

## Populationsstudien am Gemeinen Grashüpfer, *Chorthippus parallelus* (Zetterstedt), entlang eines Höhengradienten im Mittleren Erzgebirge

Mit 9 Abbildungen und 8 Tabellen

GÜNTER KÖHLER

**Zusammenfassung:** Entlang eines klimatischen Höhengradienten im Mittelerzgebirge (250–1040 mNN) wurden 1993/94 auf 18 Wirtschaftswiesen insgesamt 1875 Individuen des Gemeinen Grashüpfers, *Chorthippus parallelus* (Zetterstedt), mittels Keschern erfasst und dessen Populationen nach Dichte, Phänologie, Formmorphen, Schrilhleiste (Männchen) und Parasitierung charakterisiert. Die insgesamt 12 Heuschrecken-Begleitarten kamen alle auch in höheren Lagen (>600 mNN) vor, während von 250–585 mNN nur 6 Arten auftraten. In einem Normaljahr (1993) blieb die Phänologie von *Ch. parallelus* in den Hochlagen um 1–2 Wochen zurück, während im sehr warmen Jahr 1994 die höhenbedingten Entwicklungsunterschiede schrumpften. Der Braunmorphen-Anteil betrug in niederen Lagen <10%, während er ab 500–600 mNN sprunghaft auf >30% anstieg, mit erheblichen jahrweisen Veränderungen in den Hochlagen. Die Schrilzläpfcenzahl (Männchen) variierte insgesamt beträchtlich von 72–120, und in den Populationen offenbar regellos mit Min-Max-Differenzen von 17–39 und Medianwerten von 86–98. Insgesamt waren nur 4,4% (1993) bzw. 2,6% (1994) aller Individuen parasitiert, mit gegenläufigen Höhentendenzen in aufeinanderfolgenden Jahren. Während Mermithidae häufiger in den (L4-)Nymphen vorkamen, fanden sich Sarcophagidae fast nur in Imagines.

**Abstract:** Along a climatic altitudinal gradient in the Central Erzgebirge (250–1040 m a.s.l.) in 1993/94 on 18 agricultural meadows a total of 1875 individuals of the Meadow Grasshopper, *Chorthippus parallelus* (Zetterstedt), were surveyed by sweep-net sampling and the populations characterized by density, phenology, colour morphs, peg number (males) and parasitization. The altogether 12 associate Orthoptera species all occurred in the higher sites (>600 m a.s.l.), whereas only 6 were found in the lower sites (250–585 m a.s.l.). In a normal year (1993) the phenology of *C. parallelus* retarded for 1–2 weeks in the upper sites, whereas in a very warm year (1994) the altitudinal developmental differences shranked. The number of stridulatory pegs varied in total from 71–120, and within the populations with min-max-differences of 17–39 and median values of 86–98 pegs, without any regularities in the altitudinal gradient. The percentages of the brown morphs amounted to <10% in lower sites and increased erratically to >30% from 500–600 m a.s.l., with considerable variations in the higher altitudes and there from one generation to the next. Only 4.4% (1993) resp. 2.6% (1994) of all individuals were parasitized, with opposed tendencies in successive years. Mermithidae mainly occurred in the fourth nymphal instar, Sarcophagidae dominated in adults.

### 1. Einleitung

Die Besiedlung der Nordabdachung des Erzgebirges durch Heuschrecken unterlag erdgeschichtlich-historischen wie adaptiv-ökologischen Voraussetzungen. Während sich ersteren aus der Kenntnis der Klima- und Landschaftsgeschichte nur hypothetisch genähert werden kann, lassen sich letztere zumindest unter den gegenwärtigen Bedingungen untersuchen. Die Umstände erscheinen zwar auf den ersten Blick insofern klar, als mit zunehmenden Rodungen und Siedlungsgründungen sowie der Gewinnung von Offenland erst die entsprechenden Lebensräume geschaffen wurden. Berücksichtigt man aber die lange und dichte Waldbedeckung bis ins 12. Jh., ergeben sich aufgrund der geringen Mobilität viele Arten solche Überlegungen, die zumindest in den höheren Lagen des Erzgebirges eine Heuschreckenbesiedlung weit vor der menschlichen Kolonisierung erwarten lassen (KÖHLER 2007). Dieses Problem dürfte letztlich nur durch populationsgenetische Untersuchungen zu klären sein, allerdings könnten auch ökologische Befunde den

einen oder anderen Aspekt erhellen. Aus evolutionsökologischer Sicht ist außerdem von Interesse, ob und inwieweit sich Heuschrecken den klimatischen Gegebenheiten in verschiedenen Höhen angepaßt haben. Für derlei Untersuchungen bedarf es einer häufigen, weitverbreiteten und gut erfassbaren Art, die im Gebiet (und weit darüber hinaus) der Gemeine Grashüpfer, *Chorthippus parallelus* (Zetterstedt), darstellt (SCHIEMENZ 1966, KLAUS 2003, KÖHLER 2007).

Im Rahmen eines fragmentarisch gebliebenen Forschungsprojektes wurden 1993 und 1994 Populationen von *Ch. parallelus* entlang eines Höhengradienten des Mittelerzgebirges von Frankenberg bis zum Fichtelberg untersucht. Hier erreicht die Nordabdachung mit 45 km nicht nur ihre größte Breite, sondern auch die größte Höhendifferenz von knapp 1000 m. Aus Gründen der artspezifischen Habitatbindung erfolgte eine Konzentration auf Wirtschaftswiesen mit vergleichsweise hohen Heuschreckendichten. Eine erste und ökofaunistische Auswertung, auch unter Berücksichtigung der Begleitarten, behandelt Dichte, Phänologie, Farbmorphen, Schrilzpäpfchenzahl (bei Männchen) sowie Parasitierung von *Ch. parallelus*.

## 2. Untersuchungsgebiet

### 2.1 Mittelerzgebirge

Das Erzgebirge erstreckt sich als eine ONO ausgerichtete Bruchstufe (in variszischer Streichrichtung) von 30–45 km Breite über eine Länge von 130 km. Während sie im Süden auf höchstens 5 km Breite aus dem nordböhmischen Graben – den Tälern der Eger (Ohře) im W und der Biela (Bílina) im O – abrupt um 600–700 m ansteigt, fällt sie von den Kammlagen nach N zu über 35–40 km allmählich als Pultscholle ab. Am Nordrand wechseln deutliche Stufenränder mit morphologisch ausgeglichenen Übergängen. Den Gebirgskamm bildet eine von Einzelbergen überragte wellige Hochfläche zwischen 800–1000 mNN, die stellenweise kilometerbreit sein kann.

Lokale Besonderheiten im Mittelerzgebirge sind basaltische Deckenreste eines tertiären Vulkanismus, die durch Reliefumkehr mit Bärenstein, Pöhlberg und Scheibenberg markante Massiven formen. Im unmittelbaren Untersuchungsgebiet entwässert das S–N-gerichtete Tälersystem der Zschopau und ihrer Nebenflüsse und -bäche in die Flöha. Landschaftsbestimmende Biotoptypen sind Mähwiesen, Rinderweiden, Äcker, Nadelwälder und kleinere Hochmoore (besonders in Kammlage). Die Kerbsohlentäler sind großenteils dicht besiedelt und in den oberen Gebirgslagen durch umgebende Halden und Bingen des zumeist historischen Erzbergbaus reliefiert (HANLE 1992, SCHNEIDER 1996).

### 2.2 Probeflächen

Die Erhebungen erfolgten im Naturraum „Mittleres Erzgebirge“ (BASTIAN 2003) zwischen Frankenberg und Oberwiesenthal auf einer Strecke von 55 km Luftlinie und weitgehend im heutigen Erzgebirgskreis. Hier wurden bei einer ersten Gebietsbefahrung Ende Juli/Anfang August 1993 zufällig einige Wirtschaftswiesen ausgewählt, die eine hohe Kescherfangdichte an *Ch. parallelus* aufwiesen. Davon sind letztlich 18 Probeflächen in einem Höhengradienten von 790 m zwischen 250–1040 mNN in die Untersuchungen einbezogen worden. Es handelte sich überwiegend um Frischwiesen und -weiden, die sich allerdings beträchtlich in Exposition (nach Marschkompass – meist SW–SO, aber auch NW) und Inklination (mit Pendelneigungsmesser – eben bis 25°) unterschieden. Dementsprechend bestimmten auch – je nach Orographie, Boden und landwirtschaftlicher Nutzung – verschiedene dominante Gräser und Kräuter den Phänologieaspekt (Tab. 1, vgl. Abb. 2–7).

### 2.3 Klimawerte

Ein Höhengradient ist in erster Linie klimatisch geprägt, wobei Heuschrecken in ihrer Phänologie und Adaptation bestimmten Klimaparametern folgen sollten. Nachfolgend wird auf Lufttemperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer eingegangen, wobei die für Heuschrecken wichtigen Monate Mai–Oktober genauer berücksichtigt sind.

Tabelle 1

Probeflächen entlang eines Höhengradienten im Mittel Erzgebirge. 1993 und 1994. Vgl. auch Abb. 2–7.

Höhe ü. NN	Ortslage	Habitat, Exposition, Inklination, Artenaspekt	MTBQ	HW	RW
250 m	Sachsenburg	Feucht-Frisch-Wiese, eben, <i>Lolium</i> , <i>Heracleum</i> , <i>Trifolium</i>	5044/3	564430	457282
260 m	Lichtenwalde	Frischwiese, eben	5144/1	563910	457150
380 m	Mühlbach	Fettwiese, hochgrasig, SSW, 3–5°, <i>Lolium</i> , <i>Dactylis</i> , <i>Taraxacum</i> , <i>Rumex</i>	5044/4	564160	457726
395 m	Willischtal	Frische Rinderweide, S, 10–12°, <i>Rumex</i>	5244/3	562078	457183
425 m	Weißbach	Frische Rinderweide, SSO, 10–12°	5244/3	562166	457236
495 m	Weißbach	Frische Rinderweide, SW, 5–6°, <i>Dactylis</i> , <i>Lolium</i> , <i>Heracleum</i>	5243/4	562222	457058
520 m	Gelenau	Fettwiesenrain, N–NW, 15°, <i>Festuca</i> , <i>Deschampsia</i> , <i>Meum</i>	5243/4	561946	456792
555 m	Dörfel	Frische Rinderweide, WSW, 9–11°	5443/2	560447	456719
585 m	Brünlas	Frische-feuchte Mähwiese / Rinderweide in Bachtal, SSW, eben, <i>Polygonum</i>	5443/1	560298	456508
665 m	Ehrenzipfel	Feuchtwiese an Bach, SSO, 26°, <i>Polygonum</i> , <i>Silene</i>	5543/1	559180	455914
735 m	Scheibenberg	Frische Rinderweide, gemäht, SSW, 5–6°	5443/4	560010	456534
765 m	Zweibach	Frische Mähwiese, teils schafbeweidet, SW, 16–20°, <i>Arrhenatherum</i> , <i>Dactylis</i> , <i>Poa</i>	5543/1	559086	456182
815 m	Bärenstein	Bergmähwiese, kurzrasig, S, 7°, <i>Taraxacum</i>	5444/3	559706	457252
845 m	Bärenstein	Liftschneise mit Hochstauden, SSO, 10–12°, <i>Festuca</i> , <i>Galium</i> , <i>Rubus</i> , <i>Acer</i>	5444/3	559732	457266
925 m	Oberwiesenthal	Trockene Bergmähwiese, SSW, 25°, <i>Geranium</i> , <i>Meum</i> , <i>Centaurea</i> , <i>Hypericum</i>	5543/4	558730	456868
930 m	Tellerhäuser	Frische Bergmähwiese, teils gemäht und rinderbeweidet, SSW, 12°, <i>Dactylis</i> , <i>Alopecurus</i> , <i>Poa</i>	5543/4	558938	456348
970 m	Oberwiesenthal	Frische Mähwiese, O, 16–20°	5543/4	558776	456860
1040 m	Oberwiesenthal	Frische Bergmähwiese, O–SO, 11–13°, <i>Festuca</i> , <i>Carex</i> , <i>Rumex</i>	5543/4	558748	456818

Das langjährige Mittel (1951–80) der Lufttemperatur liegt zwischen 7,5°C (Chemnitz) und 2,8°C (Fichtelberg). Auf dieser Strecke über 800 Höhenmeter nimmt die Lufttemperatur der Vegetationsperiode (Mai–Oktober) um 5,2°C ab, wie es auch in den Untersuchungsjahren 1993 und 1994 der Fall war. Rein rechnerisch ist dies eine Verringerung um 0,7°C pro 100 m. Für diese Monate war das Jahr 1993 um 0,1°C und 1994 um 1,0°C wärmer als das langjährige Mittel (Tab. 2).

Die Jahressumme der Niederschläge (1951–80) schwankt zwischen 726 mm (Chemnitz) und 1134 mm (Fichtelberg). Bezogen auf Mai–Oktober fallen auf dem Fichtelberg 153 mm mehr Niederschläge als in Chemnitz, was einer Zunahme von 20 mm je 100 Höhenmeter entspricht. Im Jahre 1993 war die Vegetationsperiode über alle vier Stationen etwas zu trocken (–9 mm), während 1994 etwa das langjährige Mittel (+1 mm) erreicht wurde (Tab. 2).

Die jährliche Sonnenscheindauer (1951–80) liegt bei 1556 h für Chemnitz und 1522 h für den Fichtelberg. In der Vegetationsperiode ist die Besonnung auf dem Fichtelberg um 8 h/Monat geringer als in Chemnitz, was 1 h/Monat weniger auf 100 Höhenmetern entspricht. Das Jahr 1993

Tabelle 2

Mittlere Monatsmittel von Lufttemperatur (°C), Niederschlag (mm, ganzzahlig gerundet) und Sonnenscheindauer (h) von Mai–Oktober (30-jährige Mittel und Untersuchungsjahre) von vier Wetterstationen verschiedener Höhenlagen des Erzgebirges.

Daten: Deutscher Wetterdienst, Wetterwarte Dresden. \* Messungen ausgefallen.

Jahr	Station	Höhe NN	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt
			<b>Lufttemperatur (°C)</b>					
1951–80	Chemnitz	418 m	11,6	15,2	16,6	16,4	13,2	8,9
	Marienberg	640 m	10,2	13,8	15,0	14,4	11,3	7,0
	Zinnwald	882 m	8,2	11,1	13,1	13,4	9,3	4,7
	Fichtelberg	1214 m	6,0	9,8	11,2	11,1	8,1	4,4
1993	Chemnitz		14,5	14,8	15,7	16,0	12,2	8,0
	Marienberg		12,9	13,1	14,2	14,1	10,8	8,6
	Zinnwald		11,8	11,6	12,4	12,9	8,8	4,6
	Fichtelberg		9,2	9,3	10,0	10,9	7,2	3,2
1994	Chemnitz		12,3	15,6	21,3	17,7	13,2	7,3
	Marienberg		10,4	13,7	19,1	15,6	11,7	5,7
	Zinnwald		8,7	12,2	18,3	14,7	10,1	4,0
	Fichtelberg		6,5	10,2	16,2	12,3	8,2	2,6
			<b>Niederschlag (mm)</b>					
1951–80	Chemnitz	418 m	68	91	101	70	58	58
	Marienberg	640 m	85	96	113	80	69	70
	Zinnwald	882 m	88	102	124	92	76	80
	Fichtelberg	1214 m	100	109	135	89	87	79
1993	Chemnitz		56	96	100	66	36	42
	Marienberg		64	129	114	70	59	43
	Zinnwald		72	101	128	104	58	53
	Fichtelberg		63	130	113	87	67	47
1994	Chemnitz		75	65	75	209	72	43
	Marienberg		88	97	*	153	45	38
	Zinnwald		83	63	*	166	77	48
	Fichtelberg		81	51	78	164	56	44
			<b>Sonnenscheindauer (h)</b>					
1951–80	Chemnitz	418 m	192	202	196	192	155	126
	Marienberg	640 m	190	200	190	185	150	120
	Zinnwald	882 m	190	190	192	193	141	107
	Fichtelberg	1214 m	180	189	187	184	151	130
1993	Chemnitz		220	164	185	224	137	120
	Marienberg		214	160	179	214	137	110
	Zinnwald		228	165	177	206	133	96
	Fichtelberg		207	139	151	202	129	108
1994	Chemnitz		203	215	300	203	139	129
	Marienberg		203	182	295	209	128	124
	Zinnwald		198	203	309	195	121	130
	Fichtelberg		178	174	277	179	117	124

wies von Mai–Oktober über alle Stationen eine im langjährigen Vergleich um 5 h niedrigere Dauer auf, während 1994 der Wert um 17 h höher lag (Tab. 2).

Unter Berücksichtigung dieser drei Parameter ist der klimatische Höhengradient (Mai–Oktober) der Nordabdachung des Erzgebirges dadurch charakterisiert, dass mit zunehmender Höhe die Lufttemperatur abnimmt, während die Niederschlagsmenge erheblich zunimmt, so dass in den Kammlagen ein Drittel mehr an Niederschlägen fällt als in Chemnitz. Dagegen nimmt die Son-

nenscheindauer mit der Höhe nur geringfügig ab. Demzufolge sollten Heuschrecken-Populationen vor allem durch die Temperatur (Entwicklungsdauer, Reproduktion) und den Niederschlag (Überleben der Eier, Embryonalentwicklung) beeinflusst werden. Allerdings wird eine unmittelbare Abhängigkeit vom Höhenklima durch Exposition, Inklination, Horizontüberhöhung (Beschattung – nicht gemessen) und dementsprechender Vegetation der jeweiligen Habitate gerade im Gebirge stark überformt.

### 3. Material and Methoden

#### 3.1 Freiland-Erhebungen

Die Materialsammlung erfolgte an vier Terminblöcken in zwei aufeinanderfolgenden Jahren: vom 30. 07.–05. 08. 1993 und am 18./19. 06., 12./13. 07. und 03./04. 08. 1994. Dabei wurden 1993 alle 18 Probeflächen (PF) und 1994 aufgrund zu niedriger Dichten von *Ch. parallelus* nur noch 13 PF bekeschert. Zusätzlich sind die Spektren der Heuschrecken-Begleitarten aus den Kescherfängen durch Beobachten und Verhören ergänzt worden. Einige Individuen von bemerkenswerten Arten liegen präpariert vor (coll. Köhler).

Insgesamt 18 Populationen von *Ch. parallelus* mit 1875 (1993: 954, 1994: 921) meist imaginalen Individuen wurden erfasst und mit unterschiedlicher Intensität untersucht. Zunächst wurden die gekescherten Heuschrecken mit einem Exhaustor oder per Hand aus dem Streifnetz entnommen und in ein Behältnis mit 70%igem Ethylalkohol gebracht. Mitte Juli 1994 wurden einmalig die Kescherfangdichten mittels standardisierter Fänge (50–240 Doppelschläge je nach Fläche) auf 12 Probeflächen ermittelt und später auf einheitlich 100 DS umgerechnet. Die Farbmorphenspektren der Populationen wurden bei Männchen, Weibchen und älteren Juvenilstadien registriert (1993: n = 954, 17 PF; 1994: n = 303, 12 PF), was überwiegend im Gelände, manchmal auch kurze Zeit später am konservierten Tiermaterial erfolgte. Seit langem sind bei *Ch. parallelus* in der Grün-Braun-Verteilung fünf stabile Farbmorphen bekannt, in die sich nahezu alle Individuen problemlos einteilen lassen (KÖHLER 2006). Infolge einer bislang fehlenden, diesbezüglichen Fotodokumentation sind die fünf Morphen für beide Geschlechter in Abb. 1 abgebildet.

#### 3.2 Laboruntersuchungen

Am konservierten Material ist zu allen vier Terminblöcken der phänologische Zustand der Populationen anhand der Entwicklungsstadien (L1–L4, Im) erfasst worden. Im Höhengradienten sind dabei die populationsbezogenen Juvenilanteile jeweils Anfang August 1993 (17 PF) und 1994 (10 PF) berechnet worden. Eine weitere Vergleichsmöglichkeit bieten die Anfang August 1993 und Mitte Juli 1994 berechneten Stadienmittel, welche unter Berücksichtigung der stadienspezifischen Fangzahlen rein rechnerisch zwischen 1 (alle Tiere noch L1) und 5 (alle imaginal) liegen können.

Zur individuellen Sektion wurde zunächst das relativ umfangreiche Tiermaterial vom 30. 07.–05. 08. 1993 herangezogen. Von jeweils zehn, in 70%igem Ethylalkohol konservierten adulten Männchen von 17 Populationen (n = 166, nur 6 Ind. bei 495 mNN) wurde unter dem Stereomikroskop an der Innenseite des abgetrennten rechten Hinterfemurs die Länge der Schrüllleiste (20×, Messokular) gemessen und die Zahl der Schrüllzäpfchen (50×, alle erkennbaren Zäpfchen einbezogen) gezählt. Die Messwerte in Teilstriichen des Meßokulars wurden anschließend mit einem Objektmikrometer in Millimeter umgerechnet. Aus isometrischen Gründen erfolgte noch die Berechnung der Zahl der Schrüllzäpfchen je mm Schrüllleiste.

Danach wurden sämtliche von 1993 verfügbaren konservierten Weibchen, Männchen und L4 (n = 863) aller 18 Populationen ventral an Abdomen und teils Thorax aufgeschnitten, unter dem Stereomikroskop aufgeklappt und bei 8facher Vergrößerung auf Endoparasiten untersucht. Dieselbe Prozedur erfolgte an fragmentarischem Material von 6 Populationen 1994 (n = 191). Von 8 anderen Populationen wurden insgesamt 123 Individuen von Anfang August 1994 in absolutem Ethylalkohol konserviert und für genetische Untersuchungen (DNA) nach England geschickt, wo



Abb. 1

es zu einer weiteren Auswertung aber nicht mehr kam. Die versandten Tiere konnten vorher nicht auf Parasiten untersucht werden. Sämtliche 43 Parasiten sind mit einem elektronischen Meßschieber nach ihrer Körperlänge vermessen worden, um Anhaltspunkte für deren Altersverteilung zu bekommen.

#### 4. Ergebnisse

##### 4.1 Begleitarten

Auf den 18 *parallelus*-Probeflächen wurden durch Keschern, Beobachten und Verhören insgesamt 12 weitere Heuschreckenarten (und *Forficula auricularia*) nachgewiesen (Tab. 3). Von diesen wiesen nur vier eine Stetigkeit über 50% (also Vorkommen in mehr als der Hälfte der PF) entlang des gesamten Gradienten auf: *Metrioptera roeselii*, *Chorthippus albomarginatus*, *Chorthippus biguttulus* und *Omocestus viridulus*. Die anderen acht Arten wurden nur sporadisch und vor allem in den höheren Lagen über 650 mNN erfasst, während in niederen Lagen zwar auch *Tettigonia cantans* und *Tetrix undulata* (nicht repräsentativ erfasst) auftraten, die sechs übrigen Arten aber durchweg fehlten. Folglich kamen zwischen 250–585 mNN insgesamt 6 (meist nur 3–4) Arten je Wiese vor, während in den höheren Lagen bis >1000 mNN alle 12 (oft 5–7) Arten anzutreffen waren (Tab. 3).

Tabelle 3

Heuschrecken-Begleitarten von *Chorthippus parallelus* auf Wirtschaftswiesen entlang eines Höhengradienten des Mittelerzgebirges. 1993 und 1994. Ohne *Barbitistes constrictus* (auf 250 mNN – Sachsenburg). Häufigkeiten summarisch für alle Fänge und Beobachtungen auf einer Probefläche: s – selten (Einzeltiere); v – vereinzelt (2–5 Ind.), mh – mäßig häufig (6–20 Ind.), h – häufig (>20 Ind.).

Höhe (mNN)	Met roe	Cho alb	Cho big	Omo vir	Tet can	Tet und	Gom ruf	Eut bra	Cho bru	Myr mac	Iso kra	Omo hae	Arten
250	v	h	v	s	v								5
260		h	v										2
380	v	v	s		v								4
395	v	mh	h	mh									4
425	s		v			s							3
495	v	mh	v										3
520	v	h		h									3
555	v	v	v	v									4
585	mh	v	v	h	S								5
665	v		v	mh		s	v						5
735	v		v	h									3
765	v	v	v	h				v					5
815	h			h									2
845	h	v	v	h	V		s						6
925	h		mh	h				mh	v	v	v		7
930	mh	v	v	mh									4
970	v	v		mh					s	s		v	6
1040	v	v		h				v		s			5
<b>Flächen</b>	17	13	14	14	4	2	2	3	2	3	1	1	

Abb. 1. Die fünf stabilen Farbmorphen von *Chorthippus parallelus*. Linke Reihe – adulte Männchen, rechte Reihe – adulte Weibchen. Von oben nach unten: Grün, Grün/braune Beine, Rückenstreifen, Grün/braune Seiten, Braun. Tiere aus dem Leutratal bei Jena/Thüringen. 1993. Fotos: F. Julich.



Abb. 2. Feuchtfrische Wiese mit Hochstauden bei Sachsenburg (250 mNN), mit *Omocestus viridulus* im Erzgebirgsvorland. August 1993, Foto: G. Köhler.



Abb. 3. Artenarme, gedüngte Fettwiese und Rinderweide in Gelenau (520 mNN) mit kleinen, randlichen Heuschrecken-Populationen. Juli 1994, Foto: G. Köhler.



Abb. 4. Frischfeuchte Mähweide in Bachgrund bei Brünlas (585 mNN). Juli 1994, Foto: G. Köhler.

Die jeweilige Häufigkeit der Arten auf den Wirtschaftswiesen war wohl aufgrund des unterschiedlichen Bewirtschaftungsgrades ebenfalls sehr verschieden (Abb. 2–7). Am häufigsten kamen *O. viridulus* und *M. roeselii* vor, während *Ch. albomarginatus* und *Ch. biguttulus* schon deutlich weniger gefunden wurden. Alle anderen Arten blieben meist vereinzelt bis selten, was auf sehr kleine und verstreute Populationen hinweist (Tab. 3).

Die nur einmal, Mitte Juli 1994, vergleichbar erfassten Kescherfangdichten von 12 *parallelus*-Populationen schwankten beträchtlich von 5–140 Ind./100 DS, ohne erkennbare Höhentendenz (vgl. Tab. 5). Vielmehr dürften die jeweilige Orographie, Wiesenstruktur und -nutzung eine entscheidende Rolle spielen, wozu erfahrungsgemäß noch Verschiebungen von Jahr zu Jahr kommen. Der Spitzenwert von 140 Ind./100 DS entspricht aber umgerechnet nur etwa 2 Ind./m<sup>2</sup> (KÖHLER 1987) und wurde am Bärenstein (845 mNN) unmittelbar unter einer neu errichteten Liftanlage erreicht, wo Hochstauden und ruderaler Ränder dominierten (Abb. 5). Der zweithöchste Wert von 98 Ind./100 DS trat auf einer fast ebenen, hochgrasigen Frischwiese bei Mühlbach (380 mNN) auf. Dies verdeutlicht eine beträchtliche Toleranz in den Habitatansprüchen von *Ch. parallelus*.

Der Anteil an holopteren Individuen war insgesamt 1993 und 1994 sehr niedrig. Bei *Ch. parallelus* traten trotz stellenweise hoher Dichten (vgl. Tab. 5) nur 2 holoptere Weibchen am 03./04. 08. 93 auf (425 m – von insgesamt 23 Weibchen, 815 m – von 21 Weibchen), aber keine Männchen. Dies traf auch auf die lokal häufige *M. roeselii* zu, von der ebenfalls nur zwei holoptere Weibchen am 02. 08. 93 (555 m, 585 m) gefunden wurden.



Abb. 5. Brachewiese mit Hochstauden und Jungbäumen unter einer Liftschneise am Bärenstein (845 mNN), Juli 1994, Foto: G. Köhler.



Abb. 6. Bachnahe Feuchtwiese bei Ehrenzipfel (665 mNN), mit *Gomphocerippus rufus*. Juni 1994, Foto: G. Köhler.



Abb. 7. Artenreiche Bergmähwiese am Hinteren Fichtelberg über Oberwiesenthal (1040 mNN) mit *Myrmeleotettix maculatus*. Juni 1994, Foto: G. Köhler.

#### 4.2 Phänologie

Das genaue jahreszeitliche Auftreten von *Ch. parallelus* konnte mit den vier Kescherfang-Terminblöcken nur ausschnitthaft belegt werden. Nach den phänologisch frühesten Fängen am 18./19. Juni 1994 zu urteilen, waren in fast allen Populationen bereits Junglarven (L1, L2) vorhanden, wobei Erstlarven dominierten. Folglich war von einem Hauptschlupf in der ersten Junihälfte auszugehen. Mitte Juni traten aber auch bereits die ersten L3 auf, allerdings nur in Höhenlagen unter 500 mNN, was auf eine Klimagunst in diesem Bereich hinweist.

Um weitere Unterschiede im Höhengradienten zu belegen, diente für das Jahr 1993 der Juvenilanteil Anfang August in 17 Populationen (bei 1040 mNN zu wenige Ind.) als Vergleichswert (Tab. 4, Abb. 8). Je höher dieser ausfiel, umso weiter war die Population in ihrer Entwicklung zurück. Insgesamt ergab sich eine bemerkenswerte Streuung von 2% (250 mNN) bis 59% (520 mNN, 930 mNN), wobei zumindest zwei Populationen auch in den Endbereichen des Höhengradienten lagen. Dazwischen streuten die Werte von 11% (665 mNN) bis 58% (970 mNN). Der Juvenilanteil lag in Höhen von 250–665 mNN fast ausnahmslos unter 40%, während er von 735–970 mNN mehrfach Werte um 50–60% erreichte (Tab. 4, Abb. 8). Nimmt man die untersten 10 Populationen (bis 665 mNN) zusammen, ergibt sich ein gemittelter Juvenilanteil von 27%, hingegen für die oberen 7 Populationen von 44%. Im Einzelfall traten wenige L2-Tiere noch in 7 Populationen auf, die mit Ausnahme von 260 mNN (Lichtenwalde – 1 L2) sämtlich über 500 mNN lagen. Damit waren Anfang August 1993 in den unteren Lagen drei Viertel der Tiere in den Populationen adult, in den oberen Lagen war es dagegen erst die reichliche Hälfte. Der phänologische Abstand im Gradienten lag maximal bei einem Stadium, was eine Zeitdifferenz von 1–2 Wochen ausmachte. Der Anfang August 1994 abermals ermittelte Juvenilanteil in 12 Populationen streute wiederum beträchtlich zwischen 0% (also alles Imagines, 380 mNN) und 50% (665 mNN). Nimmt man die untersten 7 Populationen (wieder bis 665 mNN) zusammen, ergeben sich 12%, für die

Tabelle 4

Phänologiestatus und Formmorphenanteile von *Ch. parallelus* an einem Höhengradienten des Mittelerzgebirges, 30. 07.–05. 08. 1993. G – Grün, GbB – Grün, braune Beine, R – Rückenstreifen, GbS – Grün, braune Seiten, B – Braun.

Höhe ü. NN (m)	Phänologiestatus		Formmorphenspektren			
	Juvenile (%)	Stadienmittel	Indiv.	G+GbB (%)	R (%)	GbS+B (%)
250	2	5,0	43	42	53	5
260	34	4,5	68	16	51	32
380	17	4,8	54	41	59	0
395	15	4,8	48	58	35	7
425	13	4,9	53	42	49	9
495	38	4,5	69	22	71	7
520	59	4,1	37	35	59	6
555	42	4,6	69	28	29	43
585	30	4,6	60	32	30	38
665	11	4,9	48	31	38	31
735	52	4,3	57	21	30	49
765	49	4,4	56	39	29	32
815	36	4,4	64	20	44	36
845	25	4,7	60	20	27	53
925	32	4,6	56	38	46	16
930	59	4,3	71	10	53	37
970	58	4,3	41	15	51	34
<b>Gesamt</b>			954	29%	44%	27%

Tabelle 5

Kescherfangdichte, Phänologiestatus und Formmorphenspektren von *Ch. parallelus* an einem Höhengradienten des Mittelerzgebirges, 12./13. 07. (Stadienmittel, Kescherdichte) und 03./04. 08. 1994 (Juvenile, Formmorphen).

Höhe ü. NN (m)	Dichte (Ind./100 DS)	Phänologiestatus		Formmorphenspektren			
		Juvenile (%)	Stadienmittel	N	G+GbB (%)	RS (%)	GbS+B (%)
250	20	39	3,8	23	44	52	4
380	98	0	3,1	52	37	63	0
395	36	2	3,8	51	57	41	2
495	58	32	2,6	–	–	–	–
520	8	12	2,8	16	63	31	6
585	31	26	2,6	23	22	43	35
665	10	50	1,5	4	0	75	25
765	14	19	2,8	–	–	–	–
845	140	17	3,5	41	42	46	12
925	28	16	3,2	63	48	14	38
930	27	22	2,5	18	11	39	50
1040	5	25	2,5	12	8	75	17
<b>Gesamt</b>			N = 426	303	41	42	17

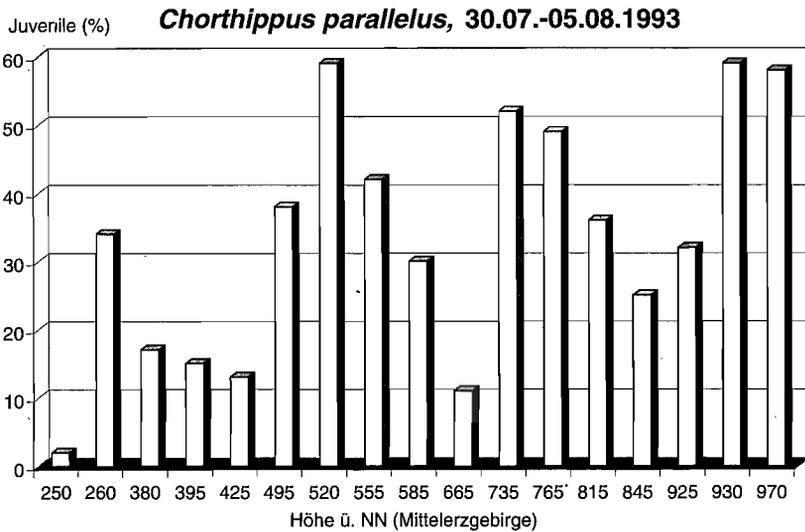


Abb. 8. Juvenilanteil von *Chorthippus parallelus* im Höhengradienten des Mittelerzgebirges, Anfang August 1993 (n – vgl. Tab. 4).

obersten hingegen 18% als gemittelter Juvenilanteil (Tab. 5). Die im Vergleich zum Vorjahr vorangeschrittene Populationsentwicklung sowie die vergleichsweise geringen Unterschiede zwischen den Höhenlagen sind offensichtlich den jeweiligen Temperaturverhältnissen geschuldet. So waren im Vergleich zum 30-jährigen Mittel und über alle vier Stationen 1993 der Juni mit  $-0,3^{\circ}\text{C}$  und der Juli mit  $-0,9^{\circ}\text{C}$  etwas zu kalt, während 1994 der Juni mit  $+0,5^{\circ}\text{C}$  und der Juli sogar mit  $+4,8^{\circ}\text{C}$  ausgesprochen warm ausfielen (vgl. Tab. 2). Zwangsläufig folgten die Stadienmittel denselben Tendenzen. Anfang August 1993 betrug der gemittelte Wert für die unteren Lagen 4,7, für die oberen Lagen 4,4, während Mitte Juli 1994 die Mittel in beiden Höhengruppen mit 2,9 gleich waren (Tab. 4 u. 5).

### 4.3 Farbmorphen

Die von *Ch. parallelus* bekannten fünf stabilen Farbmorphen (Abb. 1, zusf. KÖHLER 2006) traten allesamt auch in den Erzgebirgspopulationen auf, wenn auch mit sehr verschiedenen Häufigkeiten. Die rückenstreifige Morphe (R) machte durchweg ein Drittel bis die Hälfte einer Population aus, während die Grünmorphen tendenziell (und rein rechnerisch) mit der Zunahme der Braunmorphen abnahmen. Die mit Abstand seltenste Morphe war GbS (Grün, braune Seiten), welche 1993 in zwei und 1994 in vier Populationen gänzlich fehlte und in weiteren sechs (1993) bzw. drei (1994) nur mit Einzeltieren vertreten war. Unter Summierung aller Populationen entfielen auf die beiden Grün-Morphen 29% (1993) bzw. 41% (1994), auf die Rückenstreifen-Morphe 44% bzw. 42% und auf die beiden Braun-Morphen 27% bzw. 17% aller Individuen (Tab. 4 u. 5).

Bemerkenswert war der unterschiedliche Anteil der Braun-Morphen in den Populationen (Tab. 4 u. 5, Abb. 9). Dieser Anteil lag in Höhen von 250–520 mNN bei durchweg  $<10\%$  (Ausnahme Lichtenwalde, 1993), während er in den höheren Lagen vielfach  $>30\%$  ausmachte. In der Darstellung am Höhengradienten (für 1993) ist eine deutliche Stufe um 500–600 mNN ausgebildet (Abb. 9). Dieselbe generelle Tendenz war auch 1994 feststellbar, wobei aber auffiel, dass die Populationen der niederen Lagen mitunter die nahezu gleichen (niedrigen) Braunmorphen-Anteile aufwiesen, während diese in Populationen der höchsten Lagen teils beträchtlich differierten (vgl. Tab. 4 u. 5).

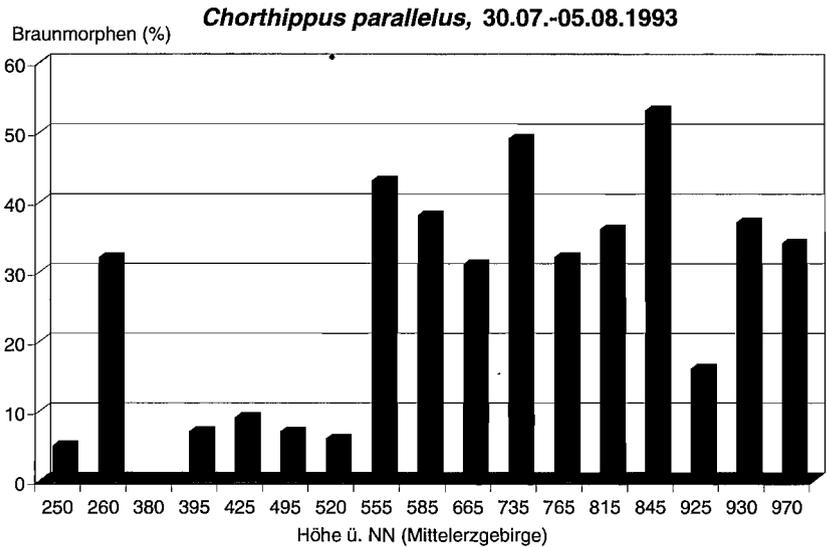


Abb. 9. Anteil an Braun-Morphen von *Chorthippus parallelus* im Höhengradienten des Mittelzergebirges, Anfang August 1993 (n – vgl. Tab. 4).

#### 4.4 Schrillzäpfchen (♂)

Die Anordnung der Schrillzäpfchen auf der Schrillleiste der adulten Männchen von *Ch. parallelus* war nicht gleichmäßig, sondern verdichtete sich zur Femurbasis hin. In gleicher Richtung nahmen auch die Unregelmäßigkeiten zu, wie übereinander oder schräg zueinander liegende Schrillzäpfchen.

Ihre Zahl schwankte bei Männchen von 17 Populationen um immerhin 48 von 72–120 (Tab. 6) und damit nahezu über die gesamte, bei *Ch. parallelus* bekannte Spanne. In den jeweiligen Populationen betrug die individuellen Unterschiede immer noch 17–39 und die Medianwerte 86–98. Die Zäpfchen pro mm Schrillleiste variierten ebenfalls erheblich von 19–30 bei Medianwerten von 22–26. Beide Maßzahlen wiesen keinerlei Tendenzen im Höhengradienten auf.

#### 4.5 Parasitierung

In allen Populationen von *Ch. parallelus* traten ausschließlich Endoparasiten auf. Der Befall war in beiden Jahren und allen Populationen erstaunlich niedrig, mit einem Anteil von insgesamt nur 4,4% (1993) über alle Individuen im vollständigen Höhengradienten und 2,6% (1994, fragmentarisch). In 5 Populationen traten keine Parasiten auf, in den übrigen 13 schwankte der parasitierte Anteil zwischen 1,6% und 13,7% (alle 1993), mit Werten vielfach unter 5% (Tab. 7). Bildet man auch hier zwei Höhenregionen (1993), so lag der Parasitierungsanteil von 250–665 mNN bei 3,4%, zwischen 735–1040 mNN aber deutlich höher bei 5,4%. Dieser vermeintliche Trend kehrte sich 1994 insofern um, als in drei Populationen von 765–930 mNN überhaupt keine Parasiten auftraten (Tab. 7). In den fünf zeitgleich in beiden Jahren untersuchten Populationen war die Parasitierung 1994 ohnehin niedriger als 1993, was teils dem Fehlen von Mermithidae im trocken-heißen Sommer 1994 geschuldet war.

Unter den 43 gefundenen Parasiten dominierten 26 Larven der Sarcophagidae, gefolgt von 15 Mermithidae und nur zwei Tachinidae (Tab. 7 u. 8). In der Regel befand sich nur ein Parasit im Wirtstier, nur in vier Heuschrecken fanden sich zwei Parasiten. Bei einem adulten Männchen, einem L4-Männchen und einem L4-Weibchen traten 1993 je zwei Mermithidae auf, von denen der

Tabelle 6

Schrillzäpfchen von *Ch. parallelus* in 17 Populationen verschiedener Höhenlagen des Mittelerges.  
30. 07.–03. 08. 1993. Angaben von jeweils 10 Männchen pro Population (nur bei 495 m, n = 6).

Höhe (m NN)	Schrillzäpfchenzahl		Zahl pro mm Schrilleiste	
	Min–Max	Median	Min–Max	Median
250	81–116	98	20–28	24
260	79–105	90	24–28	25
380	81–98	90	23–27	24
395	79–101	92	23–27	26
425	73–100	87	21–27	24
495	76–99	92	21–28	22
520	73–107	87	22–30	24
555	79–110	90	23–25	25
585	79–104	89	21–29	24
665	80–108	89	22–26	24
735	75–94	86	19–28	25
765	81–120	95	23–27	25
815	72–101	88	21–26	23
845	82–108	92	19–29	24
925	73–98	86	21–26	23
930	78–105	94	21–27	24
970	75–95	88	21–26	26
<b>Differenz</b>	<b>72–120</b>	<b>86–98</b>	<b>19–30</b>	<b>22–26</b>

zweite meist sehr viel kleiner (und jünger) war. Im selben Jahr fanden sich in einem L4-Männchen (am Fichtelberg) die Larven von Sarcophagidae und Tachinidae (Tab. 8).

Parasitiert wurden beide Geschlechter wie auch Imagines und L4-Nymphen ohne besondere Bevorzugung: für 1993 Männchen (4,1%), Weibchen (3,7%), L4-Männchen (6,1%) und L4-Weibchen (4,7%). Auf die Parasitentaxa bezogen, fanden sich Mermithidae jedoch häufiger in Nymphen (4,0%) als in Imagines (0,8%), während Sarcophagidae fast ausschließlich in Imagines (3,1%) und nur einmal in einer Nymphe (0,4%) auftraten (Tab. 6).

Die Körpergrößen der Parasiten streuten erheblich, was auf eine längere Zeitspanne der Befallsinitiation hinweist. Bei den Mermithidae traten Würmer von 4,5–28 cm(!) Länge auf, bei den Sarcophagidae Maden von 4,3–10,2 mm Länge (Tab. 8). Dementsprechend scheint für *Ch. parallelus* der Juli der entscheidende Befallsmonat zu sein, während im August die Parasiten ihre (dann toten) Wirte wieder verlassen, nämlich zur Eiablage (Mermithidae) bzw. Verpuppung (Diptera) in den Boden.

Verpilzte Heuschrecken traten 1993 und 1994 so gut wie keine auf, nur einmal (12.07.94) wurde ein verpilztes adultes Weibchen von *O. viridulus* am Fichtelberg gefunden.

## 5. Diskussion

Der Gemeine Grashüpfer, *Chorthippus parallelus* (Zetterstedt), ist in Europa über 30 Breitengrade von den Pyrenäen, Süditalien und dem Peloponnes bis Nordengland und Lappland am Polarkreis verbreitet (Karten in: KLEUKERS et al. 1996, MAAS et al. 2002) und kommt in Mitteleuropa von 70 mNN in der (Po-)Ebene bis in 2700 mNN in den Zentralalpen (NADIG et al. 1991) und 2500 mNN in den französischen Alpen (DREUX 1961) vor. Eine derart weite geographische wie altitudinale Verbreitung setzt ein beträchtliches Anpassungsvermögen voraus, das sich in zwei – als Enden eines Kontinuums zu begreifende – Eigenschaften fassen lässt: (1) eine breite ökolo-

Tabelle 7

Befall von *Ch. parallelus*-Populationen mit Endoparasiten im Höhengradienten des Mittelerzgebirges. 1993 und 1994 (fragmentarisch).

Höhe (m NN)	Indiv.	Parasitierung				
		Mermithidae	Sarcophagidae	Tachinidae	Gesamt	Anteil (%)
<b>30. 7.–3. 8. 93</b>						
250	40	–	–	–	–	–
260	56	–	2	–	2	3,6
380	53	–	–	–	–	–
395	48	–	–	–	–	–
425	52	–	5	–	5	9,6
495	58	1	5	–	6	10,3
520	38	–	–	–	–	–
555	61	–	1	–	1	1,6
585	58	4	–	–	4	6,9
665	47	–	–	–	–	–
735	49	1	–	–	1	2,0
765	51	7	–	–	7	13,7
815	52	2	–	–	2	3,8
845	57	–	3	–	3	5,3
925	37	–	1	–	1	2,7
930	67	–	2	–	2	3,0
970	34	–	1	2	3	8,8
1040	5	–	–	–	–	–
Gesamt 1993	863	15	21	2	38	4,4
<b>13. 7. 94</b>						
395	22	–	1	–	1	4,5
<b>3./4. 8. 94</b>						
495	31	–	2	–	2	6,5
585	42	–	2	–	2	4,8
765	41	–	–	–	–	–
845	39	–	–	–	–	–
930	16	–	–	–	–	–
Gesamt 1994	191	–	5	–	5	2,6

gische Toleranz der Populationen, deren Individuen mit unterschiedlichen Umweltbedingungen zurechtkommen, und (2) genetisch manifeste Ökotypen, deren Populationen sich zumindest an die extremeren Lebensräume selektiv angepasst haben. Dieser Problematik am Beispiel von *Ch. parallelus* widmet sich die Forschung seit Jahrzehnten in unterschiedlicher Breite und Tiefe, wobei sowohl der geografische (LUX 1960, BUTLIN & HEWITT 1987) als auch der altitudinale Ansatz (DREUX 1961, VOISIN 1990, NADIG et al. 1991) verfolgt werden. Die vielfältigen Aspekte dieser und anderer Arbeiten können hier nur ausschnitthaft erwähnt und mit Blick auf die hiesigen regionalen Verhältnisse unteretzt werden.

### 5.1 Begleitarten

Eine derart weitverbreitete Heuschreckenart, deren Biotopansprüche hier bewusst ausgespart bleiben, ist zwangsläufig mit vielen anderen Arten zusammen anzutreffen. Allein in Mitteldeutschland tritt der euryöke *Ch. parallelus* über alle Biotoptypen mit insgesamt 34 Begleitarten

Tabelle 8

Körperlängen der Endoparasiten in *Ch. parallelus* in einem Höhengradienten des Mittelerzgebirges. 1993 und 1994. In Klammern: Tiere nicht genau zu trennen.

Parasit Länge (mm)	Wirtstier	Datum	Ortslage	Höhe ü. NN
<b>Mermithidae</b>				
<b>1993</b>				
282	♀	04. 08. 93	Weißbach	495 m
85	♀	02. 08. 93	Brünlas	585 m
100	♂	02. 08. 93	Brünlas	585 m
(123) + (123)	♂	02. 08. 93	Brünlas	585 m
53	♂	02. 08. 93	Brünlas	585 m
45 + 147	♀4	02. 08. 93	Scheibenberg	735 m
48 + 146	♂4	01. 08. 93	Zweibach	765 m
182	♀4	01. 08. 93	Zweibach	765 m
156	♀4	01. 08. 93	Zweibach	765 m
128	♀4	01. 08. 93	Zweibach	765 m
224	♂4	01. 08. 93	Zweibach	765 m
160	♂4	01. 08. 93	Zweibach	765 m
102	♂4	01. 08. 93	Zweibach	765 m
106	♂4	03. 08. 93	Bärenstein	815 m
152	♂	03. 08. 93	Bärenstein	815 m
<b>Sarcophagidae</b>				
7,9	♀	05. 08. 93	Lichtenwalde	260 m
6,1	♀	05. 08. 93	Lichtenwalde	260 m
8,7	♀	04. 08. 93	Weißbach	425 m
7,8	♀	04. 08. 93	Weißbach	425 m
7,9	♂	04. 08. 93	Weißbach	425 m
7,7	♂	04. 08. 93	Weißbach	425 m
7,0	♂	04. 08. 93	Weißbach	425 m
9,9	♀	04. 08. 93	Weißbach	495 m
8,7	♀	04. 08. 93	Weißbach	495 m
7,8	♀	04. 08. 93	Weißbach	495 m
7,1	♀	04. 08. 93	Weißbach	495 m
6,1	♂	04. 08. 93	Weißbach	495 m
6,8	♂	02. 08. 93	Dörfel	555 m
7,9	♀	03. 08. 93	Bärenstein	845 m
7,2	♂	03. 08. 93	Bärenstein	845 m
4,3	♂	03. 08. 93	Bärenstein	845 m
7,8	♀	03. 08. 93	Oberwiesenthal	925 m
5,6	♂	01. 08. 93	Tellerhäuser	930 m
5,2	♂	01. 08. 93	Tellerhäuser	930 m
5,1	♂4	03. 08. 93	Oberwiesenthal	970 m
<b>Tachinidae</b>				
5,9				
5,9	♂4	03. 08. 93	Oberwiesenthal	970 m
<b>Sarcophagidae</b>				
<b>1994</b>				
7,6	♂	13. 07. 94	Willischtal	395 m
8,2	♂	04. 08. 94	Weißbach	495 m
10,2	♀	04. 08. 94	Weißbach	495 m
5,9	♂	03. 08. 94	Brünlas	585 m
6,1	♀	03. 08. 94	Brünlas	585 m

auf (zusammengefasst aus: SCHIEMENZ 1969, OSCHMANN 1973, SAMIETZ 1994, SAMIETZ & WALLASCHEK 1996, WALLASCHEK 1996, PERNER 1997); das sind etwa zwei Drittel (64%) aller in Thüringen vorkommenden Heuschreckarten (KÖHLER 2001). Den meisten Arten begegnet *Ch. parallelus* auf Magerrasen (wenn auch dort oft nur randlich), so 19 Arten sowohl in Kalkmager- und Steppenrasen Zentralthüringens (SAMIETZ 1994) als auch in Schieferbrüchen des Thüringer Schiefergebirges (SAMIETZ & WALLASCHEK 1996), 17 Arten auf Kalktrockenrasen am Johannisberg bei Jena (PERNER 1997) und zumeist 8 Arten auf Kalkmagerrasen des Dün (WALLASCHEK 1996). Demgegenüber ist das Artenspektrum in frisch-feuchten Wirtschaftswiesen deutlich ärmer, so mit nur 9 Arten im Thüringer Schiefergebirge (KÖHLER & RENKER 2004). Bei genauer Betrachtung kommen auf einer Magerrasenfläche noch 6–13 (meist 7–10), auf einer Wirtschaftswiese noch 3–6 Begleitarten vor, davon nur wenige stetige, wie *Chorthippus biguttulus*, daneben *Ch. apricarius* und *Ch. mollis* in Magerrasen und *M. roeselii* und *O. viridulus* in Gebirgsfettwiesen (SCHIEMENZ 1969, KÖHLER & RENKER 2004).

Die Verhältnisse entlang des Höhengradienten im Erzgebirge sind nun insofern etwas anders, als in den unteren Lagen die wenigsten und in den oberen Lagen die meisten Begleitarten vorkommen. Dort oben nämlich sind verstreut immer wieder xerothermophile und hygrophile Arten anzutreffen, die zum einen von den sonnseitigen Hangklimaten und teils bodenoffenen Habitatparzellen, zum anderen von anmoorigen Wiesenstücken profitieren (WALLASCHEK 1995 – Fichtelberg, KÖHLER 2007 – Basaltberge). Denkbar wäre aber auch, daß sich auf den Hochlagen ein altes und reicheres Arteninventar aus der Zeit vor der großflächigen Bewaldung des Gebietes kleinräumig erhalten hat, während in den unteren Lagen die Zeit seit der Besiedlung (und Entwaldung) im 12. Jh. noch nicht ausreichte, um ein vergleichbares Artenspektrum zu erreichen (KÖHLER 2007).

## 5.2 Phänologie

Das jahreszeitliche Auftreten von *Ch. parallelus* wird – nach einer kühleterminierten Embryonal-Diapause – vom Schlupf der Junglarven aus den in der oberen Bodenschicht abgelegten Eipaketen (Ootheken) initiiert, der wiederum von der Bodentemperatur und -feuchte abhängt, welche ihrerseits von der Orographie, Besonnung und Vegetationsdeckung beeinflusst werden (WINGERDEN et al. 1991). Hinzu kommt eine offenbar genetische Komponente, die in einer Population einen beträchtlich streuenden Entwicklungspolymorphismus zur Folge hat (KÖHLER 1983). Deshalb verwundert es nicht, wenn *Ch. parallelus* nahezu über die gesamte Vegetationsperiode auftritt. So sind freilebende Stadien von Mitte Mai/Mitte Juni bis Anfang/Mitte August (Juvenile) und von Ende Juni/Mitte Juli bis Mitte Oktober/Mitte November (Imagines) auf den Wiesen anzutreffen (für Thüringen: OSCHMANN 1993 a, b; KÖHLER 2001). Die Gründe für phänologische Unterschiede liegen neben der Höhenlage vor allem in der komplexen Habitatsituation und sind deshalb kaum trennbar. So verspätete sich das Auftreten von *Ch. parallelus* an drei Orten (1965) vom Thüringer Becken zu den Höhen des Thüringer Waldes (Spießberg) um 30 Tage, und im Harz an acht Orten (1991) zwischen 70–490 mNN um 36–38 Tage. Allerdings beeinflussten sowohl Habitatstruktur und -umfeld als auch trockene und nasse Jahre diese Phänologien, deren Extreme wohl besonders ausgewählt wurden (OSCHMANN 1993 b).

Im Falle der Populationen im Erzgebirge waren die Lebensräume sämtlich Wirtschaftswiesen, die sich freilich in Exposition, Inklination, Vegetation und deren Nutzung unterschieden. Die phänologische Streuung wird hier dadurch beeinflusst, daß (1) die Hanglage der Probefläche über den konkreten Wärmegenuss auf Schlupf und Juvenilentwicklung einwirkt, und (2) saisonal früher gemähte oder beweidete Wiesen einen thermischen Vorteil gegenüber spät genutzten Wiesen aufweisen. Dennoch ergaben sich phänologische Unterschiede aufgrund des mit der Höhe kühler (und nasser) werdenden Klimas, wonach auch der Anteil von Spätentwicklern in den oberen Lagen immer etwas höher ist. Dieser geringe Teil (<10%) der jeweiligen Populationen kommt erst im September zur Imaginalreife und trägt dadurch nur wenig zur Reproduktion bei. Die hier in einem Normaljahr auftretenden Entwicklungsunterschiede von 1–2 Wochen machen nur etwa ein Drittel von den bei OSCHMANN (1993 b) angegebenen aus, was wohl Ausdruck phänologischer Popula-

tionsmittelwerte und nicht von Extremen ist. Ungeachtet dieser Differenzen ist die Plastizität von *Ch. parallelus* offenbar so groß, dass es in Mittelgebirgen mit zunehmender Höhenlage zwar zu Verspätungen in der Imaginalentwicklung und Eiablage kommt, diese jedoch das Überleben der Populationen nicht gefährden. Erst im Hochgebirge können die Vegetationsperioden und damit die potentiellen Entwicklungszeiten so kurz werden, daß mit zunehmender Höhe Populationen mit etwas schnellerer Individualentwicklung (früherer Schlupf, Verkürzung L1-Im) selektiert werden. Für *Ch. parallelus* ist das bisher noch nicht untersucht worden, doch im Falle von *Omocestus viridulus* ist es für alpine Populationen unter Laborhaltung belegt (BERNER et al. 2004).

### 5.3 Farbmorphenspektrum

Der Gemeine Grashüpfer ist eine jener *Chorthippus*-Arten mit genetisch manifesten Farbmorphen (zusf. KÖHLER 2006), deren Spektren in den Populationen durch balancierten Polymorphismus erklärt werden. Dies schließt anteilige Veränderungen in den Populationen von Jahr zu Jahr ein, wie sie hier von 1993 zu 1994 ebenfalls auftraten. Ähnliche Befunde erhielten BERGER (1988) in den Jahren 1983 und 1985 auf einer Wiese bei Marburg und KÖHLER & RENKER (2006) bei sechs Populationen im Jenaer Raum über zwei oder mehr Beobachtungsjahre. Die adaptive Bedeutung könnte in direkten Fitness-Vorteilen (wie der Reproduktion) einzelner Farbmorphen wie auch in indirekten Vorteilen (als Tarnung) gegenüber Räubern liegen. Diese bereits vor einem halben Jahrhundert aus umfangreichen Untersuchungen im englischen Silwood Park von RICHARDS & WALOFF (1954) getroffenen Feststellungen sind heute noch genauso aktuell wie in ihrer Beweislage offen.

Die Untersuchungen im erzgebirgischen Höhengradienten ergaben ungeachtet der Variabilität zumindest eine Tendenz des schwellenartig erhöhten Braunmorphen-Anteils (von mindestens einem Drittel) in Populationen höherer Regionen. Dies stimmt mit der klimatisch-habitatbezogenen Hypothese überein, wonach mit zunehmender Höhe die Populationen deshalb dunkler werden, weil sich solche Individuen in der Sonne schneller erwärmen, einen höheren Stoffwechsel aufweisen und aktiver sind. Dies schlussfolgerte prinzipiell schon RAMME (1951) anhand dunkler *Ch. parallelus* in 2250 mNN in den Karpathen. Eine solche Zunahme brauner Tiere in den Hochlagen stellten später auch GUERRUCCI & VOISIN (1988, frz. Zentralmassiv) und NADIG et al. (1991, Zentralalpen) fest. Während hierfür aber der ökophysiologische Nachweis noch aussteht, konnte eine signifikant höhere Teilreproduktionsrate brauner Weibchen von *Ch. parallelus* inzwischen belegt werden (UNSICKER et al. 2008).

### 5.4 Schrillzäpfchenzahl

Für die engere europäische Verwandtschaftsgruppe von *Ch. parallelus* ergab sich nach genetischen Distanzen aus enzimelektrophoretischen Untersuchungen ein Alter von etwa 1 Mio Jahren für die iberische Unterart *Ch. p. erythropus* gegenüber der Nominatunterart *Ch. p. parallelus*, von 2 Mio Jahren für *Ch. montanus* und von 6–8 Mio Jahren für *Ch. dorsatus* (BUTLIN & HEWITT 1987). Die evolutive Aufspaltung muss dabei in erster Linie mit Veränderungen im Gesangsmuster (der Männchen) einhergegangen sein, die sich morphometrisch auch in der artspezifischen Spannweite der Schrillzäpfchenzahl am Hinterfemur (in beiden Geschlechtern) ausprägte (zusf. JACOB 1953). So hatten in der Tübinger Gegend die Männchen von *Ch. parallelus* 94 (80–108, n=17), jene des nahe verwandten und morphologische sehr ähnlichen *Ch. montanus* dagegen 138 (109–159) Schrillzäpfchen (FABER 1929). Für zahlreiche Populationen beider Arten zwischen Südengland und Südtirol ermittelte LUX (1960) mittlere Schrillzäpfchenzahlen von 93 (*Ch. parallelus*) und 143 (*Ch. montanus*). Vergleichbar breite Unterschiede traten aber auch schon zwischen Unterarten auf, wie in den Ostpyrenäen zwischen *Ch. p. parallelus* mit <130, *Ch. p. erythropus* mit 102–177 Schrillzäpfchen und den unterschiedlichsten Bastarden in dieser Hybridzone mit Werten irgendwo dazwischen (REYNOLDS 1980, BUTLIN & HEWITT 1985, KÖHLER et al. 2007). Innerhalb von *Ch. parallelus* wurde bei Untersuchung von Tieren weitverstreuter Populationen

eine noch breitere Variabilität von 75–130 gefunden (REYNOLDS 1980). Erstaunlich groß ist auch die Bandbreite innerhalb von Populationen; so schwankte die Zahl bei Männchen von Wiesenfelden (Bayerischer Wald) genauso von 75–130 (Mittel 93) und auf 1 mm Schrillleiste entfielen im Mittel 21–26 Zäpfchen (LUX 1960). In der geografischen Entfernung zwischen Südengland und Südtirol differierte die mittlere Zahl in den Populationen zwischen 87–101, ohne jeglichen Trend (LUX 1960).

Die untersuchten Populationen des Erzgebirges wiesen eine ähnliche Bandbreite an Werten auf, und zwar ohne sichtbare Zweiteilung in den Häufigkeitsverteilungen, so dass es keinerlei Anhaltspunkte für eine höhenbedingte oder anderweitige selektive Verschiebung gibt. Die Erklärungen dafür sind unterschiedlich: (a) im Falle einer hypothetischen raumzeitlichen Isolation infolge dichter Bewaldung vor dem 12. Jh. war diese als evolutiver Zeitraum viel zu kurz, (b) da es eine solche Isolation nie gegeben hat und die Populationen wanderten erst mit dem Menschen und rasch in breiter Front ein, (c) die Populationen waren mit oder ohne Isolation zu allen Zeiten ausreichend groß, um selektive Verschiebungen im Genpool wieder zu nivellieren.

Mit Blick auf die eingangs formulierte Fragestellung reagiert *Ch. parallelus* im Höhengradienten des Erzgebirges einerseits ökophysiologisch auf die letztlich klimatischen Umweltfaktoren, was zu einer jährweise unterschiedlichen Spreizung der Phänologien führt. Andererseits ist der in oberen Lagen deutlich erhöhte Braunmorphen-Anteil nur durch langzeitliche und anhaltende Selektionsprozesse zu erklären. Diese führten jedoch nicht zu erkennbaren evolutiven Veränderungen, zumindest nicht in der dafür sensiblen Schrillzäpfchenzahl.

### Danksagung

Im Vorfeld der Untersuchungen stellte JENS BÖRNER (Chemnitz) eine Liste der bekannten *parallelus*-Fundorte im Gebiet zur Verfügung. Die Geländefahrten mit dem eigenen PkW ins Erzgebirge wurden von der Friedrich-Schiller-Universität Jena aus dem Hochschülerneuerungsprogramm finanziert, ebenso wie der Ankauf von Wetterdaten, die in der gewünschten Form von der vormaligen Wetterwarte Dresden (Frau MUNKELT, Dr. sc. FREYDANK) zur Verfügung gestellt wurden. Bei den ersten Fängen 1993 unterstützte mich FRAUKE KÖHLER im Gelände. Die bereitgestellten Farbmorphen fotografierte in professioneller Weise FRANK JULICH (Jena).

### 6. Literatur

- BASTIAN, O. (2003): Naturraumbedingungen in Sachsen. In: KLAUSNITZER, B. & R. REINHARDT, Hrsg., Übersicht zur „Entomofauna Saxonica“ mit besonderer Berücksichtigung der FFH-Arten und der „Vom Aussterben bedrohten Arten“ in Sachsen. – Mitt. Sächs. Entomologen, Mittweida, Suppl. 1, 16–23.
- BERGER, M. (1988): Mehrjährige ökologische Untersuchungen an einer Grashüpfer-Population (Orthoptera: Acrididae). Populationsdynamik und Vorhersagen, Nahrungsansprüche, innerartliche Variabilität. – Inaugural-Dissertation, Philipps-Univ. Marburg/Lahn, 156 S.
- BERNER, D.; KÖRNER, CH. & W. U. BLANCKENHORN (2004): Grasshopper populations across 2000 m of altitude: is there life history adaptation? – *Ecography* **27**, 733–740.
- BUTLIN, R. K. & G. M. HEWITT (1987): Genetic divergence in the *Chorthippus parallelus* species group (Orthoptera: Acrididae). – *Biol. J. Linn. Society* **31**, 301–310.
- DREUX, PH. (1961): Recherches écologiques et biogéographiques sur les Orthoptères des Alpes françaises. – *Ann. Sci. Naturelles, Zool.* **12**(3), 323–766.
- FABER, A. (1929): *Chorthippus longicornis* Latr. (= *parallelus* Zett.) und *Chorthippus montanus* Charp. (bisher nach Finot als „*longicornis* Latr.“ bezeichnet). – *Zool. Anz.* **81**(1/4), 1–24.
- GUERRUCCI, M. A. & J.-F. VOISIN (1988): Influence de quelques facteurs du milieu sur les formes de coloration de *Chorthippus parallelus* dans le Massif Central (Orthoptera: Acrididae). – *Bull. Soc. Zool. France* **113**, 65–74.
- HANLE, A., Hrsg. (1992): Erzgebirge (Meyers Naturführer). – Meyers Lexikonverlag, Mannheim et al., 166 S.
- JACOB, W. (1953): Verhaltensbiologische Studien an Feldheuschrecken. – *Ztschr. Tierpsychologie, Beih.* **1**, 1–228.

- KLAUS, D. (2003): Derzeitiger Arbeitsstand bei der Heuschreckenerfassung in Sachsen – vorläufige Nachweiskarten [ENS CAE]. – Mitt. Sächs. Entomologen, Mittweida, Nr. 61, 1–32.
- KLEUKERS, R.; NIEUKERKEN, E. VAN; ODÉ, B.; WILLEMSE, L. & W. VAN WINGERDEN (1997): De sprinkhanen en krekels van Nederland (Orthoptera). – Nationaal Natuurhistorisch Museum / European Invertebrate Survey, Leiden, Nederlande, 416 p.
- KÖHLER, G. (1983): Untersuchungen zum Schlupfpolyorphismus und dessen intrapopularen Folgen bei *Chorthippus parallelus* (Zetterstedt) (Orthoptera: Acrididae). – Zool. Jb. Syst. **110**, 31–44.
- KÖHLER, G. (1987): Die quantitative Erfassung von Feldheuschrecken (Saltatoria: Acrididae) in zentral-europäischen Halbtrockenrasen – ein Methodenvergleich. – Wiss. Ztschr. FSU Jena, Naturwiss. R., **36** (3), 375–390.
- KÖHLER, G. (2001): Fauna der Heuschrecken (Ensifera et Caelifera) des Freistaates Thüringen. – Naturschutzreport, Jena **17**, 378 S.
- KÖHLER, G. (2006): Zur Einteilung, Reproduktion und Vererbung der Farbmorphen bei *Chorthippus parallelus* (Zetterstedt) (Caelifera: Acrididae). – *Articulata* **21**(1), 45–57.
- KÖHLER, G. (2007): Heuschrecken (Insecta: Saltatoria) an mittelerzgebirgischen Basaltbergen – Arten, Lebensräume und Besiedlung. – Veröff. Museum f. Naturkunde Chemnitz **30**, 97–106.
- KÖHLER, G. & C. RENKER (2004): Zur Heuschreckenfauna (Ensifera, Caelifera) extensiv genutzter Gebirgsmähwiesen im Thüringer Schiefergebirge und im Frankenwald (BIOLOG-Flächen). – Veröffentlichungen Naturkundemuseum Erfurt **23**, 115–121.
- KÖHLER, G. & C. RENKER (2006): Verteilung, Morphometrie und Fitness der Farbmorphen in Wildpopulationen von *Chorthippus parallelus* (Zetterstedt) (Caelifera: Acrididae). – *Articulata* **21**(1), 59–75.
- KÖHLER, G.; ROTH, S.; THEIN, S. & K. REINHARDT (2007): Ökologische Charakteristik einer Hybridzone von *Chorthippus parallelus parallelus* (Zetterstedt, 1821) und *Ch. p. erythropus* Faber, 1958 in den französischen Ostpyrenäen. – *Articulata*, Beih. **12**, 1–57.
- LUX, E. (1960): Biometrische und morphologische Studien an *Chorthippus longicornis* (Latr.) (= *parallelus* Zett.) und *montanus* (Charp.) unter Berücksichtigung regionaler Unterschiede. – Zool. Jb. Syst. **88**, 355–398.
- MAAS, S.; DETZEL, P. & A. STAUDT (2002): Gefährdungsanalyse der Heuschrecken Deutschlands. – Bundesamt f. Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, 401 S.
- NADIG, A.; SCHWEIZER, W. & W. TREPP (1991): Die Verbreitung der Heuschrecken (Orthoptera: Saltatoria) auf einem Diagonalprofil durch die Alpen (Inntal-Maloja-Bregaglia-Lago di Como-Furche). – Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden **106**, 2. Teil, 380 S.
- OSCHMANN, M. (1973): Untersuchungen zur Biotopbindung der Orthoptera. – Faun. Abh. Mus. Tierk. Dresden **4**(21), 177–206.
- OSCHMANN, M. (1993 a): Art-Unterschiede in der Phänologie der Heuschrecken (Saltatoria). – *Articulata* **8**(1), 35–43.
- OSCHMANN, M. (1993 b): Umwelteinflüsse auf die Phänologie der Heuschrecken (Saltatoria). – *Articulata* **8**(2), 21–66.
- PERNER, J. (1997): Zur Arthropodenfauna der Kalktrockenrasen im Mittleren Saaletal (Ostthüringen). Teil 1: Coleoptera, Diptera, Auchenorrhyncha, Saltatoria, Araneae (Insecta et Arachnida). – Faun. Abh. Mus. Tierkd. Dresden **21**(3), 53–90.
- RAMME, W. (1951): Die morphologischen Veränderungen von *Chorthippus parallelus* (Zett.) in der alpinen Region. In: RAMME, W., Zur Systematik, Faunistik und Biologie der Orthopteren von Südost-Europa und Vorderasien. – Mitt. Zool. Mus. Berlin **27**, 24–26.
- REYNOLDS, W. J. (1980): A re-examination of the characters separating *Chorthippus montanus* and *C. parallelus* (Orthoptera: Acrididae). – J. Nat. Hist. **14**, 283–303.
- RICHARDS, O. W. & P. D. WALOFF (1954): Studies on the biology and population dynamics of British grasshoppers. – Anti-Locust Bull. London **17**, 182 p.
- SAMIETZ, J. (1994): Verbreitung und Habitatbindung der Zweifarbigen Beißschrecke, *Metrioptera bicolor* (Phil.), in Thüringen (Insecta: Saltatoria: Tettigoniidae). – Faun. Abh. Mus. Tierkd. Dresden **19**(21), 153–166.
- SAMIETZ, J. & M. WALLASCHEK (1996): Die Bedeutung von Schieferbrüchen im Thüringer Mittelgebirge für die Heuschreckenfauna (Orthopteroidea: Ensifera, Caelifera). – Thür. Faun. Abhandlungen **3**, 70–83.
- SCHIEMENZ, H. (1966): Die Orthopterenfauna von Sachsen. – Faun. Abh. Mus. Tierk. Dresden, **1**, 7(29), 337–366, 4 Karten.
- SCHIEMENZ, H. (1969): Die Heuschreckenfauna mitteleuropäischer Trockenrasen (Saltatoria). – Faun. Abh. Mus. Tierk. Dresden **2**(25), 241–258.
- SCHNEIDER, H. (1996): Die erzgebirgische Landschaft. In: CLAUS, H., Hrsg., Historische Landeskunde. Das Erzgebirge. – Weltbild Verlag, Augsburg, 9–17.

- UNSICKER, S. B.; KÖHLER, G.; LINZ, J.; STEIN, C. & W. W. WEISSER (2008): Colour morph related performance in the meadow grasshopper *Chorthippus parallelus* (Orthoptera, Acrididae). – Ecol. Entomol. **33**, 1–7.
- VOISIN, J.-F. (1990): Observations sur les Orthoptères du Massif Central. 4. *Chorthippus parallelus* (Zetterstedt 1821) [Orth. Acrididae – sic]. – Bull. Soc. Ent. Fr. **95**(3–4), 89–95.
- WALLASCHEK, M. (1995): Zur Heuschreckenfauna (Saltatoria) des Fichtelberggebietes. – Veröff. Museum f. Naturkunde Chemnitz **18**, 81–86.
- WALLASCHEK, M. (1996): Beitrag zur Heuschreckenfauna des Dün/Thüringen. – Thür. Faun. Abhandlungen **3**, 84–112.
- WINGERDEN, W. K. R. E. VAN; MUSTERS, J. M. C. & F. I. M. MAASKAMP (1991): The influence of temperature on the duration of egg development in West European grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). – Oecologia **87**, 417–423.

Eingegangen am 09. 06. 2008

PD Dr. GÜNTER KÖHLER, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Ökologie, Dornburger Str. 159, D-07743 Jena, E-Mail: Guenter.Koehler@uni-jena.de