

# Zur Biologie von *Cryptopygus antarcticus* (Willem 1902)

(Collembola; Isotomidae), mit kurzen Hinweisen auf den besonderen karyologischen Status der Art

Von F. SCHALLER und H. KOPESZKI (unter Mitarbeit von W. HEMMER)

(Vorgelegt in der Sitzung der math.-nat. Klasse am 18. Jänner 1991 durch das k. M. FRIEDRICH SCHALLER)

## Einleitung

*Cryptopygus antarcticus* WILLEM ist wohl der bestuntersuchte Springschwanz der Antarktis. Sowohl Freilandbeobachtungen als auch zahlreiche Laborversuche zur Physiologie geben Hinweise auf die Lebensweise dieses Tieres (BLOCK 1984; BLOCK & TILBROOK 1975; 1977; 1978; BURN 1981, 1982; 1984 a/b; TILBROOK 1970a; 1970b; 1977). Dennoch sind noch viele Fragen über Freilandökologie und Biologie offen. TILBROOK (1970a) gelang es zwar, die von frisch gefangenen Tieren abgelegten Eier zum Schlüpfen zu bringen, er konnte aber weder die Eiablage noch das Absetzen von Spermatophoren beobachten. Es fehlen sowohl genaue Daten über Embryonal- und Juvenilentwicklung wie auch über Wachstum und Reifung von *Cryptopygus antarcticus*.

Freilandbeobachtungen und -versuche wurden zwar durchgeführt (BLOCK 1982; BURN 1984 a/b; BURN & LISTER 1988), waren aber fast immer auf das Aufsammeln der Tiere für die geplanten Laborversuche beschränkt, so daß es kein klares Bild von der Verteilung und Verbreitung dieser Collembolen gibt.

Mit dem deutschen Forschungsschiff „Polarstern“ war es nun einem von uns (SCHALLER) möglich, als Teilnehmer des Fahrtabschnitts ANT VIII/4 im Dezember 1989 die Nordhalbinsel der Antarktis und einige vorgelagerte Inseln zu besuchen und dort zu Beginn des Südsommers die Habitate der Collembolen zu studieren und lebende Tiere zu sammeln. Diese konnten verlustfrei nach Wien transferiert werden, um hier weitere Beobachtungen über ihre Sexual- und Fortpflanzungsbiologie anzustellen. So ist es gelungen, einige wesentliche noch offene Fragen im Lebenszyklus von *Cryptopygus antarcticus* zu klären, worüber nun im folgenden berichtet wird. Die Laborbeobachtungen hat der zweite von uns (KOPESZKI) gemacht.

Zusätzlich zu unseren biologischen Studien hat W. HEMMER schließlich noch die Chromosomen von *C. antarcticus* untersucht, um so einen ersten karyologischen Beitrag zur Frage der systematischen und biogeographischen Stellung dieser Art innerhalb der Isotomiden zu liefern. Seine zwar noch vorläufigen, aber schon sehr bemerkenswerten Befunde werden am Ende des Ergebnisteils referiert.

## Material und Methoden

### Die Tiere

*Cryptopygus antarcticus* ist ein 1,2–1,8 mm großer, blauschwarz pigmentierter Springschwanz. Alle Extremitäten weisen dieselbe dunkle Farbe auf; die Furca ist relativ kurz und ermöglicht nur geringe Sprungweiten (Abb. 1). Beim Klettern durch enge Röhren wird sie fallweise ausgeklappt und dient so als Nachschieber.

### Die Fundorte

Die besuchten Fundorte lagen alle in der Nähe der antarktischen Forschungsstationen:

1. Livingstone Island; Station Juan Carlos;
2. King George Island; Stationen Arctowski und Bellingshausen;
3. auf der Halbinsel die Station Esperanza und
4. auf Anvers Island Palmer Station.

Mit Ausnahme der letztgenannten Fundstelle handelte es sich um Habitate, die im Einflußbereich von Pinguinkolonien liegen, wo also der Boden durch Pinguin-Abfälle (Exkrememente, Federn, Eischalen, mumifizierte Vogelleichen etc.) „gedüngt“ erschien. Außerdem waren dort Steine und Felsen regelmäßig mit Flechten bewachsen. Die Tiere saßen stets inselartig in dichter Aggregation auf einem Stein zusammen. Die so besiedelten Steine steckten regelmäßig im nassen Bodenschutt oder lagen locker dem nassen Boden auf, und die Collembolen-Aggregationen fanden sich an den Steinen stets im feuchten Randbereich dicht über der Bodenoberfläche oder zwischen den Steinen. In den Flechten gab es keine Tiere. Auffallend war die sehr diskontinuierliche Verteilung der Aggregationen. Nur etwa jeder 10. geeignet erscheinende Stein war auch tatsächlich besetzt. In den Wasserrinnsalen dazwischen waren gelegentlich (meist nach Störungen durch meine Suche) auf dem Wasser treibende, laufende und springende Individuen zu sehen. Die Springgabel benutzen sie ja nur bei stärksten Störungen.

Aus dem ornithogenen Charakter der typischen Habitate war zu folgern, daß *C. antarcticus* auch zoo- und koprophag und nicht nur phytophag sein dürfte (wie BURN 1981; 1984 a/b meint). Dementsprechend haben wir dann auch unser Nahrungsangebot für die Tiere im Labor gewählt.

### Sammel- und Transportmethoden

Die mit dem Exhaustor gesammelten Tiere wurden auf dem Schiff und während des Transportes nach Wien bei ca. 5–8°C in Filmdöschen mit Gipsboden gehalten. Der Gips war mit Aktivkohle vermengt. Von den mehr als 1000 gesammelten Tieren überlebten nur einige wenige den Transport (in handelsüblichen Thermokannen) nicht. Sie waren in Kondensstropfen hängen geblieben.

### Haltung und Zucht im Labor

Für die weitere Haltung und Zucht wurden verschieden große Gefäße verwendet, die alle am Boden eine Mischung aus Gips und Aktivkohle enthielten. Dabei erwiesen sich hochrandige Petrischalen und Marmeladegläser als mehr für die Beobachtung und Filmdöschen als wesentlich besser für die Zucht geeignet. In den letzteren lassen sich Pilze, Exuvien, Eipakete und Spermatophoren leichter finden. Filmdöschen haben aber den Nachteil, daß sich an den Wänden rascher Kondenswassertropfen bilden, die täglich entfernt werden müssen, da an ihnen die Tiere leicht hängen bleiben. Die größeren Gefäße waren mit einem Gipsdeckel verschlossen, der das Kondenswasser aufsaugte.

Entsprechend den einleitend skizzierten Freilandbeobachtungen wurden die Tiere im Labor mit Tetra-Min-Fischflockenfutter und mit einigen aus der Antarktis mitgebrachten Moosstückchen gefüttert. Die größeren Gefäße wurden regelmäßig befeuchtet; in den Filmdosen war das nur selten nötig.

Temperaturbedingungen: in einem mit Glasfenster versehenen Kühlschrank (also bei natürlichem Tag-Nacht-Lichtrhythmus) wurden zwei Temperaturzonen installiert: 0–2°C und 7–9°C; einzelne Versuche wurden auch bei –2°C durchgeführt.

Da die Tiere in der kühleren Temperaturzone kaum Lokomotion zeigten und fast keine Nahrung aufnahmen, wurden in diesem Bereich lediglich Gefäße mit Eipaketen aufgestellt und alle anderen Beobachtungen bei 7–9°C durchgeführt.

### Freilandbeobachtungen

Wegen der Kürze der Zeit (die Landgänge von der „Polarstern“ mit Schlauchbooten oder Hubschrauber ließen jeweils nur wenige Stunden für Suche, Beobachten und Sammeln zu) konnte SCHALLER vor Ort faktisch keine weiterführenden Beobachtungen machen. Das Aggregationsverhalten der Tiere, ihr inselartiges Vorkommen und ihre gelegentliche Verdriftung im Schmelzwasser wurde bereits in Kapitel „Fundorte“ erwähnt. An manchen Steinen fanden sich typische Häutungsplätze, zu erkennen an den dort dicht lagernden weißen Exuvien. Offensichtlich hatte (anfangs Dezember) gerade der erste nachwinterliche Häutungsschub stattgefunden, wie ihn schon BLOCK (1984) beschrieben hat. Ans Licht gebrachte Tiere reagierten nur langsam durch Wegkriechen, kaum eines sprang. Erst nach 20–30 Minuten hatten die letzten ihr Aggregationsareal verlassen und neue weniger besonnte feuchte Sitzplätze auf dem umgedrehten Stein eingenommen. Offensichtlich ist *C. antarcticus* eine sehr ortstete Form. Umso interessanter erscheint die Frage, wie es zu dem inselartigen Verbreitungsbild der Populationen kommt. Noch dringender wäre es, zu erforschen, wo und wie die Tiere den langen antarktischen Winter (unter der Schneedecke) verbringen.

## Laborbeobachtungen

### Ernährung

Die Nahrung von *C. antarcticus* soll ausschließlich aus pflanzlichem Material, wie Pilzhyphen, Algen und toten Moosblättchen bestehen, wie BURN (1981, 1984 a/b) aus seinen Darmanalysen geschlossen hat. Er konnte ja auch einen Zusammenhang zwischen Nahrungsangebot und Wachstum nachweisen.

Im Labor fressen die Tiere aber gern und regelmäßig Tetra-Min und lassen sich damit langfristig problemlos halten. Von den dazu dargebotenen Mooshalmen werden fast nur abgestorbene braune Partikel aufgenommen. An den grünen Blättchen wird des öfteren „gelutscht“; wobei vermutlich Bakterien aufgenommen werden. Auch Exuvien werden derart „abgeweidet“, aber nicht gefressen. Nur in ganz seltenen Fällen verzehren die Tiere Moosblättchen. Die davon grünen Kotbällchen liegen dann auf dem beweideten Moosstück und werden mitgefressen, bis aus dem Moos schließlich eine breiige Masse geworden ist, die immer rasch verpilzt. Sogar in der Temperaturzone mit 0–2°C wachsen innerhalb weniger Tage Pilzfruchtkörper auf dieser formlosen Masse.

Versuchsweise angebotener Haselnußpollen, der bei der Zucht von *Isotoma saltans* (Abb. 2) mit Erfolg verwendet worden ist (KOPESZKI 1988), wird von *C. antarcticus* nicht angenommen.

*C. antarcticus* bildet in den Zuchtgefäßen um Nahrungspartikel herum meist größere Aggregationen. Dabei stört die Tiere gegenseitige Berührung – im Gegensatz zu anderen Collembolen – nicht bei der Nahrungsaufnahme.

Frisch geschlüpfte Tiere nehmen meist noch am selben Tag Nahrung zu sich; die Darmfüllung scheint dann durch den kaum pigmentierten Körper deutlich durch.

### Putzen

Bei vielen Collembolenarten ist schon Putzverhalten beschrieben worden (HANDSCHIN 1924; KOPESZKI 1988; MEYER 1957; STREBEL 1932). Von *Cryptopygus antarcticus* fehlten solche Beobachtungen bisher vollständig.

Auch dieser Springschwanz verwendet einen „Putztropfen“, der in Seitenlage vom Ventraltubus abgesondert und mit den Beinen über den ganzen Körper jongliert wird. Die dabei an dem Tropfen haften bleibenden Teilchen werden samt demselben nach Beendigung dieser „Körperpflege“ aufgefressen. Dabei tauchen die Tiere ihren Mundkegel in die Flüssigkeit und saugen diese – unter deutlich erkennbaren Bewegungen der Mundwerkzeuge – langsam auf.

Die Putzflüssigkeit hat vermutlich öligen Charakter und macht das Integument hydrophob. Die Tiere benötigen die wasserabstoßende Oberfläche auch zum Überleben unter Wasser (im nassen Schnee). In

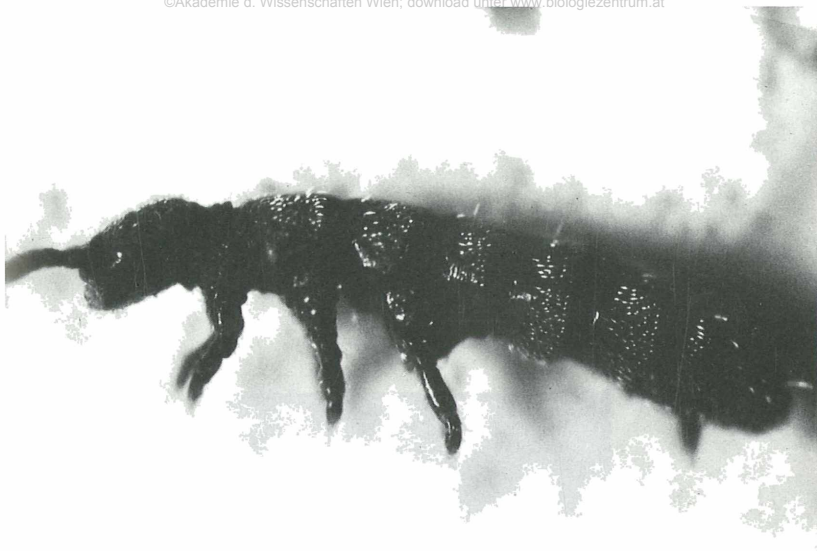


Abb. 1: *Cryptopygus antarcticus* Willem



—0,5 mm—

Abb. 2: Der hochalpine Springschwanz *Isotoma saltans* zum Vergleich



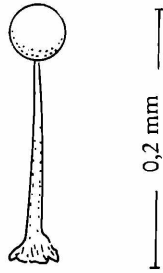


Abb. 3: Spermatophore

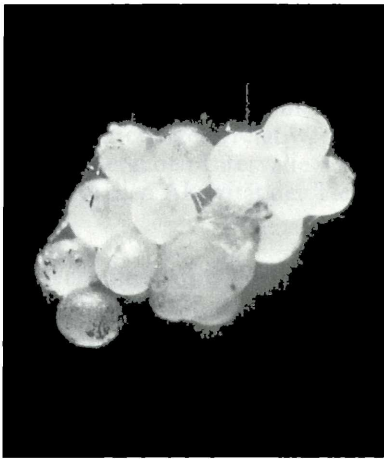


Abb. 4: Eipaket

|— 0,2 mm —|

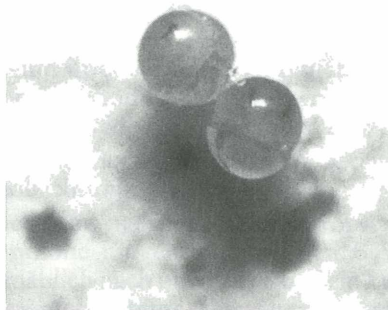


Abb. 5: Eier nach dem Chorionsprung





stabilen Luftblasen („physikalische Kieme“) überleben sie regelmäßig tagelang, in der Regel bewegungslos.

### Häutung und Aggregation

Die Häutung findet in der für Collembolen üblichen Art und Weise statt. Auffällig sind dabei die Aggregationen (Häutungsgesellschaften), welche selbst in den kleinen Filmdöschen zu beobachten sind. Dabei werden die kleinsten Poren und Vertiefungen im Gips aufgesucht und die Exuvien auf engstem Raum abgestreift. Ein großer Teil der Tiere sitzt dann auch neben- und übereinander in diesen Höhlen in der Nähe der abgestreiften Häute.

Die Exuvien selbst werden zwar immer wieder mit den Antennen heftig betastet und manchmal auch „abgenagt“ oder abgeputzt, aber nicht gefressen.

Wie schon BURN (1981) feststellte, sind die Häutungsintervalle temperaturabhängig und unterliegen relativ großen Schwankungen. Eigene Versuche bei 7–9°C ergaben Intervalle von 35 bis 87 Tagen. Ein Zusammenhang mit der sexuellen Aktivität der Tiere konnte bisher nicht bemerkt werden.

### Sexualverhalten und Fortpflanzung

Trotz der zahlreichen physiologischen Laboruntersuchungen gibt es noch keine Beschreibung der Paarungsbiologie von *C. antarcticus*. Nur TILBROOK (1970a) gibt Hinweise auf das Aussehen der Eier und beschreibt auch schon den Schlüpfvorgang.

Die Laborbeobachtungen zeigen nun, daß sich auch *C. antarcticus* in der für Collembolen typischen Art und Weise fortpflanzt (SCHALLER 1953). Die Männchen setzen gestielte Samentropfen ab, welche von den Weibchen abgestreift werden. Einige Zeit nach der Samenaufnahme legen die Weibchen dann Eier in Paketform ab. Leider konnte die Zeitspanne von der Aufnahme des Samens bis zur Eiablage nicht genau festgestellt werden.

### Absetzen und Aussehen der Spermatothecen, Samenaufnahme

Die frisch gesammelten Tiere (4. bis 10. Dezember 1989) wurden offensichtlich zu Beginn ihrer sexuellen Aktivitätsphase gefangen, denn ein erstes Eipaket konnte schon beim Umsetzen von den Transportgefäßen in die frischen Zuchtgefäße (18. Dezember 1989) gefunden werden.

Die ersten Spermatothecen fanden sich bereits zwei Tage nach Beginn der Laborbeobachtungen.

Es handelt sich um gestielte Samentropfen (Abb. 3) von 0,18–0,2 mm Gesamthöhe mit einer deutlichen Basalplatte. Der Stiel verschmälert sich allmählich nach oben zu, wo er ein kugeliges, manchmal leicht ovales Samentropfchen trägt. Der Durchmesser des eigentlichen Samentropfens beträgt 0,05 mm; die Basalplatte hat dieselbe Größe.

Trotz intensivster Suche konnten nur vier komplette Spermatophoren gefunden werden, daneben aber große Mengen von Spermatophorenstielen, von denen das Samenpaket offensichtlich bereits abgestreift war. Möglicherweise werden die Spermatophoren auch nur bei Anwesenheit von reifen Weibchen abgesetzt. Alle vier Samentropfen befanden sich an der Deckelunterseite der Filmdöschen; die anderen abgestreiften Stiele alle an den Gefäßaußenwänden (meist 3–5 Stiele nebeneinander). Auf den Gipsböden waren keine Spermatophoren zu finden. Das Absetzverhalten konnte leider noch nicht beobachtet werden. Die Tatsache, daß nur die zum Abstreifen „ungünstig“ in den Deckelinnenrand abgesetzten Spermatophoren komplett erhalten geblieben sind und daß alle anderen – trotz intensiver Suche – ohne Samentropfen gefunden wurden, läßt den Schluß zu, daß bei der Samenübertragung eine Art „Paarbildung“ vorliegen dürfte.

### Eiablage

Im Labor werden die orangeroten, kugelrunden Eier in Paketen abgelegt (Abb. 4). Der Durchmesser eines Eies beträgt 0,2 mm. Die Anzahl der Eier pro Paket schwankt zwischen 6 und 9; nicht selten finden sich (offensichtlich kombinierte) Pakete mit bis zu 24 Eiern. In seltenen Fällen können auch einzelne Eier gefunden werden.

Die Weibchen zeigen ein sehr interessantes Ablegeverhalten: die feucht glänzenden Eier werden einzeln aus der Genitalöffnung herausgepreßt und vorsichtig aufeinander abgesetzt. Dabei ist die Furca meist aus dem Retinaculum gelöst und steht leicht schräg vom Körper ab. Nach Absetzen eines Eies hebt das Weibchen das Abdomenende vorsichtig hoch. Dabei zieht sich manchmal ein weißer (klebriger) Faden vom eben abgesetzten Ei zur Genitalöffnung, der dann reißt. Unmittelbar darauf dreht sich das Weibchen um, betastet mit den Antennen intensiv das Eipaket und beginnt dann mehrmals – bis 12mal hintereinander – auf dem Eipaket herumzulaufen. Durch dieses Krabbeln im Kreis auf dem Eipaket werden offensichtlich einzelne lose Eier fester in das Paket eingefügt und angeklebt. Dabei machen die Bewegungen mit den Beinen und Antennen den Eindruck, als solle das Eipaket „geknetet“ werden. Erst danach wird das nächste Ei dazugelegt und ebenso behandelt.

Die Eier kleben derart gut aneinander, daß sie bei einer „Überschwemmung“ mit Wasser eher als ganzes Paket abschwimmen und dann nach dem Trockenfallen komplett wieder haften bleiben. Möglicherweise trägt auch dieser Umstand zur inselartigen Verbreitung der Tiere in der Natur bei.

Die Weibchen neigen auch dazu, ihre Eier auf fremde Eipakete zu kleben, so daß „Riesepakete“ mit bis über hundert Eiern gefunden werden können.

Die vor der Eiablage frisch und „dick“ aussehenden Weibchen erscheinen nachher eingefallen; ihr Abdomenende ist dann flach, nicht selten sogar auf der Bauchseite rinnenförmig eingedrückt.

Bemerkenswert ist auch, daß die Tiere die abgelegten, älteren Eier immer wieder aufsuchen und an deren Oberfläche „knabbern“. Man kann dabei die Bewegung der Mundwerkzeuge deutlich beobachten. Die Eier werden aber nicht im geringsten beschädigt oder gar angefressen. Auch die nach dem Schlüpfen zurückbleibenden Eischalen werden nicht gefressen.

Alle Eier wurden innerhalb der ersten drei Wochen nach der Ankunft in Wien abgelegt; danach wurden von den im Freiland gefangenen Tieren bloß noch zwei Pakete mit je fünf Eiern (10. April 1990 und 26. April 1990) produziert. Eines davon dürfte ohne Besamung abgesetzt worden sein; es zeigt keinen Chorionsprung. Das zweite „verspätete“ Eipaket entwickelte sich hingegen normal.

### Embryonalentwicklung

Die Dauer der Embryonalentwicklung von *C. antarcticus* ist stark temperaturabhängig. Die Eier entwickeln sich sowohl bei 0–2°C als auch bei Zimmertemperatur (18–21°C). Allerdings sterben bei Zimmertemperatur alle Jungtiere innerhalb der 1. Lebenswoche, obwohl sie erst noch Nahrung zu sich nehmen. Die Entwicklungsdauer beträgt bei diesen hohen Temperaturen zwischen 13 und 15 Tagen.

Bei 0–2°C dauert die Entwicklung extrem lang: am 1. Dezember 1989 abgelegte Eier machten zwar den Chorionsprung durch und ließen Anfang Mai (zwischen 1. Mai 1990 und 5. Mai 1990) einen fertig entwickelten Springschwanz mit Extremitäten und Ommen erkennen. Die ersten Jungtiere schlüpfen aber erst nach 144 Tagen (Ende Mai). Aus dem selben Eipaket schlüpfen weitere Tiere am 7. Juni 1990, und schließlich am 12. Juni 1990. Obwohl alle Eier dieses Paketes äußerlich „schlüpfbereit“ aussahen, krabbelten die nächsten Jungtiere erst am 3. August 1990 und in weiterer Folge am 3. September 1990 aus den Eiern. Derzeit (26. September 1990) liegen noch immer einige „fertige“ Eier in den Zuchtgefäßen; ein Hinweis darauf, daß *C. antarcticus* mit seiner Entwicklungsdauer innerhalb eines Geleges sehr plastisch „reagieren“ kann. Diese Fähigkeit zu verschiedenen langer Dormanz bietet sicherlich entscheidende Vorteile bei den sehr wechselnden Wetterbedingungen in den natürlichen Habitaten.

Bei 7–9°C dauert die Embryonalentwicklung zwischen 28 und 34 Tagen. Dabei findet schon zwischen dem vierten und achten Tag nach der Eiablage der Chorionsprung statt. Die Eier verformen sich und nehmen dick scheibenförmige Gestalt an. Der größere Durchmesser beträgt 0,23 mm, der kleinere 0,18 mm. Das Chorion platzt keilförmig auf, fällt aber nicht ganz ab, sondern bleibt am Ei haften (Abb. 5). Dieses verliert seine orangene Farbe und wird blaßgelb. Der sich entwickelnde Keimstreifen liegt immer auf der Seite, wo das Chorion springt. Die blasse gelbe Farbe weicht nach 10 bis 12 Tagen einer leicht grauen Pigmentierung, mit der die Tiere dann auch schlüpfen.

Nach durchschnittlich 14 Tagen erscheinen die Ommenpünktchen; bald darauf die Extremitäten. Nach weiteren 8 bis 10 Tagen erkennt man die Segmentierung und die Extremitäten, die kurz vor dem Schlüpfen schon im Ei bewegt werden.

Bemerkenswert ist die Widerstandsfähigkeit der Eier gegenüber niederen Temperaturen: versuchsweise unter 0°C gebrachte Eier können im „Kondenswasser“-Eis eingefroren sein, ohne zu platzen oder sonst Schaden zu nehmen. Bringt man diese Eier nach 72 Stunden wieder in höhere Temperaturzonen, so entwickeln sich 92–98 % von ihnen weiter.

Ein weiterer Versuch unterstreicht die Temperaturabhängigkeit der Embryonalentwicklung: am 22. Dezember 1989 abgelegte Eier wurden bis 10. März 1990 bei 0–2°C gehalten. Die Eier verformten sich, blaßten aus, die Ommen wurden sichtbar, Extremitäten und Segmentierung waren bereits vorhanden – die Tiere schlüpften aber nicht. Nach nur zwölf weiteren Tagen (22. März 1990) in der höheren Temperaturzone (7–9°C) schlüpften rund 80 % dieser Eier; die Jungtiere entwickelten sich problemlos.

Die restlichen 20 % der bei 0–2°C gehaltenen Eier machten eine Art Dormanz durch. Schon TILBROOK (1970 a/b) hat auf dieses Phänomen der unterschiedlichen Schlüpftermine in gleichalten Gelegen hingewiesen. Diese Erscheinung tritt nicht nur bei tieferen Temperaturen auf. So entwickelten sich alle Eier eines am 19. Dezember 1989 bei 8–10°C abgesetzten Eipakets synchron bis zum Auftreten der Segmentierung und der Extremitäten. Von diesen 22 Eiern schlüpften dann 20 am 19. Jänner 1990, eines am 10. April 1990 und das letzte am 15. Mai 1990.

### Postembryonalentwicklung

Die Embryonen sind bereits vor dem Schlüpfen blaßgrau pigmentiert. Die Färbung ist aber auf die Segmentgrenzen beschränkt, so daß Jungtiere in den ersten Tagen einen fast durchsichtigen Körper besitzen. Die Darmfüllung scheint während der ersten Tage deutlich durch.

Die Tiere sind beim Schlüpfen durchschnittlich 0,5 mm groß. Die erste Häutung findet bereits nach 15 Tagen statt. Die weiteren Häutungsintervalle unterliegen großen Schwankungen (38 bis 49 Tage). Die Längenzunahme beträgt bis zur ersten Häutung 0,05 mm. Die weitere Größenzunahme erfolgt dann bemerkenswerterweise unabhängig von den folgenden Häutungen. Das zeigt, daß die chitinige Körperbedeckung relativ elastisch und dehnbar ist.

Innerhalb von 65 Tagen (bei drei bis maximal vier Häutungen) erreichen die Tiere eine Größe von rund 1 mm.

Die fast farblos geschlüpften Jungtiere werden noch vor der ersten Häutung dunkler und schließlich rotviolett. Die Pigmentierung beginnt vom Kopf her stärker zu werden, so daß oft „halbgefärbte“ Jungtiere mit dunklem „Vorderkörper“ und blassem Abdomenendstück zu beobachten sind. Durch diese pigmentlosen Hinterleibssegmente (A IV; V; VI)

scheint die Darmfüllung noch lange durch. Erst bei einer Körpergröße von 0,7–0,9 mm (nach mindestens zwei Häutungen) ähneln die Jungtiere auch in ihrer Färbung den Adulten.

Die Geschlechtsreife wurde von den im Labor geschlüpften Tieren bei 8°C nach durchschnittlich 10 (11) Monaten erreicht. Dabei treten in den Zuchtgefäßen zuerst geschlechtsreife Weibchen (September/Okttober 1990) neben subadulten Männchen auf; erst 4 bis 6 Wochen später lassen sich Männchen mit durchgebrochener Genitalöffnung nachweisen. Dies würde bedeuten, daß sich diese Generation bereits selbst wieder im kommenden antarktischen Sommer fortpflanzen könnte. BURN 1984b nimmt noch an, daß die Geschlechtsreife erst im dritten Lebensjahr eintritt, was für Collembolen äußerst ungewöhnlich wäre und in diesem extremen Lebensraum mit großen Risiken für die Arterhaltung verbunden wäre.

Im Labor legen Tiere aus eigener Zucht tatsächlich schon nach 18 Monaten (6–8 Monate nach Erreichung der Geschlechtsreife) wieder Eier ab, welche sich problemlos entwickeln. Damit konnte *C. antarcticus* erstmals unter kontrollierten Bedingungen über mehrere Generationen gehalten werden.

### Zur Karyologie

Der Chromosomensatz von *Cryptopygus antarcticus* weicht auffällig vom üblichen Muster der Collembolen ab. Mit Ausnahme der sehr abgeleiteten, saugenden Neanuriden gehören alle Collembolen zum XO-Typus, d. h., ihre Männchen haben normalerweise kein Y-Chromosom (HEMMER 1987). Auch fast alle bisher untersuchten Isotomiden-Arten besitzen  $n = 7$  (Weibchen  $2n = 12 + XX = 14$ ; Männchen  $2n = 12 + XO = 13$ ) Chromosomen. *C. antarcticus* hingegen weist im männlichen Geschlecht den Status XY auf. Das stellt aber offensichtlich einen abgeleiteten Zustand dar; denn die Gesamtchromosomenzahl von *Cryptopygus* beträgt  $n = 6$ .

HEMMER schließt aus seinen bisherigen Befunden, daß es zu diesem sekundären Zustand durch eine autosomal-heterosomale Chromosomenfusion, d. h. durch Fusion eines Autosoms mit einem X-Chromosom, gekommen sein dürfte, wobei beide Ausgangselemente telocentrische Form hatten.

*Cryptopygus antarcticus* hätte demnach also den außergewöhnlichen Karyotyp  $n = 6$  (Weibchen  $2n = 10 + neoXX = 12$ ; Männchen  $2n = 10 + neoXneoY = 12$ ).

### Diskussion und Zusammenfassung

Biologie und Ökologie des antarktischen Springschwanzes *Cryptopygus antarcticus* WILLEM bleiben auch nach dieser Studie lückenhaft. Vor allem die Frage, wo und wie die Tiere den antarktischen Winter verbringen, ist offen. Hingegen haben die vorliegenden Beobachtungen, über die bis jetzt vorwiegend studierten ökophysiologischen Aspekte

hinaus, wesentliche Aufschlüsse zu den Fragen der Fortpflanzungs- und Entwicklungsbiologie von *C. antarcticus* geliefert:

1. Auch dieser antarktische Collembole produziert Spermatophoren in Form „nackter“ Samentröpfchen auf Sekretstielen.
2. Ob die Männchen das nur bei Anwesenheit von Weibchen tun, ist noch nicht geklärt; die Tatsache aber, daß in unseren Zuchtgefäßen fast nur abgestreifte Spermatophorenstiele zu finden waren und die wenigen nicht abgestreiften Samentröpfchen an besonders unzugänglichen Stellen standen, deutet darauf hin, daß es wohl schon beim Absetzen der Spermatophoren zu einer engeren Kontaktnahme zwischen Weibchen und Männchen kommt.
3. Besonders bemerkenswert erscheint das (von KOPESZKI) beobachtete Eiablage-Verhalten. Demnach werden die Eier zwar in Abständen einzeln abgesetzt, im Normalfall aber immer zu Paketen aufeinandergelegt und durch mehrmalige kreisförmige Begehung fester aneinandergesetzt. Dieses Verhalten trägt wesentlich dazu bei, daß die Eipakete auch bei Überschwemmung (Schneesmelze) nicht zerfallen, sondern eher als Ganzes abgeschwemmt werden.
4. Die auffällig disjunkten Aggregationen von *C. antarcticus* lassen sich auf folgende Faktoren zurückführen:
  - a) die intraspezifische Thigmotaxis der Tiere, vor allem bei Nahrungsaufnahme und Häutung,
  - b) auf die Paketbildung bei der Eiablage, wobei es oft zu Riesepaketen mit bis zu mehr als 100 Eiern kommt, weil die Weibchen ihre Eier gern auf bereits vorliegende (fremde) Pakete dazulegen,
  - c) schließlich wohl auch darauf, daß die Eipakete im Fall einer Überschwemmung als Ganzes verdriftet werden.
5. Die Entwicklungsbiologie von *C. antarcticus* ist sowohl embryonal wie postembryonal durch extreme zeitliche Plastizität gekennzeichnet. Möglicherweise liegt sogar eine spezifische genetische Diversität der Eier (Eipolymorphismus) vor, weil es in unseren Zuchten mehrfach Gelege gab, in denen einzelne Eier (unter gleichen Bedingungen!) eine starke Schlüpf-Verzögerung gezeigt haben. Wenn also unter extremen Wetterbedingungen, wie sie in der Antarktis immer wieder auftreten, selbst alle zuvor geschlüpften Jungtiere umkommen sollten, so kann der Populationsverlust durch solche (im Schlüpfen) „verzögerte“ Eier ausgeglichen werden. Weitere Studien müssen klären, ob diese populationsgenetische Vermutung zutrifft.

Die Geschlechtsreife tritt im Labor bei 8°C nach 11 Monaten ein; eine Samen- und Eiproduktion der 2. Generation erfolgt bereits nach 18 Monaten.

6. Schließlich werden in dieser Studie auch Beobachtungen über Nahrungswahl und Putzverhalten von *C. antarcticus* mitgeteilt, die unser bisheriges Wissen über seine Biologie wesentlich ergänzen. Bemerkenswert ist die erneute Feststellung, daß dieser Spring-

schwanz vielfach enge ernährungsphysiologische Beziehungen zu Pinguinkolonien aufweist.

7. Die zusätzlich von W. HEMMER mitgeteilten (noch unveröffentlichten) karyologischen Befunde zeigen, daß *Cryptopygus antarcticus* innerhalb der Collembolen und Isotomiden nicht nur tiergeographisch, sondern auch systematisch gesehen eine besondere Stellung einnimmt. Aus karyologischer Sicht ist diese Gattung also eher als ein Rest der ehemaligen Kontinentalfauna der Antarktis zu werten und nicht als jüngerer, neu eingewandertes Faunenelement.

### Danksagung

Ich (SCHALLER) danke Herrn Prof. Dr. G. HEMPEL für die Einladung zur Teilnahme an der Kontrollfahrt ANT VII/4 und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften für einen sehr hilfreichen Zuschuß zur Finanzierung meiner Forschungsfahrt.

### Literatur

- BLOCK, W. (1982): The Signy Island terrestrial reference sites: XIV. Population studies on the Collembola. – British Antarctic Survey Bulletin, No. 55, 33–49.  
 – (1984): Terrestrial microbiology, invertebrates and ecosystems. – 163–236. – In Laws, R. M. (ed.), Antarctic Ecology, 1, Academic press, London and New York.
- BLOCK, W. & P. J. TILBROOK (1975): Respiration studies on the Antarctic collembolan *Cryptopygus antarcticus*. – Oikos 26, 15–25.  
 – (1977): Effects of long-term storage on the oxygen uptake of *Cryptopygus antarcticus* (Collembola: Isotomidae). – Oikos 29, 284–289.  
 – (1978): Oxygen uptake by *Cryptopygus antarcticus* (Collembola: Isotomidae) at South Georgia. Oikos 30, 61–67.
- BURN, A. J. (1981): Feeding and growth in Antarctic collembolan *Cryptopygus antarcticus* (Willem). – Oikos 36, 59–64.  
 – (1982): Effects of temperature on the feeding activity of *Cryptopygus antarcticus*. – Comité National Français de Recherches Antarctiques, No. 51, 209–217.  
 – (1984a): Energy partitioning in the Antarctic collembolan *Cryptopygus antarcticus*. Ecological Entomology 9, 11–21.  
 – (1984b): Life cycle strategies in two Antarctic Collembola. – Oecologia 64, 223–229.
- BURN, A. J. & A. LISTER (1988): Activity patterns in an Antarctic arthropod community. – British Antarctic Survey Bulletin, No. 78, 43–48.
- HANDSCHIN, E. (1924): Ökologische und biologische Beobachtungen an der Collembolenfauna des schweizerischen Nationalparks. – Verh. naturf. Ges. Basel 35, 71, 101.
- HEMMER, W. (1987): Systematische Relevanz von Karyotypenanalysen bei arthropleonen Collembolenarten. – Diss. Univ. Wien; D 769.

- KOPESZKI, H. (1988): Zur Biologie zweier hochalpiner Collembolen – *Isotomurus palliceps* (UZEL, 1891) und *Isotoma saltans* (NICOLET, 1841). – Zool. Jb. (Syst.) 115, 405–439.
- MAYER, H. (1957): Zur Biologie und Ethologie einheimischer Collembolenarten. Zool. Jb. (Syst.) 85, 501–570.
- SCHALLER, F. (1953): Untersuchungen zur Fortpflanzungsbiologie arthropleoner Collembolen. – Z. Morph. u. Ökol. Tiere 41, 265–277.
- STREBEL, O. (1932): Beiträge zur Biologie, Ökologie und Physiologie einheimischer Collembolen. – Z. Morph. Ökol. Tiere, 25, 31–153.
- TILBROOK, P. J. (1970a): The biology of *Cryptopygus antarcticus*. – 908–918. – In Holdgate, M. W. (ed.), *Antarctic Ecology*, vol. 2, Academic press, London & New York.
- (1970b): The terrestrial environment and invertebrate fauna of the maritime Antarctic. – 886–896. – In Holdgate, M. W. (ed.), *Antarctic Ecology*, vol 2, Academic press, London & New York.
- (1977): Energy flow through a population of the collembolan *Cryptopygus antarcticus*. – 935–946. – In Llano, G. A. (ed.), *Adaptations within Antarctic ecosystems*. Gulf Publishing Co., Houston, Texas.

FRIEDRICH SCHALLER und HUBERT KOPESZKI, Institut für Zoologie, Althanstraße 14, A-1090 Wien (Austria).