geringer. Insbesondere aus Europa liegen noch vergleichsweise wenige mehrjährige Untersuchungen vor. Sie beschränken sich meist auf wenige Arten und umfassen nur vereinzelt Untersuchungen, die über drei bis vier Jahre hinausreichen (z.B. RICHARDS & WALOFF 1954, KÖHLER & BRODIUN 1987, BERGER 1988). Bis auf eine Untersuchung von STEVANOVIC (1961) fehlen abundanzdynamische Erhebungen von Heuschrecken in alpinen Bereichen Europas weitgehend. Bei Feldheuschrecken wurden Fluktuationen (ermittelt als Maximale Dichte/Minimale Dichte im Verlauf aller untersuchten Jahre) von etwa 2-10 festgestellt (KÖHLER & INGRISCH 1998). Die interannuellen Dichteunterschiede von *Chorthippus parallelus*, *Omocestus viridulus* und *Miramella alpina* liegen in diesem Bereich, die von *Bohemanella frigida* mit 14,6 (Imagines) etwas darüber.

Gomphocerus sibiricus, die häufigste und am weitesten verbreitete Art im Untersuchungsgebiet, zeigt die größten interannuellen Schwankungen aller dort vorkommenden Arten. Von 1990 bis 1997 betrug der Fluktuationfaktor der Imagines auf der höchst gelegenen Fläche 96,0, der der Larven und Imagines 39,3 und der für alle Flächen 118. Damit lag der Fluktuationfaktor wesentlich höher als der von STEVANOVIC (1961) für eine südeuropäische Population ermittelte Wert (8) innerhalb von drei Jahren.

7.2 Faktoren, die die Populationsschwankungen beeinflussen

7.2.1 Heuschrecken und Witterung

In gemäßigten Breiten gilt die Witterung als wichtigster Einflußkomplex auf die Populationsdynamik der Heuschrecken, und es scheint vor allem eine positive Korrelation zwischen trocken-heißen Bedingungen und hohen Heuschrecken-Abundanzen zu bestehen (JOERN & GAINES 1990, BRUCKHAUS & DETZEL 1997, KÖHLER & INGRISCH 1998). Hohe Temperaturen und lange Sonnenscheindauer beschleunigen die Entwicklung sowie die Reproduktion und verringern die Mortalität (BEGON 1988, BROWN 1983, INGRISCH 1978, WILLOTT & HASSALL 1998).

Bezeichnenderweise fiel die auffallendste Abundanzschwankung, der explosionsartige Populationsanstieg von *Gomphocerus sibiricus* und *Bohemanella frigida* in der höchst gelegenen Fläche 6 in das Jahr 1994, in dem außergewöhnlich hohe Sommertemperaturen und geringe Niederschlagsmengen gemessen wurden („Jahrhundertssommer“, mit 10 °C der höchste Monats-Mittelwert der Lufttemperatur im Juli von 1990 bis 1997). Im Gegensatz dazu wurde 1997, einem Extremjahr mit schlechter Witterung, ein

generelles Abundanz-Tief erreicht (mit 5,5 °C der niedrigste Monats-Mittelwert der Lufttemperatur und die geringste Sonnenscheindauer im Juli von 1990 bis 1997).

Die Ergebnisse sind jedoch bei den einzelnen Arten und in den verschiedenen Flächen bzw. Höhenlagen unterschiedlich. Eine negative Korrelation zwischen Abundanz und Niederschlagsmenge im Juli ist bei den meisten Arten vorhanden.

7.2.2 Typische alpine Arten

Die alpinen Arten *Bohemanella frigida* und *Gomphocerus sibiricus* zeigen weitgehend parallele Fluktuationenmuster. Hohe Temperaturen und wenig Niederschlag wirken sich günstig auf die Populationsdichte dieser Arten aus. Die sprunghafte Vermehrung dieser beiden Arten, vor allem bei *G. sibiricus* im Jahr 1994, läßt auf „Gradationsarten“ schließen. Auch in Graubünden trat *G. sibiricus* in trockenwarmen Jahren massenhaft auf (NADIG 1931). Beide Arten sind Charakterarten der alpinen Grasheide der Hohen Tauern, wobei von *B. frigida* bis jetzt mit Ausnahme des Untersuchungsgebietes ausschließlich Vorkommen auf der Südabdachung der Hohen Tauern bekannt sind (ILLICH & WINDING 1998). Sowohl von *B. frigida* als auch von *G. sibiricus* werden Mikrohabitate mit einem deutlichen Anteil an offenem Rohboden, also sonnige Aufheizungsstandorte, bevorzugt (ILLICH & WINDING 1998).

Die Witterung wirkt vor allem auf die Larvenmortalität, die bei feucht-kühlen Bedingungen beträchtlich sein kann (PICKFORD 1960, 1966, DEMPSTER 1963). Da es 1994 nur in den höher gelegenen Teilen des Untersuchungsgebietes zur Massenvermehrung von *G. sibiricus* kam, ist anzunehmen, daß die Larvenmortalität in den tiefer gelegenen Bereichen höher oder aber auch die Schlupfrate geringer war als in der Alpinregion. Dafür dürften lokalklimatische Unterschiede verantwortlich sein. Massive Schlechtwettereinbrüche mit Schneefällen bis in die Tallagen im Mai und Juni 1994 wirkten sich auf die Heuschrecken der Hochlagen sicher wenig aus, da diese wegen der späteren Ausaperung erst Ende Juni, also nach den Schlechtwettereinbrüchen, schlüpften. STEVANOVIC 1961 stellte in Südeuropa bei Larven von *G. sibiricus* in feuchten Jahren eine Mortalitätsrate von bis zu 92 % fest.

Nicht nur die Larvalentwicklung ist von der Witterung abhängig, sondern auch die Eiproduktion. Bei tiefen Temperaturen ist die Fortpflanzung offensichtlich stark reduziert, wie zum Beispiel bei *B. frigida*, die bei weniger als 10 °C nur mehr einen Eikokon produziert, während sonst zwei bis vier Kokons abgelegt werden (INGRISCH 1995).

Obwohl die Embryonalentwicklung der im Untersuchungsgebiet vorkommenden Arten ausschließlich in den im Boden abgelegten Eiern erfolgt, kann es während dieser acht- bis zehnmonatigen Eiphasse vermutlich zu einer großen Mortalität kommen (KÖHLER & INGRISCH 1998). Gerade im Hochgebirge ist die Gefahr der Frosttrocknis in den äußerst schneearmen Wintermonaten, wie sie in den letzten Jahren in den Hohen Tauern vorkamen, erheblich. Fehlt die schützende Schneedecke, so können sich auf unter -20 °C absinkende Temperaturen negativ auf die Eier auswirken (RIEGERT 1967). Bei den Flächen der Hochlagen (Flächen 5 und 6), die mit *Loiseleuria procumbens* bewachsen sind, besteht bei Schneemangel die Gefahr des Freifegens der Vegetation durch Windverfrachtung des Schnees. Es ist jedoch noch unbekannt, wohin die alpinen Heuschrecken im Freiland ihre Eier legen und ob sie dabei günstige Standorte selektieren. In Ostsibirien betrug die durchschnittliche Eimortalität bei *G. sibiricus* 75-80% (UVAROV 1977).

Die Frage nach einem zwei- oder mehrjährigen Entwicklungszyklus bei boreo-subalpinen und arcto-alpinen Acrididen Europas blieb bis vor kurzem noch offen (CARRON 1996, INGRISCH 1995, NADIG 1986 und UVAROV 1977). Erst in jüngster Zeit konnte INGRISCH (1996) bei einigen alpinen Arten, unter anderem auch bei *B. frigida*, einen zweijährigen Entwicklungszyklus feststellen. Dieser wird allerdings nur dann vollzogen, wenn die Eiablage bei kühler Temperatur stattgefunden hat.

Im Gegensatz zu *B. frigida* hat *G. sibiricus* einen univoltinen Entwicklungszyklus, wie er bei den mitteleuropäischen Acrididen im allgemeinen üblich ist (INGRISCH 1996).

Miramella alpina, ein Charaktertier der subalpinen Stufe, reagiert mit anderen, bei weitem nicht so ausgeprägten Fluktuationismustern wie *B. frigida* und vor allem *G. sibiricus*. Wie die beiden alpinen Arten zeigt auch diese eine frühe, rasche Entwicklung und reagiert mit der Populationsdichte ebenfalls positiv auf wenig Niederschlag und hohe Temperaturen. Dennoch war ihre Dichte im heiß-trockenen Sommer 1994 im Vergleich mit den beiden alpinen Arten insgesamt niedriger als 1995, als der Juni feucht-kühl war und im Juli zeitweise Schneefälle einsetzten. Möglicherweise erklärt die Verbreitung und Mikrohabitatnutzung, die sich von *G. sibiricus* und *B. frigida* unterscheidet, diesen Umstand.

Im Unterschied zu *B. frigida*, die mit einer Ausnahme nur auf der Südseite der Hohen Tauern nachgewiesen wurde, ist *M. alpina* nur auf der Nordseite verbreitet, wo sie auch häufig nordexponierte Hänge besiedelt (ILLICH & WINDING 1998). Struktureiche Mikrohabitate mit Gräsern, Kräutern und Zwergsträuchern, also vergleichsweise eher feucht-kühle Habitate werden bevorzugt (ILLICH & WINDING 1998).

Ob *M. alpina*, die nach den vorliegenden Ergebnissen nicht zu Populationsexplosionen neigt, einen zweijährigen Entwicklungszyklus einschalten kann, ist bis jetzt noch nicht bekannt.

7.2.3 Arten tieferer Lagen mit alpinem Vorkommen

Die beiden nicht alpinen Arten im Untersuchungsgebiet *Omocestus viridulus* und *Chorthippus parallelus* sind in den Hohen Tauern weit verbreitet und kommen von den Talböden bis in Höhen über 2000 m vor (ILLICH & WINDING 1998). *C. parallelus* zeigte neben *G. sibiricus* die größten Populationsschwankungen, wobei nur in manchen Jahren eine hohe Individuendichte von Imagines erreicht wurde. In den feucht-kühlen Juni- bzw. Julimonaten der Jahre 1995-1997 dominierten die Larven.

Im Gegensatz zu *O. viridulus* und den alpinen Arten ist *C. parallelus* ein „Späentwickler“. Diese Art schlüpft bis zu drei Wochen später als die übrigen Arten. Da vom Schlüpfen der Larven bis zur Eiablage den alpinen Acrididen im allgemeinen etwa vier Monate verbleiben (vgl. NADIG 1986, INGRISCH 1995), kann ein später Larvenschlupf die zur Reproduktion zur Verfügung stehende Zeitspanne verkürzen. Daß es infolge des verspäteten Larvenschlupfes zu einer schnelleren Entwicklung kommt, ist eher auszuschließen (vgl. CARRON 1996).

Unter Umständen können daher in hochgelegenen Gebieten mehrere aufeinanderfolgende schlechte Jahre mit einer späten Ausaperung, extremen Witterungsbedingungen im Sommer und einem frühen Zuschneien im Herbst eine katastrophale Dezimierung von Heuschreckenpopulationen bewirken (vgl. NADIG 1986).

So senkte der relativ kühle und niederschlagsreiche August 1995 die Wachstumsrate von *C. parallelus* (vgl. MANI 1974) so stark ab, daß auch bei den zweiten Probenahmen am 7. September der Larvenanteil mit 83-95 % überwog. Dazu kommt eine hohe Larvenmortalität, die in feuchten Jahren bis 90 % erreichen kann (RICHARDS & WALOFF 1954).

Bei mehrjähriger, extrem schlechter Witterung ist höchstwahrscheinlich ein zweijähriger Entwicklungszyklus von Vorteil, um den Fortbestand der Population zu sichern.

C. parallelus soll die Potenz zu einer zweijährigen Eientwicklung besitzen (BRUCKHAUS 1992), was unter anderem den Fortbestand der Population nach dem kühl-feuchten September 1995 erklären könnte, in dem wahrscheinlich zumindest ein Teil der Population das Imaginalstadium nicht erreicht hat. Wie die Laborexperimente von BRUCKHAUS (1992) und VAN WINGERDEN et al. (1993) ergaben, können aus unmittelbar nach der Eiablage eingekühlten Eiern die Larven unter Umständen erst nach der zweiten Überwinterung schlüpfen. *C. parallelus* fand diese vergleichbar kühlen Voraussetzungen mit einer Durchschnittstemperatur von 1,6 °C und einer rund 20 Tage anhaltenden Schneedecke im September 1995 im Freiland vor, sodaß ein zweijähriger Entwicklungszyklus bei dieser an der oberen Verbreitungsgrenze vorkommenden Population nicht auszuschließen ist.

Denkbar wäre auch, daß aufgrund der Mikrohabitat-Variabilität bei der Eiablage immer ein Teil der Population einen zweijährigen Zyklus haben könnte, sodaß auch nach einem Jahr, in dem es wegen schlechter Witterung nicht zur Eiablage kam, die Larven aus Eiern von zwei Jahren davor schlüpfen. So

wäre es durchaus möglich, daß die Larven aus dem Jahr 1996 von Eiern stammen, die im günstigen Jahr 1994 abgelegt wurden.

7.3 Beweidung/Brache

Aufgrund der unterschiedlichen Vegetationszusammensetzung des Subalpin- und des Alpinbereiches sind bei der Brachlegung von Weideflächen auch unterschiedliche Auswirkungen auf die Vegetation und somit auf die Heuschreckengemeinschaften zu erwarten. Im Subalpinbereich ist mit einer mehr oder weniger langsamen Verbuschung und Wiederbewaldung zu rechnen. Nach den bisherigen Ergebnissen sind die Heuschrecken in den Hohen Tauern im Subalpinbereich stark an Weiderasen gebunden, reine Zwergstrauchbestände werden dort gemieden (ILLICH 1993, ILLICH & WINDING 1998). Somit dürften sich Verbuschung und Wiederbewaldung nachteilig auf die Heuschrecken auswirken.

Wie Messungen in den Flächen 3a und 3b (SLOTTA-BACHMAYR et al. 1999) und Befunde aus der Literatur (TAPPEINER 1985, TAPPEINER & CERNUSCA 1989) zeigen, wird in subalpinen Weiderasen die Vegetation nach der Brachlegung höher und es fällt auch mehr Nekromasse an.

Durch diese Veränderung in der Vegetationsstruktur ergibt sich auch eine Änderung im Mikroklima, was wiederum den Entwicklungsverlauf der Heuschrecken beeinflussen kann. So verlief die Postembryonalentwicklung, die laut VAN WINGERDEN et al. (1991b) stark temperaturabhängig ist, auf dem beweideten Teil der Fläche 3 offensichtlich rascher ab als auf dem unbeweideten Teil (vgl. Kap. 6.4). Zunehmende Vegetationshöhe und -dichte führen zu niedrigeren Umgebungstemperaturen der Eikokons und daher auch zu einem verspäteten Schlupf (VAN WINGERDEN et al. 1991b). In karg bewachsenen, kurzrasigen Bereichen heizt sich bei Sonneneinstrahlung der Boden mehr auf, als auf Standorten mit höherer, dichter Vegetation (TAPPEINER 1985).

Eine strukturbedingte stärkere Aufheizung im beweideten Teil könnte daher eine raschere Larvalentwicklung und somit kürzere Entwicklungszeiten als in langgrasigen Bereichen zur Folge haben (vgl. ILLICH & HASLETT 1994).

Möglicherweise profitiert die im Vergleich zu den anderen Arten relativ spät schlüpfende Art *Chorthippus parallelus*, die hier „suboptimale“ alpine Verhältnisse vorfindet, von einer weidebedingten Veränderung des bodennahen Mikroklimas.

Auch für *Gomphocerus sibiricus* dürfte sich die Auffassung der Beweidung, vor allem im unteren Alpinbereich, negativ auswirken. So verschwanden außerhalb der Probeflächen in einem großflächig nicht mehr beweideten Areal die durch Viehtritt geschaffenen offenen Stellen mit lückigem Vegetationsmuster. *G. sibiricus* hält sich bevorzugt in Mikrohabitaten mit einem deutlichen Rohbodenanteil auf, welcher bei Besonnung hohe Oberflächentemperaturen erreichen kann (ILLICH & WINDING 1998).

Bei hohen Abundanzwerten wie in den Südalpen hat hingegen die Beweidung zu einem drastischen Rückgang von *G. sibiricus* geführt (GUEGUEN-GENEST & GUEGUEN 1987). Durch starke Beweidung kann es zu allgemeinen Bestandesrückgängen kommen, besonders bei Arten, die an höhere Vegetationsstrukturen gebunden sind (VOISIN 1986). In tieferen Gebirgsregionen der Südalpen nahm die Heuschreckendichte nach der Brachlegung zu (ISERN-VALLVERDU & PEDROCCHI 1994).

Durch intensive Beweidung werden die Futterpflanzen und zugleich die schützende Vegetation dezimiert, was sich vor allem für die Larven nachteilig auswirkt (VAN WINGERDEN et al. 1991a).

Wie die divergierenden Befunde zeigen, dürfte bei der Beurteilung der Auswirkungen der Beweidung vor allem der Beweidungsintensität, der Höhenlage aber auch der Art der Beweidung (Rinder, Schafe) große Bedeutung zukommen.

Die in der subalpinen und alpinen Weidelandschaft des Untersuchungsgebietes vorkommenden Arten dürften jedoch aufgrund der oben angeführten Befunde von der Beweidung profitieren.

7.4 Heuschrecken-Monitoring im Hochgebirge - methodische Anmerkungen

Wie die zum Teil großen interannuellen Populationsschwankungen zeigten, ist es bei populationsdynamischen Untersuchungen von Heuschrecken wichtig, wenn die Probenahmen jährlich und nicht in Zwei- oder Mehrjahresabstand durchgeführt werden. Nach einem Jahr mit extrem hoher Heuschreckendichte kann im darauffolgenden Jahr ein markanter Populationsrückgang erfolgen.

Weiters bewährte sich in dieser Studie der Ansatz mit zwei Probenahmen innerhalb eines Jahres. Einerseits erhält man aus zwei Probenahmen mehr Daten über den Entwicklungsablauf, andererseits kann eine Probenahme als Reserve bei den unsicheren, zum Teil extremen Witterungsverhältnissen im Hochgebirge angesehen werden. Aufgrund der erschwerten Arbeitsbedingungen, wie z.B. durch rasch aufziehende, heftige Gewitter, Nebel im weglassenen Gelände des Untersuchungsgebietes und Schneefälle im Sommer, werden oft längst fällige Probenahmen unmöglich.

Bei der vorliegenden Untersuchung lag der Schwerpunkt auf der Erhebung interannueller Schwankungen der Heuschreckenpopulation. Der Zeitpunkt der ersten Probenahme erfolgte daher unter Berücksichtigung des Populationshöhepunktes immer im August. Je nach Witterung und Ausaperung dominierten dabei auf den höher gelegenen Flächen 3, 5 und 6 entweder Larven oder Imagines. In den Jahren 1992-1994 überwogen die Imagines, 1995-1997 die Larven. Auf den tiefer gelegenen Untersuchungsflächen 1 und 2 waren von 1990-1995 fast ausschließlich Imagines vorhanden.

Für die jährlichen Bestandeserhebungen wäre ein Zeitpunkt mit annähernd gleichen äußeren Bedingungen optimal. Im Hochgebirge ist es jedoch aufgrund der extremen Witterungsverhältnisse nahezu unmöglich, einen bestimmten Zeitpunkt zu fixieren. Um festzustellen, innerhalb welchen Zeitraumes die Abweichung vom Populationshöhepunkt nicht allzu groß ist, wurde 1998 eine Kontrollprobenahme auf Fläche 3, die immer den höchsten Larvenanteil aufwies, durchgeführt. Dabei stellte sich heraus, daß sich innerhalb von 20 Tagen bei guten Witterungsverhältnissen der Larvenanteil ohne wesentliche Verluste zugunsten der Imagines verschob (8. August: 56 Individuen/100 m² davon 40 Larven und 16 Imagines, 28. August.: 52 Individuen/100 m² davon 9 Larven und 43 Imagines).

Zusammenfassend kann daher aus den bisherigen Erfahrungen gesagt werden, daß der Zeitpunkt der ersten Probenahme bei alpinen Dauerbeobachtungen in dieser Form immer im August liegen und dabei im interannuellen Vergleich möglichst nicht weiter als maximal 2-3 Wochen auseinander liegen soll.

Um die interannuellen Populationsschwankungen besser interpretieren zu können, sind Ausaperungsmuster und Wetterdaten aus dem jeweiligen Gebiet notwendig.

Wichtig ist auch die Größe der zu bearbeitenden Probefläche. Wie die vorliegende Untersuchung zeigte, sollte diese bei den vorherrschenden geringen Individuendichten mindestens 100 m² betragen. Im ersten Jahr der Untersuchung wurden nur 20 m² besammelt, was aufgrund der geringen Heuschreckendichten zu wenig war.

8 Dank

Wir danken der Salzburger Nationalparkverwaltung beziehungsweise dem Salzburger Nationalparkfonds für die finanzielle Unterstützung dieser Untersuchung. Für statistische Auswertungen und graphische Darstellungen danken wir Herrn Mag. Dr. Leopold SLOTTA-BACHMAYR, für botanische Beratungen Frau Mag. Barbara GRIEHSER. Weiters danken wir der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik Landesstelle Salzburg und Oberösterreich für das Überlassen der Klimadaten. Für vielfältige Hilfen und die kostenlose Benützung der Großglocknerstraße sowie der Hochalpinen Forschungsstation danken wir sehr herzlich der Großglockner-Hochalpenstraßen-AG, besonders Herrn Generaldirektor Dr. Christian HEU und Herrn Ing. Franz PILS, und nicht zuletzt der Landes-Landwirtschaftsschule Bruck/ Glocknerstraße, der Grundbesitzerin des Untersuchungsgebietes.

- BEGON, M. (1988): Grasshopper populations and weather: the effects of insolation on *Chorthippus brunneus*. *Ecological Entomology* 8: 361-370.
- BELOVSKY, G.E. & SLADE, J.B. (1995): Dynamics of two Montana grasshopper populations: relationships among weather, food abundance and intraspecific competition. - *Oecologia* 101: 383-396.
- BERGER, M. (1988): Mehrjährige ökologische Untersuchungen an einer Grashüpfer-Population (Orthoptera: Acrididae). - Inaugural-Dissertation, Philipps-Universität Marburg/Lahn, 157pp.
- BROWN, V.K. (1983): Grasshoppers. - *Naturalists Handbooks* 2, Cambridge University Press, London, 64pp.
- BRUCKHAUS, A. (1992): Ergebnisse zur Embryonalentwicklung bei Feldheuschrecken und ihre Bedeutung für den Biotop- und Artenschutz. - *Articulata*, Beiheft 2: 1-115.
- BRUCKHAUS, A. & DETZEL, P. (1997): Erfassung und Bewertung von Heuschreckenpopulationen. - *Naturschutz und Landschaftsplanung* 5: 138-145.
- CARRON, G. (1996): Do alpine Acridids have a shortened post-embryonic development? - *Articulata* 11(1): 49-72
- DEMPSTER, J.P. (1963): The population dynamics of grasshoppers and locusts. - *Biol. Rev.* 38: 490-529.
- FRANK, W. (1969): Geologie der Glocknergruppe. - In: BÜDEL, J. & GLASER, U. (Hrsg.): Neue Forschungen im Umkreis der Glocknergruppe. *Wissenschaftl. Alpenvereinshefte*, Deutscher Alpenverein, München, 21: 95-112.
- GUEGUEN-GENEST, M.C. & GUEGUEN, A. (1987): Effet du paturage ovin sur la dynamique de population du criquet de Sibirie *Gomphocerus sibiricus* Finot Orthoptère, acrididae dans une formation paturée d'altitude. - *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 304, Série III, n°17: 443-447.
- ILLICH, I.P. (1993): Heuschreckengemeinschaften (Orthoptera: Saltatoria) in alpinen und subalpinen Habitaten der Hohen Tauern: Quantitative Bestandsaufnahmen im Nationalpark-Sonderschutzgebiet Piffkar (Salzburg, Austria). - *Wiss. Mitt. Nationalpark Hohe Tauern* 1: 84-97.
- ILLICH, I.P. & HASLETT, J. (1994): Responses of assemblages of Orthoptera to management and use of ski slopes on upper sub-alpine meadows in the austrian alps. - *Oecologia* 97: 470-474.
- ILLICH, I.P. & WINDING, N. (1998): Die Heuschrecken (Orthoptera: Saltatoria) der Hohen Tauern: Verbreitung, Ökologie, Gemeinschaftsstruktur und Gefährdung. - *Wiss. Mitt. Nationalpark Hohe Tauern* 4: 57-158.
- INGRISCH, S. (1978): Laboratory and field investigations on the postembryonic development of some middle european Bush-crickets (Orthoptera: Tettigoniidae) with special reference to the influence of temperature and moisture. - *Zool. Anzeiger* 200: 309-320.
- INGRISCH, S. (1995): Phänologie und Abundanz der Heuschrecken in der alpinen Stufe am Muottas Muragl, Engadin (Orthoptera: Acrididae). - *Mitt. schw. ent. Ges.* 68: 7-22.
- INGRISCH, S. (1996): Fekundität und Entwicklung alpiner Feldheuschrecken (Orthoptera: Acrididae). *Mitt. Schweiz. Entomol. Ges.* 69: 441-455.
- ISERN-VALLVERDU, J. & PEDROCCHI, C. (1994): Effect of the abandonment of mountain pastures on the Orthoptera populations in the northwest of Spain. - *Articulata* 9(2): 15-23.
- JOERN, A. & GAINES, S.B. (1990): Population dynamics and regulation in grasshoppers. In: CHAPMAN, R.F. & JOERN, A. (Hrsg.): *Biology of grasshoppers*. John Wiley & Sons, New York et al., 563pp.
- KÖHLER, G. & BRODHUN, H.P. (1987): Untersuchungen zur Populationsdynamik zentraleuropäischer Feldheuschrecken (Orthoptera: Acrididae). - *Zool. Jb. Syst.* 114: 157-191.
- KÖHLER, G. & INGRISCH, S. (1998): Die Heuschrecken Mitteleuropas. - *Die Neue Brehm Bücherei* 629, Westarp Wissenschaften, Magdeburg, 460pp.
- MANI, M.S. (1974): *Fundamentals of high altitude biology*. - Oxford IBH Publishing Co., New Dehli, Bombay, Calcutta, 196pp.
- NADIG, A. (1931): Zur Orthopterenfauna Graubündens. - *Jber. naturf. Ges. Graubündens* 69: 83-149.
- NADIG, A. (1986): Ökologische Untersuchungen im Unterengadin. - *Ergebnisse wiss. Unters. im Schweiz. Nationalpark* 12: 103-167.

- PICKFORD, R. (1960): Survival, fecundity and population growth of *Melanoplus bilituratus* Wlk. (Orthoptera: Acrididae) in relation to date of hatching. - *Canad. Ent.* 92 (1): 1-10.
- PICKFORD, R. (1966): Development, survival and reproduction of *Camnula pellucida* (SCUDDER) (Orthoptera: Acrididae) in relation to climate conditions. - *Canad. Ent.* 98: 158-169.
- RICHARDS, O.W. & WALOFF, P.D. (1954): Studies on the biology and population dynamics of British grasshoppers. - *Anti-Locust Bull. London* 17: 1-182.
- RIEGERT, P.W. (1967): Association of subzero temperatures, snow cover and winter mortality of grasshopper eggs in Saskatchewan. - *Canad. Ent.* 99(7): 1000-1003.
- SLOTTA-BACHMAYR, L., LINDNER, R. & WINDING, N. (1999): Populationsveränderung und Einfluß der Beweidung auf Kleinsäuger in der Subalpin- und Alpinstufe im Sonderschutzgebiet Piffkar, Nationalpark Hohe Tauern. - *Wiss. Mitt. Nationalpark Hohe Tauern* 5: 113-126.
- STEVANOVIC, D. (1961): Ekologija i dinamika populacije *Aeropus sibiricus* L. na Kopaoniku. *Bio. Inst. N.R. Srbihe, Posebna Izdanja, Beograd* 8: 1-87.
- TAPPEINER, U. (1985): Bestandesstruktur, Mikroklima und Energiehaushalt einer naturnahen Almweide und einer begrüneten Skipistenplanierung im Gasteiner Tal (Hohe Tauern). - Inaugural-Dissertation, Universität Innsbruck.
- TAPPEINER, U. & CERNUSCA, A. (1989): Veränderung der Bestandesstruktur und der Lichtausnutzung nach dem Brachfallen einer Almweide. - In: *Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramms Hohe Tauern* 13: 531-547.
- UVAROV, B.P. (1977): Grasshoppers and locusts. A handbook of general Acridology. Vol. 2. - Centre for Overseas Pest Research, London, 613pp.
- VAN WINGERDEN, W.K.R.E., MUSTERS, J.C.M., KLEUKERS, R.M.J.C., BONGERS, W. & VAN BIEZEN, J.B. (1991a): The influence of cattle grazing intensity on grasshopper abundance (Orthoptera: Acrididae). *Proc. Exper. & Appl. Entomol.* 2: 28-34.
- VAN WINGERDEN, W.K.R.E., MUSTERS, J.C.M. & MAASKAMP, F.I.M. (1991b): The influence of temperature on the duration of egg development in West European grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). - *Oecologia* 87: 417-423.
- VAN WINGERDEN, W.K.R.E., BONGERS, W., CANNEMEIJER, F. & MUSTERS, J.C.M. (1993): Zum Einfluß der Temperatur auf den Jahreszyklus von *Chorthippus biguttulus* (Orthoptera: Acrididae) in gedüngten und schwach gedüngten Grasflächen. *Articulata* 8 (1): 61-75.
- VOISIN, J. F. (1986): Évolution des peuplements d'Orthoptères dans le Canton d'Aime (Savoie). - *Trav. sci. Parc nation. Vanoise* 15: 229-254.
- WILLIOT, S.J. & HASSALL, M. (1998): Life-history responses of British grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) to temperature change. - *Func. Ecol.* 12: 232-241.

Adresse der Autoren

Dr. Ingeborg P. Illich
Dr. Norbert Winding
Nationalparkinstitut Hohe Tauern
Hochalpine Forschungsstation
Haus der Natur
Museumsplatz 5
5020 Salzburg
Austria

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Nationalpark Hohe Tauern - Wissenschaftliche Mitteilungen Nationalpark Hohe Tauern](#)

Jahr/Year: 1999

Band/Volume: [5](#)

Autor(en)/Author(s): Illich Ingeborg Pauline, Winding Norbert

Artikel/Article: [Dynamik von Heuschrecken-Populationen \(Orthoptera: Saltatoria\) in subalpinen und alpinen Rasen des Nationalparks Hohe Tauern \(Österreichische Zentralalpen\) von 1990 bis 1997 63-85](#)