

XI. f<sub>2</sub>**Thalassobionte und thalassophile  
Collembola**

von KARL STRENZKE, Wilhelmshaven

(Mit 20 Figuren)

**Charakteristik** Kleine, primär flügellose Insekten (Apterygoten) mit kaum ausgeprägter Metamorphose (Epimetabolie). Körper oligomer, auch bei den Erwachsenen nur 6 Abdominalsegmente. Kopf mit entotrophen Mundwerkzeugen, meist viergliedrigen Antennen und einfachen Komplexaugen, die nicht selten reduziert sind oder fehlen. Abdomen mit Resten einfacher Gliedmaßen: dem Ventraltubus (1. Segment), dem Retinaculum (3. Segment) und der Furca (4. Segment). Die beiden letzteren bilden den Sprungapparat, der jedoch bei vielen Formen  $\pm$  stark reduziert ist. Geschlechtsöffnung am 5., Anus am 6. Abdominalsegment.

**Technik der Untersuchung** Die im Boden und Anwurf lebenden Collembolen können mit den in der Bodenzologie gebräuchlichen automatischen Sammelapparaten nach BERLESE-TULLGREN erfaßt werden. Die beim Arbeiten mit diesen Geräten zu berücksichtigenden Gesichtspunkte sind der neueren bodenzologischen Literatur zu entnehmen. Die Methode versagt bei Sandböden, die bei der Trocknung in Einzelkörner zerfallen und durch das Drahtgeflecht der Apparate nicht zurückgehalten werden. Die Bewohner der unterirdischen Feuchtzone des Sandstrandes sammeln sich gewöhnlich auf der Oberfläche von Grundwassergrabungen und können von dort mit feinmaschigen Netzen abgeschöpft werden. Zur Fixierung dient 96prozentiger Alkohol oder ein besser eindringendes und benetzendes Gemisch von Alkohol : Schwefeläther : Eisessig : Formol = 750 : 250 : 30 : 3 (nach GISIN). Die mikroskopische Untersuchung erfolgt in 10prozentiger Kalilauge oder in Milchsäure. Einzelheiten über die Präparationstechnik sind den einschlägigen Arbeiten zu entnehmen (GISIN 1947).

**Morphologie** Die Körpergröße der Collembolen überschreitet selten 5 mm; die kleinsten Formen (*Megalothorax*) sind etwa 0,3 mm groß. Charakteristisch für die Segmentierung ist die Oligomerie. Auf den Kopf folgen 3 Thorakalsegmente (Prothorax oft verkleinert) und 6 Abdominalsegmente (Fig. 1). Bei der Unterordnung Arthropleona sind die Segmente des ungefähr zylindrischen Körpers deutlich getrennt; Verwachsungen können innerhalb der letzten Abdominalsegmente eintreten. Bei den Symphypleona (Kugelspringern) ist die Gliederung verwischt; die vorderen Abdominalsegmente bilden zusammen mit dem Thorax einen hochgewölbten, kugelförmig aufgetriebenen Komplex. Die Körperdecke ist dünnhäutig. Sie trägt regelmäßig Haare verschiedener Form, zu denen bei manchen Gattungen noch ein  $\pm$  dichtes Schup-

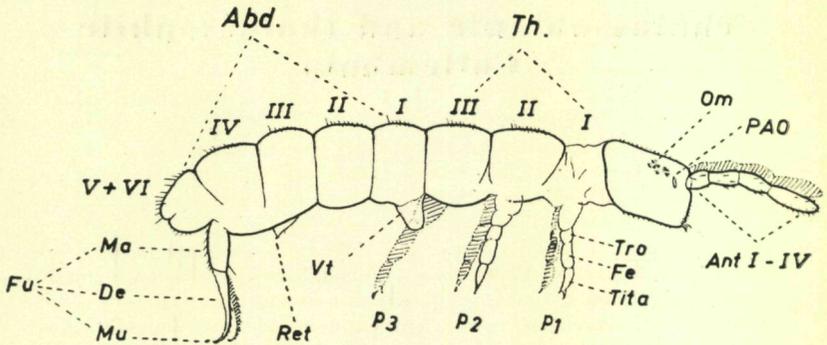


Fig. 1.<sup>1)</sup> *Protosotoma (Isotomina) thermophila*, Organisationschema (Seitenansicht): Ant. I-IV Antennenglieder I-IV; PAO Postantennalorgan; Om Ommenleck; Th I bis III Thorakalsegmente I-III; Abd. I-V + VI Abdominalsegmente I-V + VI;  $p_1, p_2, p_3$  Thorakalbeine I-III; Tro Trochanter; Fe Femur; Tita Tibiotarsus; Vt Ventraltubus; Ret Retinaculum; Fu Furca; Ma Manubrium; De Dens; Mu Mucro.  
1) Anm. Sämtliche Figuren sind, wenn nicht anders vermerkt (Fig. 7, 16 k, 16 l), Originale. Der Pfeil in einem Teil der Figuren weist apikalwärts (a), oralwärts (o), medianwärts (m) oder oral-medianwärts (om).

penkleid hinzukommt. Die auf den Abdominaltergiten mehrerer Gattungen stehenden Bothriotrichen (Fig. 15 f) sind lange, gleichmäßig dünne und meist gefiederte „Grubenhaare“ mit unbekannter sinnesphysiologischer Funktion. Bei den Onychiuridae finden sich ferner über Kopf und Rumpf verteilt die systematisch wichtigen Pseudocellen. Sie bestehen aus einem wulstartigen Peritrema und einer Verschlusshaut, die leicht einreißt und zu Reflexbluten führt (Fig. 10 c). Die Färbung ist unterschiedlich; Weiß, Graugrün, Graubraun und Blauviolett herrschen vor. Auch Kombination verschiedener Farben zu spezifischen Zeichnungsmustern kommt vor. Beschuppte Formen zeigen meist Metallglanz. Der Kopf ist pro- oder orthognath. Von den entotroph kauenden oder stechend-saugenden Mundwerkzeugen haben die Mandibel und der mit eigentümlichen Anhängen versehene Maxillenkopf systematische Bedeutung (Fig. 8 a, b und 16 e und f). Die Antennen sind im allgemeinen 4gliedrig; sekundär kann der Fühler 6gliedrig werden, oder das Endglied

ist geringelt. Das Endglied besitzt meist einen apikal oder subapikal stehenden rekraktilen Endkolben sowie bei mehreren Gattungen eine größere Zahl kolbenartiger Sinnesborsten (Fig. 9b). Das 3. Antennenglied trägt distal ein besonderes Sinnesorgan, das im einfachsten Fall aus 2 in einer Grube inserierenden Sinnesstäbchen und davorstehenden Schutzborsten besteht (Fig. 16d). Im Extremfall, bei der marinen *Axelsonia littoralis*, sind 15—20 Sinnesstäbchen vorhanden (Fig. 18b). Die höchste Differenzierung erreicht das Organ bei den Onychiuridae. Dicht hinter der Antennenbasis liegt bei mehreren Familien der Arthropleona das systematisch wichtige Postantennalorgan (PAO) (Fig. 3b, 6b, 9c, 11b, 12b, 15c). Die Augen bestehen aus maximal 8 lose verbundenen eucönen Einzelaugen (Ommen) (Fig. 3b, 5b, 11b, 15c). Ein Frontalocellus (ohne dioptrischen Apparat) kann vorhanden sein. Reduktion der Augen bis zur völligen Blindheit ist nicht selten. Die thorakalen Beine sind einfach gebaut. Tibia und Tarsus bilden den Tibiotarsus, der den Prätarsus mit der Kralle und dem der Kralle gegenüberstehenden Empodium trägt (Fig. 2b, 6c, 10e, 12c, 15e, 18c, 19b, 20). Distal auf der Außenseite des Tibiotarsus sitzen oft eine oder mehrere gekulte Sinnesborsten, die ebenso wie die Kralle und das Empodium systematische Bedeutung haben (Fig. 6c, 20). Das 1. Abdominalsegment trägt den Ventraltubus, der eine ausstülpbare, oft paarige Endblase enthält. Das 3. Abdominalsegment besitzt auf der Ventralseite einen paarigen Hakenapparat, das Retinaculum. Am 4. Segment inseriert die aus dem proximalen unpaaren Manubrium und den paarigen Dentes und Mucronen bestehende Furca. Retinaculum und Furca bilden den charakteristischen Sprungapparat, der aber weitgehend oder völlig reduziert sein kann (Fig. 5, 10). Bei gut springenden Formen ist das 4. Abdominalsegment, das die Sprungmuskulatur enthält, oft vergrößert. Die Gonaden münden ohne äußere Genitalanhänge ventral am 5., der Anus entweder terminal oder ebenfalls ventral am 6. Abdominalsegment. Letzteres trägt dorsal oft Analdornen (Fig. 3c). Von der inneren Organisation sei erwähnt, daß am Darmtraktus Malpighigefäße fehlen. Das Zentralnervensystem ist stark konzentriert. Das Rückengefäß hat 2—6 Ostienpaare. Ein einfaches Tracheensystem findet sich nur bei dem marinen *Actaletes neptuni* und bei den Symphypleonen, bei denen es zwischen Kopf und Thorax ausmündet.

#### **Fortpflanzung und Entwicklung**

Die Geschlechter sind bei den meisten Arthropleonen äußerlich nur geringfügig verschieden (vgl. ARGELL 1936 b). Stärkere Unterschiede in der Form der letzten Abdominalsegmente und des Kopfes werden von *Archisotoma* beschrieben (WILLEM, DENIS) (vgl. Fig. 16 a—c). Ausgeprägter Sexualdimorphismus findet sich bei vielen Symphypleonen: z. T. sind die Antennen des ♂ zu Greiforganen umgebildet, mit denen die Antenne des ♀ umklammert werden; z. T. unterscheiden sich die Geschlechter in der Bewaffnung des Analsegmentes (Appendices anales der ♀ vieler Arten, Borstenbüschel auf dem Analsegment des ♂ der *Bourletiella*-Arten). Die eigentümliche indirekte Art der Sperma-Übertragung ist erst in jüngster Zeit durch SCHALLER (1953)

bei *Orchesella villosa* L. und *Tomocerus vulgaris* (Tullbg.) beobachtet worden. Die ♂♂ setzen (bis über 300) gestielte Spermatophoren ab, die von den nachlaufenden ♀♀ mit der Vulva abgestrichen werden. Bei den Symphypleonen liegen nach älteren Beobachtungen vermutlich kompliziertere Verhältnisse vor. Auch die *Archisotoma*-♂♂ beklopfen mit ihren Antennen den Kopf der ♀♀ und versuchen die Antennen der ♀♀ zu umfassen; sie schieben ihr Abdomen unter das der ♀♀, doch wurde die eigentliche Übertragung des Spermas noch nicht beobachtet (WILLEM). Die Eier werden bei den meisten untersuchten Arten in Häufchen abgelegt (bei *Archisotoma* nach WILLEM in Ballen zu 15—20). Die Eier mehrerer ♀♀ können an geeigneten Stellen zu ± großen Gelegen vereinigt werden (z. B. *Anurida maritima*). Die frisch gelegten Eier sind meist kugelförmig. Im Laufe der Embryonalentwicklung nehmen sie etwas an Größe zu und verändern durch Reißen des Chorions und Freiwerden der äußeren Cuticularhülle Form und Oberflächenstruktur. Die Dauer der Embryonalentwicklung beträgt unter normalen Verhältnissen im allgemeinen etwa 1—3 Wochen; sie hängt natürlich stark von der Temperatur ab. 2—4 Wochen nach dem Schlüpfen sind die Tiere ausgewachsen und fortpflanzungsfähig. Die morphologischen Veränderungen in der postembryonalen Entwicklung sind gering (Epimetabolie). Häutungen erfolgen in unregelmäßigen Abständen von wenigen Tagen bis mehreren Wochen auch noch nach Erreichen der Geschlechtsreife. Die Intervalle scheinen von exogenen (Temperatur, Ernährung) aber auch spezifischen endogenen Faktoren abzuhängen. Die Häutung erfolgt bei manchen Arten in Anhäufungen zahlreicher Tiere verschiedener Altersstufen. Solche Häutungsgesellschaften (STREBEL) werden auch von marinen Collembolen (*Actaeletes*, *Anurida maritima*, *A. trioculata*, *Archisotoma pulchella* u. a. sind an den Häutungsstellen oft in großer Zahl anzutreffen. Die Lebensdauer beträgt nach den Beobachtungen STREBELS bei *Hypogastrura purpurascens* Lubb. etwa 8 Monate, bei *Tomocerus minor* Lubb. vermutlich mehr als 1 Jahr.

### **Bionomie**

1. Bewegung. Die normale Lokomotionsart ist das Schreiten mit Hilfe der 3 thorakalen Beinpaare, wobei nur die Spitze der Klaue und eines der Keulenhaare das Substrat berührt. Das vielen Formen eigene Sprungvermögen ist an die Ausbildung des Sprungapparats gebunden und ermöglicht den Tieren die bekannte ungerichtete Fluchtreaktion auf starke Reize, der sie ihren populären Namen (Springschwänze, Gletscherflöhe) verdanken. Die Sprünge werden mit der Furca ausgeführt. In der Ruhe ist diese nach vorn unter das Abdomen geschlagen und wird in dieser Stellung durch das Retinaculum fixiert. Beim Sprung wird die Furca aus dem Retinaculum gelöst und durch ihre kräftige Muskulatur nach hinten und unten gegen das Substrat geschlagen. Das Tier wird dadurch — mit Unterstützung der Beine — um mehrere Zentimeter nach vorn und oben vom Boden abgehoben. Noch während des Sprunges wird die Furca wieder in die Ausgangsstellung gebracht. Nach den Untersuchungen von RUPPEL führen die Sprünge bei gerichteten

nicht zu starken Reizen die Tiere stets von der Reizquelle fort. RUPPEL konnte durch seine Versuche ferner wahrscheinlich machen, daß die während des Sprunges ausgestülpten Endbläschen des Ventraltubus eine wichtige Rolle für den normalen Verlauf des Sprunges spielen. Durch sie wird der Schwerpunkt des Tieres auf die Ventralseite verlagert. Springt ein Collembola von der Bodenfläche einer Petrischale an den Deckel, so führt er eine Drehung aus, nachdem die Antennen die Aufsprungstelle berührt haben. Tiere, denen die Antennen abgeschnitten wurden, sind nicht mehr in der Lage, solche Sprünge auszuführen.

Der Sprungapparat kann bis zum völligen Verschwinden reduziert werden (*Anurida*, *Friesea*, *Onychiurus*, *Tullbergia* u. a.); meist handelt es sich um Bewohner des engräumigen Lückensystems der tieferen Bodenschichten. Besonders stark ist die Furca bei den frei auf Makrophyten lebenden Collembolen ausgebildet. Die an die Wasseroberfläche gebundenen Arten besitzen als Anpassung an das Substrat Mucronen, die durch Lamellenbildungen stark verbreitert sind. Infolge ihrer Unbenetzbarkeit können sich aber auch Arten, die keine besonderen morphologischen Anpassungen zeigen,  $\pm$  geschickt auf der Wasseroberfläche bewegen (vgl. S. 9). Vermutlich spielt diese Fähigkeit für den Transport der Collembolen durch Wasserströmungen eine Rolle. Mit Hilfe der als Adhäsivorgan fungierenden ausgestülpten Endblasen des Ventraltubus können sich die Collembolen am festen Substrat, aber auch an der Wasseroberfläche festheften. Eine ähnliche Funktion hat das bei einem Teil der *Hypogastrura*-Arten (Subgenus *Ceratophysella*) zwischen dem 3. und 4. Antennenglied ausgebildete Antennensäckchen (SCHALLER). Putzbewegungen werden von den Athropleonen unter U-förmiger Krümmung des Körpers mit den Mundwerkzeugen ausgeführt, indem Fühler, Beine, das freie Ende des Ventraltubus und nach den Beobachtungen WILLEMS an *Archisotoma* auch Furca und Retinaculum beleckt werden. Bei den Symphypleonen *Smintharinus niger* und *Sminthurides aquaticus* erscheint vor dem Putzakt am Mund ein Tropfen einer hellen, stark lichtbrechenden Flüssigkeit. An ihm werden die Tibiotarsen der Beine vorbeigeführt, und er wird mit Hilfe der Beine auch an andere Körperteile gebracht. Zum Schluß wird der Tropfen unter Vermittlung der drei Beine einer Seite zum Mund zurückgereicht und wieder aufgenommen (STREBEL).

2. E r n ä h r u n g. Als Nahrung dienen den Collembolen im allgemeinen pflanzliche Mikroorganismen (Algen, Pilze) und flüssige bis weiche vegetabilische und animalische Stoffe. In den Landböden spielen sie auf diese Weise beim Abbau des pflanzlichen Bestandesabfalls und bei der Humusbildung eine nicht zu unterschätzende Rolle (vgl. z. B. SCHALLER). STREBEL konnte in seinen Versuchen keine Spezialisierung auf bestimmte Nahrungsstoffe feststellen; allerdings bot er seinen Tieren Substanzen an, die nur schwer Rückschlüsse auf das Verhalten unter natürlichen Verhältnissen zulassen. Die Versuche von G. GISIN weisen vielmehr darauf hin, daß die Collembolen wenigstens zum Teil eng an bestimmte Nahrungsobjekte gebunden sind. Dafür spricht schon die verschiedenartige Ausbildung der Mundwerkzeuge bei den einzelnen Fami-

lien (kauend oder stechend-saugend). Vielleicht steht auch die spezielle Ausstattung der Mundwerkzeuge bei nahe verwandten Arten zu ernährungsbiologischen Spezialisierungen in Beziehung (vgl. z. B. die Form des Maxillenkopfes bei *Archisotoma besselsi* und *A. pulchella*). *Archisotoma* nimmt nach WILLEM Mikroorganismen von der Oberfläche des Wassers, von Schlammpartikeln und Vaucheria-Fäden auf. Sie ist aber nicht imstande, die Zellmembran von Vaucheria zu zerreißen und kann sich daher nicht von intakten Fäden ernähren. Der Inhalt von zerquetschten Fäden wird dagegen begierig angenommen, besonders wenn er mit Schlamm vermischt ist. Im Laboratoriums-Versuch werden auch verschiedene animalische Stoffe angenommen. *Anurida maritima* soll sich bevorzugt von toten Balaniden und Mollusken ernähren. *Actaetes* greift nach den Beobachtungen WILLEMS verletzte Seesterne an und benagt den Schleim und die Epidermis von Actinien und röhrenbewohnenden Anneliden.

Wasser wird nach den Versuchen RUPPELS an *Orchesella villosa* (Geoffr.) und *Tomocerus vulgaris* (Tullbg.) nicht, wie in der älteren Literatur vielfach angegeben wird, durch den Ventraltubus, sondern ausschließlich mit dem Mund aufgenommen. Dagegen hat der Ventraltubus eine respiratorische Funktion. Er leistet bei den von RUPPEL untersuchten Arten etwa ein Drittel der Gesamtatmung.

3. Sinnesleben. Über die Funktion der verschiedenen morphologisch differenzierten Sinnesorgane der Collembolen ist wenig bekannt, da experimentelle Untersuchungen wegen der geringen Größe der Tiere schwierig sind. Die detailliertesten Angaben verdanken wir STREBEL. Sämtliche von ihm untersuchten Arten waren mehr oder weniger stark positiv hydrotaktisch. Die Lokalisation des Feuchtigkeitsempfindens war nicht möglich; Ausschaltung der Antennen und der Endsäckchen des Ventraltubus (bei *Tomocerus minor* Lubb.) beeinträchtigte die Hydrotaxis nicht. Der Geruchssinn ist in den Antennen lokalisiert, doch scheinen in geringerem Grade auch die Papillen der Ober- und Unterlippe reizbar zu sein. Fäulnis- und Fäkalgerüchen gegenüber verhielten sich die untersuchten Arten indifferent. Alle starken und ungewohnten Gerüche wirkten abstoßend. Ausgesprochen anlockend wirkte nur der arteigene Geruch. Auf diese Weise kommen unter Umständen umfangreiche Fraß- und andere Gemeinschaften zustande. Von den Versuchen STREBELS über Geschmackswahrnehmungen interessiert hier besonders das Verhalten gegenüber Nahrungsstoffen, die mit NaCl-Lösungen getränkt waren. *Hypogastrura purpurascens* Lubb. meidet mit 1% und 5% NaCl-Lösungen getränkte Kartoffelstücke deutlich, doch tritt offensichtlich eine Gewöhnung an den Geschmack ein. Auf starke Lichtreize reagieren die Formen der tieferen Bodenschichten negativ phototaktisch, auch wenn Augen und Ocellen bei ihnen völlig reduziert sind. Positive Phototaxis zeigen dagegen die auf Makrophyten lebenden Arten und die Bewohner der Wasseroberfläche oder häufig stark durchfeuchteten Substrats (*Archisotoma*, *Isotomurus palustris*). Die optische Leistung ist auch bei Formen mit gut ausgebildeten Augen gering. Ausweichreaktionen kommen über den Tastsinn, durch Be-

rühren der Hindernisse mit den Antennenspitzen, zustande. Als speziell taktile Organe werden der retraktile Endkolben des letzten Antennengliedes und die tibiotarsalen Spürhaare bezeichnet. Auch die z. T. mit langen Spürhaaren ausgestattete Abdomenspitze ist für Berührungsreize empfindlich, bei manchen Arten empfindlicher als die Antennen. Ausgeprägte Thigmotaxis ist häufig (nach DAVENPORT bei den Formen der Gezeitenzone, z. B. beim Herannahen der Flutwelle). Antennen- und Abdomenspitze sind auch besonders empfindlich für Wärmereize. Reaktionen auf Veränderung der Schwerkraft und auf akustische Reize wurden von STREBEL nicht beobachtet. Nach DAVENPORT haben die Collembolen der Gezeitenzone von Long Island bei Ebbe stets das Bestreben, an Steinen und anderen Gegenständen hinaufzuklettern. Die Funktionen der abdominalen Bothriotrichen und des Postantennalorgans sind noch nicht geklärt.

**Ökologie** 1. Gruppierung der Collembolen nach der Bindung an den Meeresstrand. — a) Indifferente. Die Zahl der im Bereich der Meeresküsten gefundenen Collembolen-Arten ist, gemessen an der gesamten Artenzahl der Gruppe, relativ groß. Für viele weitverbreitete Arten ist offensichtlich selbst ein ziemlich hoher Salzgehalt des Mediums oder Substrats gleichgültig, solange die übrigen Milieugegebenheiten ihren Lebensansprüchen genügen. Neben diesen gleichgültigen Arten (Indifferenten) werden sich vermutlich Unterlegene unterscheiden lassen, die vor allem in chemischer Hinsicht die besonderen Lebensverhältnisse an der Küste zwar bis zu einem gewissen Grad noch zu ertragen vermögen, sich hier aber nicht mehr optimal entfalten können. Diese Gruppe läßt sich noch nicht im ganzen Umfang abgrenzen. Dasselbe gilt z. T. auch für die fremden Arten, die als Irrgäste in den typischen Habitats der Meeresküste auf die Dauer überhaupt keine Existenzmöglichkeit mehr finden. Die Herausarbeitung der z. B. bei den Oribatiden so auffälligen negativen biozönotischen Merkmale der edaphischen Collembolen-Synusien des Meeresstrandes muß künftigen Untersuchungen überlassen bleiben. Daß die Durchträngung des Substrats mit Salzwasser für manche Arten eine direkte verteilungsregulierende Wirkung hat, scheinen die Versuche WILLEMS an *Podura aquatica* und *Folsomia fimetaria* zu zeigen. Von den indifferenten Collembolen werden im folgenden nur die in Abundanz und Konstanz stärker hervortretenden Arten berücksichtigt (vgl. Tab. S. 15).

In dieser Darstellung interessieren vor allem die Formen, die eine stärkere Bindung an die Habitats des marinen Litorals erkennen lassen: b) Thalassophile. Einige Arten treten mit besonders großer Regelmäßigkeit und Individuendichte an der Meeresküste auf. Sie bevorzugen sie, ohne jedoch auf sie beschränkt zu sein. Diese thalassophilen Arten können nicht prinzipiell als salzliebend gelten. Durch welche Faktoren und Faktorenkomplexe bestimmte Substratformen des marinen Litorals für die Thalassophilen zu offensichtlich optimalen Lebensstätten werden, ist in den meisten Fällen noch nicht zu erkennen. Für die bevorzugt im Anwurf auftretenden Arten, vor allem *Hypogastrura via-*

*tica*, scheint der hohe Gehalt des Substrats an verrottender Pflanzensubstanz (bestimmter chemischer Zusammensetzung?) ausschlaggebend zu sein (vgl. S. 17 sowie *Proisotoma* (*Ballistura*) *schötti* und *Isotoma olivacea grisea*). Weitere wichtige thalassophile Collembolen sind *Xenylla humicola*, *Anurida tullbergi*, *Proisotoma* (*Ballistura*) *crassicauda* und *Pr.* (*B.*) *schötti*. Die Grenze zwischen Indifferenten und Thalassophilen ist natürlich nicht scharf (z. B. *Xenylla maritima*, *Proisotoma* (*Isotomina*) *thermophila*, vgl. S. 21 und S. 36).

c) **Thalassobionte.** Gut umgrenzt ist dagegen die ebenfalls relativ kleine Gruppe der — soweit bekannt — ganz auf die Meeresküste beschränkten Arten. Auch für diese Thalassobionten (stenotopen Meeresstrandformen) muß in den meisten Fällen die Frage nach den eigentlichen Gründen für das Zustandekommen der Bindung an das marine Litoral offen bleiben. Es ist möglich, daß der Salzgehalt des Substrats als unvertauschbar geforderter, primär verteilungsregulierender Milieufaktor fungiert. Die Bindung kann aber auch über andere hydrographische, edaphische, klimatische oder biotische Umwelt-Einzelheiten zustande kommen, die nur an der Meeresküste realisiert sind (Gezeitenwirkung, Luftfeuchtigkeit, Thermik, Konkurrenz, Nahrung). Die Thalassobionten müssen natürlich ebenso wie Indifferente und Thalassophile befähigt sein, den Salzgehalt der marinen Substratformen zu ertragen. Eine prinzipielle Korrelation zwischen Bindung an den Meeresstrand und Bindung an höheren Salzgehalt ist nach dem Gesagten jedoch nicht zu erwarten und besteht auch nicht (*Archisotoma besselsi* und *Folsomia sexoculata* an der östlichen Ostsee!). Die wichtigsten Thalassobionten der deutschen Küsten sind: *Anurida maritima*, *A.* (*Anuridella*) *germanica*, *Onychiurus debilis*, *Folsomia sexoculata*, *Archisotoma besselsi*, *A. pulchella*, *Isotoma maritima* (weitere Arten s. Tab. S. 15).

2. Die **Habitats.** Sämtliche Collembolen sind Lufttiere. Die überwiegende Mehrzahl der Arten bewohnt das luftegefüllte Lückensystem der Landböden und des lebenden oder abgestorbenen vegetabilischen Überzuges der Bodenschicht (Euedaphon und mesophiles Hemiedaphon. GISIN 1943). Andere Arten sind Bewohner der Baumrinden, der Flechten und Moose trockener Standorte (xerophiles Hemiedaphon); weitere leben im epigeischen Bereich auf Makrophyten. Zur dauernden subaquatischen Lebensweise ist keine Art befähigt, doch können sich manche litorale Arten (*Anurida maritima*, *Actaletes neptuni*, *Archisotoma besselsi*) tagelang ohne Schaden unter Wasser aufhalten (MONIEZ, IMMS; REMANE mdl.). Die Beschaffenheit der Körperdecke (Unbenetzbarkeit und Behaarung) bedingt, daß sich die Collembolen beim Untertauchen mit einer Lufröhre umgeben. Es wird vermutet, daß diese Luftschicht bei den Bewohnern der Gezeitenzone während der Überflutung respiratorische Bedeutung hat. RUPPEL konnte an *Orchesella villosa* (Geoffr.), *Tomocerus vulgaris* (Tullbg.) und *Onychiurus* experimentell nachweisen, daß die Atmung in dem Luftmantel unter Wasser nach dem Prinzip der physikalischen Kieme erfolgt. Der verbrauchte Sauerstoff wird längere Zeit durch Sauerstoff ersetzt, der aus dem umgebenden Wasser in die Luftschicht diffundiert. *Orchesella villosa* war bei einer Sauerstoff-Konzentration von

1,1% der Luft noch lebensfähig; *Onychiurus* vermag noch geringeren Sauerstoffgehalt der Luft respiratorisch auszunutzen.

In reinem Stickstoff und reinem Kohlendioxyd gingen die von RUPPEL untersuchten Collembolen in kurzer Zeit ein. Experimentell ließen sich Unterschiede in der CO<sub>2</sub>-Resistenz nachweisen, die mit dem ökologischen Verhalten korrelieren. Der euedaphische *Onychiurus* ertrug als Bewohner der tieferen Bodenschichten CO<sub>2</sub>-Konzentrationen bis über 35% der Luft ohne Schaden. Die hemiedaphischen *Orchesella villosa* und *Tomocerus vulgaris* zeigten als Oberflächentiere dagegen schon bei 1—2% CO<sub>2</sub> in der Luft starke Ausfallerscheinungen.

In engem Kontakt mit dem aquatischen Lebensraum stehen die Formen, die ständig oder vorübergehend die Oberfläche stehender Gewässer bewohnen (hydrophiles Hemiedaphon, Neuston). Solche Arten fehlen im Bereich des marinen Litorals zwar nicht, sie spielen aber eine untergeordnete Rolle (z. B. *Proisotoma* [*Ballistura*] *crassicauda* auf Strandtümpeln und Rockpools). Infolge der Unbenetzbarkeit ihrer Körperdecke beobachtet man zwar nicht selten, und oft in großer Zahl, Collembolen auf der Oberfläche von Rockpools, Salzwiesen- und Fluttümpeln; die Tiere machen aber gewöhnlich einen ziemlich hilflosen Eindruck und werden — manchmal in mehrere Quadratmeter großen, locker zusammenhängenden Kuchen — vom Wind hin und her getrieben (*Hypogastrura viatica*, *Anurida maritima*, *Archisotoma pulchella* und *Isoetoma viridis*). STRENZKE sah große Mengen von *Hypogastrura viatica* sogar in 15—20 m Entfernung vom Ufer auf der Oberfläche der Ostsee treiben. Da es sich meist um Arten handelt, die gewöhnlich andere Habitats bewohnen, ist ihr Auftreten auf der Wasseroberfläche wahrscheinlich zufallsbedingt (Überschwemmung und Wasserdurchtränkung des Substrats).

Collembolen können an der Meeresküste im allgemeinen nur in jenen Zonen dauernd existieren, die wenigstens zeitweise der Überflutung durch das Meerwasser entzogen sind: Im Epilitoral, Supralitoral und Eulitoral. Innerhalb dieser Zonen werden bestimmte Habitats bevorzugt bewohnt. Es kommt in ihnen häufig zu Massenaufreten einzelner Arten, so daß die Gruppe hier eine wichtige biozönotische Rolle spielt. Auf diese Habitats beschränkt sich die folgende Darstellung. Manche Biotope des Meeresstrandes sind in bezug auf ihre Collembolenfauna noch unvollkommen bekannt; es gilt dies z. B. für die Dünen. Während die hier besonders interessierenden stenotopen Meeresstrand-Formen unter den Collembolen durchweg ein  $\pm$  hohes Feuchtigkeitsbedürfnis erkennen lassen, treten in den Dünen naturgemäß trockenliebende Arten stärker hervor (vgl. KROGERUS 1932 und besonders AGRELL 1934).

a) Gezeitenzone. Das durch periodischen Wechsel von Trockenfallen und Überflutung charakterisierte Gebiet der Gezeiten, das Eulitoral, ist die am weitesten gegen das offene Meer vorgeschobene Zone, die von bodenbewohnenden Lufttieren wie den Collembolen besiedelt werden kann. Die ökologischen Besonderheiten des Eulitorals machen es verständlich, daß hier in erster Linie spezialisierte Meeresstrandformen (Thalassobionte) vorkommen. *Anurida maritima*, *Axelsonia lil-*

*toralis* und *Actaetes neptuni* sind ganz oder überwiegend auf die Gezeitenzone beschränkt. Sie fehlen dementsprechend an den Küsten der Ostsee<sup>1)</sup>. Ein besonders geeignetes Substrat für diese Arten ist offensichtlich stark zerklüfteter, spaltenreicher Fels- und Geröllstrand, der von Tangen und anderen Algen überzogen ist. Auch Schlicksand- und Sandböden der Gezeitenzone beherbergen oft große Mengen von Collembolen. Im Jadebusen bildet *Archisotoma pulchella* auf Prielrandwatten und Prielgleithängen mit einer Wasserbedeckungszeit von 40—50% große Siedlungen, die z. T. Flächen > 10 m<sup>2</sup> einnehmen, und die sich z. T. über 2 Jahre an derselben Stelle hielten (LINKE). *Archisotoma besselsi* findet sich neben *Xenylla humicola* und *Anurida maritima* in großer Zahl in und auf Sandböden der Gezeitenzone (Cold Spring Beach, DAVENPORT). An den europäischen Küsten treten in solchen Böden besonders *Anurida*-Arten (*thalassophila*, *denisi*, sowie die Arten der Untergattung *Anuridella*) auf.

Vermutlich sind die Collembolen der Gezeitenzone als Resistente während der Überflutung inaktiv. DAVENPORT vermutet jedoch, daß *Archisotoma besselsi* und *Xenylla humicola* während der Überflutung Nahrung aufnehmen. *Anurida maritima* sitzt während der Flut in großen Kolonien in Gesteinsspalten; hier häufen sich auch die Exuvien an, und hier werden auch die Eier abgelegt. Ein ähnliches Verhalten wird von *Archisotoma* in Weichböden gemeldet (WILLEM). Morphologische Anpassungen an diese Lebensweise sind nicht erkennbar. Die Körperoberfläche ist bei *Anurida maritima* zwar durch einen dichten Haarbesatz ausgezeichnet, doch fehlt dieses Merkmal bei anderen nicht weniger typischen Formen des Eulitorals. Obwohl vermutlich alle Arten durch ihre Unbenetzbarkeit auf der Wasseroberfläche flottieren können, machen sie hiervon im allgemeinen freiwillig keinen Gebrauch. Beim Herannahen der Flut graben sich die Collembolen nach den Beobachtungen von DAVENPORT auf Long Island bis zu einer Tiefe von 15—22,5 cm in den Sand ein. Sie überdauern hier zweimal täglich eine 6—8stündige Überflutung mit Seewasser oft bis zu einer Höhe von mehr als 2 m. Nach Ablauf der Flut erscheinen sie wieder an der Oberfläche. Sie wandern strandaufwärts; da sie ihre Sprünge aber stets gegen den Wind richten, selbst wenn dieser schwach ist, kommt es nicht zu einer allgemeinen Anhäufung der Tiere an der oberen Grenze der von ihnen bewohnten Zone. Bei starkem Wind, der die Collembolen leicht in das Meer treiben würde, bleiben sie im Sand. Die Sprungbewegungen werden von DAVENPORT mit der Respiration in Verbindung gebracht.

b) **Quellerwiese.** Die ebenfalls im Gebiet der Gezeitenzone liegenden Quellerwiesen werden von einer abweichenden Collembolenfauna bewohnt. Die unter a) genannten Arten fehlen, wenigstens an den deutschen Küsten, der Quellerregion. Ihre Collembolenfauna scheint nach den vorliegenden spärlichen Beobachtungen (STRENTZKE, unveröffentlichte Untersuchungen STREBELS) im wesentlichen eine stark verarmte Salzwiesen-Fauna darzustellen. Von den Thalassobionten dringen *Archiso-*

<sup>1)</sup> *Anurida maritima* kommt jedoch auch an den Küsten des Mittelmeeres und des Schwarzen Meeres vor.

*toma besselsi* und *Isotoma maritima* neben indifferenten hemiedaphischen Arten bis in diese Zone vor. Für die Auswahl der letzteren spielen neben den regelmäßigen Überflutungen vermutlich auch die strukturellen Besonderheiten des Substrats eine ausschlaggebende Rolle. Die Individuendichte scheint nach den bisherigen Beobachtungen besonders bei schlickigem Substrat gering zu sein.

Eine ähnlich verarmte Collembolenfauna enthalten anscheinend die häufig an der oberen Grenze des Sublitorals ausgebildeten filzartigen Vaucheria-Überzüge. Hier treten neben *Archisotoma pulchella* (Jadebusen-Watt, STRENZKE) vor allem Formen auf, die im Anwurf ihre Hauptentfaltung haben: die Thalassophilen *Hypogastrura viatica* und *Xenylla humicola* sowie *Proisotoma (Isotomina) thermophila* und die thalassobionte *Folsomia sexoculata*.

c) S a l z w i e s e. Die Salzwiesen (Puccinellion maritimae) erstrecken sich von der Quellerzone bis zur Süßgraswiese. Auf ihre Collembolenfauna wurde bisher vor allem die Adelwiese (Puccinellietum maritimae) untersucht. Ihre obere Grenze fällt in Weichbodengebieten mit der oberen Grenze des Supralitorals zusammen (REMANE 1940). Da die Adelwiese noch häufigen oder gelegentlichen Überflutungen ausgesetzt ist, müssen die dauernd hier lebenden Tiere wie die der Gezeitenzone befähigt sein, wenigstens kurzfristige Überschwemmung mit Meerwasser zu ertragen. Die Collembolenfauna ist (nach den spärlichen vorliegenden Untersuchungen STRENZKES in Adelwiesen der nordfriesischen Inseln und Salzwiesen der holsteinischen Ostseeküste sowie unveröffentlichten Beobachtungen STREBELS in Statice-Rasen von Wangerooge) artenreicher als in den bisher behandelten Zonen, da zu den z. T. schon in der Quellerzone vorkommenden Thalassobionten (*Folsomia sexoculata*, *Isotoma maritima*, *Archisotoma besselsi*, *A. pulchella*) in größerem Umfange hemiedaphische Thalassophile und Indifferente hinzutreten (*Anurida tullbergi*, *Hypogastrura armata*, *H. gisini*, *Xenylla maritima*, *Friesea mirabilis*, *Brachystomella parvula*, *Isotoma viridis*, *Entomobrya nivalis* und ihre Formen u. a.). Die meisten indifferenten Arten sind auch in der Fauna hygrophiler Süßgraswiesen vertreten. Die stärkere Durchwurzelung des Bodens erklärt, daß in den Salzwiesen besonders bei sandhaltigem Substrat erstmalig euedaphische Collembolen regelmäßig, wenn auch zahlenmäßig oft noch schwach in Erscheinung treten: der thalassobionte *Onychiurus debilis* und die indifferente *Tullbergia krausbauri* (vgl. auch *Onychiurus macfadyeni* und *Anurida [A.] remyi*). Über die auf den Halophyten selber lebenden epigeischen Collembolen ist noch nichts Zusammenfassendes bekannt.

d) A n w u r f. Der an der Grenze des Supralitorals aus angespülten Meerespflanzen gebildete Strandanwurf beherbergt neben anderen Insekten und Milben gewöhnlich zahlreiche Collembolen. Die meisten Arten weisen keine engere Bindung an die Meeresküste auf. Sie scheinen vielmehr in dieser Form des sich zersetzenden marinen pflanzlichen Bestandesabfalles nur ebenso gut zu gedeihen wie in ähnlichen Substratformen des Binnenlandes. Wie weit der Salzgehalt und die chemische Zusammensetzung der Pflanzen eine auslesende Rolle spielen, ist noch

zu untersuchen. α) Die große Zahl der indifferenten Collembolen-Arten des Strandanwurfes geht aus den Untersuchungen LINNANIEMIS, DÜRKOP (1934) und BACKLUNDS (1945) hervor (vgl. auch STRENZKE 1954). Mit höherer Konstanz und Abundanz werden an den bisher vorwiegend untersuchten Küsten der Ostsee u. a. folgende Indifferente gemeldet (ein Teil der Arten bedarf auf Grund neuerer systematischer Auffassungen der Revision): *Hypogastrura armata*<sup>1a</sup>), *H. vernalis*, *H. manubrialis*, *Friesea mirabilis*, *Anurida granaria*<sup>2</sup>), *Onychiurus armatus*, *Folsomia quadricolata*, *Isotoma notabilis*, *I. viridis* mit ihren Farbformen, *I. olivacea* mit ihren Formen, *Lepidocyrtus lanuginosus*, *L. cyaneus* u. a. β) Von den Thalassophilen treten einige mit großer Regelmäßigkeit und hoher Individuendichte im Anwurf auf. Unter ihnen steht *Hypogastrura viatica* im Tang-Anwurf der schleswig-holsteinischen Küsten nach Konstanz und Abundanz gewöhnlich an erster Stelle von allen Collembolen. Die Art findet hier offensichtlich optimale Milieuverhältnisse und kann in enormen Massen vorkommen (vgl. S. 7 und S. 17). Meist in viel geringerer Individuenzahl treten auf: *Xenylla humicola*, *Anurida tullbergi*, *Proisotoma (Ballistura) schötti*, *P. (B.) crassicauda*. γ) Von den Thalassobionten finden sich *Folsomia sexoculata* und *Isotoma maritima* ziemlich regelmäßig im Anwurf.

e) Unterirdische Feuchtzone. Das Küstengrundwasser des Sandstrandes wird von einer wasseruntersättigten Schicht überlagert, die in wechselndem Maße Luft zwischen den Sandkörnern enthält. Die Vertikalausdehnung dieser Feuchtzone hängt im wesentlichen vom Wasserstand ab. Bei hohem Wasserstand kann ihre obere Grenze mit der Bodenoberfläche zusammenfallen, bei niedrigem Wasserstand wird sie von einer Schicht trockenen Sandes überlagert (REMANE 1940). In ihr lebt eine zwar artenarme, aber gut charakterisierte und oft individuenreiche Collembolenfauna (DÜRKOP 1935, STRENZKE 1951, 1954). Von den Thalassobionten tritt in der unterirdischen Feuchtzone der schleswig-holsteinischen Küsten *Archisotoma besselsi* gewöhnlich in großer Zahl auf. Nach DÜRKOP findet diese Art hier ihr eigentliches Habitat. Sehr regelmäßig, wenn auch meist in geringerer Individuendichte, kommt *Anurida (Anuridella) germanica* vor, die an den übrigen europäischen Küsten z. T. wahrscheinlich von anderen Arten der Untergattung sowie *Friesea*-Arten vertreten wird. *Onychiurus debilis* wurde von DÜRKOP in größerer Zahl in der Feuchtzone der Kieler Bucht gefunden; er erscheint sonst aber nicht sehr regelmäßig in diesem Lebensraum. Nicht selten und manchmal in großer Menge treten *Proisotoma (Isotomina) thermophila* (f. p. und var. *impunctata*) sowie *Hypogastrura gisini* und *Anurida (A.) remyi* auf. Andere Collembolen spielen in der Subterrana fauna des Sandstrandes eine untergeordnete Rolle. Gelegentlich erhält man *Friesea mirabilis* und Jungtiere von *Hypogastrura viatica*.

f) Der Cyanophyceen-Sand nimmt die Zone des Supralitorals ein, „in der kapillar aus dem Grundwasser aufsteigende Feuch-

<sup>1a</sup>) An den Nord- und Ostseeküsten anscheinend häufig *H. (Ceratophysella) succinea* Gisin.

<sup>2</sup>) An den holsteinischen Küsten *A. (A.) remyi* Den. (vgl. STRENZKE 1954).

tigkeit zwar noch die Oberfläche des reinen Sandes erreicht, hier jedoch nur noch einen Teil der Porenräume erfüllen kann. Deshalb ist auch eine allerdings nur wenige Millimeter dicke Oberflächenschicht trocken. Darunter folgt eine durch Cyanophyceen grün gefärbte Schicht, eine Schwarzsicht fehlt“ (GERLACH 1953). Neben Oligochaeten, Nematoden, Turbellarien und Chironomiden-Larven trat in dem von GERLACH untersuchten Cyanophyceen-Sand der Kieler Bucht regelmäßig und in größeren Individuenzahlen *Proisotoma (P.) budenbrocki* auf, die sonst nur noch vom Sandstrand der finnischen Ostseeküste (bei Tvärminne) bekannt ist. Vereinzelt wurden im Cyanophyceen-Sand der Kieler Bucht gesammelt: *Hpyogastrura viatica*, *Folsomia sexoculata* und *Isotoma maritima*.

3. Lebensformen. GISIN (1943) hat auf Grund der morphologischen Ausstattung und an Hand der Habitats eine Reihe von Lebensformtypen der Collembolen unterschieden. Die überwiegende Mehrzahl der im engeren Bereich des marinen Litorals lebenden Collembolen gehört danach dem mesophilen Hemiedaphon an (Bewohner der oberen Bodenschichten und des Bodenüberzuges). Die Wasserdurchtränkung des Substrats macht Lufttieren wie den Collembolen das Leben in den tieferen Schichten der meisten litoralen Habitats unmöglich. — Im Anwurf und in den höher gelegenen Teilen der Salzwiesen können jedoch euedaphische Elemente (Bewohner der tieferen Bodenschichten) stärker in Erscheinung treten. Vor allem zeigen die meisten regelmäßigen Bewohner der unterirdischen Feuchtzone des Sandstrandes Merkmalkomplexe, die typisch für die Collembolen der tieferen Schichten von Landböden sind (Reduktion der Augen, des Pigments, des Haarkleides, der Körpergröße und des Sprungapparates). Diese Synusie erhält dadurch — in Übereinstimmung mit der Tiefenlage der Schicht und im Vergleich zu den meisten anderen erwähnten Vereinen — deutlich euedaphisches Gepräge. Nur *Archisotoma besselsi* fügt sich durch ihre morphologischen Merkmale (volle Ommenzahl, gut entwickeltes Pigment, Haarkleid und Bothriotrichen, wohl ausgebildeter Sprungapparat) diesem Schema nicht ein. Der Bau des Mucros (lamellenartige Verbreiterungen) würde die Art in das hydrophile Hemiedaphon (Bewohner der Wasseroberfläche) weisen, das am Meer z. B. von der auf Strandtümpeln und Rockpools lebenden *Proisotoma (Ballistura) crassicauda* und im Binnenland vor allem durch Symphypleonen repräsentiert wird. Es ist noch zu klären, ob sich *Archisotoma besselsi* (und nach Beobachtungen an der Nordseeküste anscheinend auch *A. pulchella*) am Sandstrand nur zeitweise in tiefere Schichten zurückzieht, etwa um der zu starken Austrocknung der normalerweise bewohnten Bodenoberfläche zu entgehen. — Synusien des xerophilen Hemiedaphons sind in den Dünenbiotopen, und Synusien der epigeischen Fauna in der Vegetationsschicht der Salzwiesen zu erwarten. Beide Lebensformtypen stellen jedoch, soweit bekannt, keine thalassobionten oder thalassophilen Formen.

4. Phaenologie. Die überwiegende Zahl der Arthropleonen-Arten des Binnenlandes kann während des ganzen Jahres angetroffen werden.

Nur die meisten Symphypleonen und einige ebenfalls makrophytenbewohnende Arthropleonen überwintern normalerweise im Eistadium; doch spielen gerade diese Formen am Meeresstrand eine untergeordnete Rolle. Soweit ein Urteil möglich ist, scheinen die meisten Collembolen des Meeresstrandes ebenfalls während des ganzen Jahres in ihren typischen Habitats aufzutreten. Ob die einzelnen Arten jahreszeitliche Dichteschwankungen durchmachen, muß noch geklärt werden (vgl. AGRELL 1941; G. GISIN 1952). *Anurida maritima* ist an der französischen Atlantikküste im August und September besonders reichlich vorhanden. LÉCAILLON fand um diese Zeit Eier, Jungtiere aller Altersstufen und Adulte nebeneinander. Es wird vermutet, daß nur die Jungtiere des Vorjahres überwintern. An den englischen Küsten tritt *Anurida maritima* nach IMMS im Frühjahr und Sommer häufiger auf als im Herbst und Winter. Von den Thalassophilen ist z. B. *Hypogastrura viatica* im Zostera-Anwurf der holsteinischen Ostseeküste auch im Winter in großer Zahl anzutreffen (DÜRKOP, STRENZKE). *Proisotoma (Ballistura) crassicauda* wird aus Westfalen sogar als „echte Winterform“ gemeldet (HANDSCHIN); sie tritt an den holsteinischen Küsten jedoch während des ganzen Jahres auf. Auch *Archisotoma besselsi* findet sich in den Wintermonaten in großer Zahl in den Andelwiesen und in der unterirdischen Feuchtzone des Sandstrandes.

**Regionale Verbreitung** Unsere Kenntnisse über die Verbreitung der thalassobionten und thalassophilen Collembolen sind noch lückenhaft. An vielen Küsten wurden die entsprechenden Habitats bisher nicht planmäßig untersucht; ferner machen die neuen taxonomischen Erkenntnisse die Auswertung der älteren Funde vielfach unsicher oder unmöglich. Einige Thalassobionte sind offensichtlich in hohem Grade unabhängig vom Salzgehalt des angrenzenden Meeresteils (z. B. *Archisotoma besselsi*, *Folsomia sexoculata*). Andere sind nach den vorliegenden Beobachtungen zwar auf die Küsten von stärker salzhaltigen Meeren beschränkt (z. B. *Anurida maritima*, *Archisotoma pulchella*, *Axelsonia littoralis*, *Actaletes neptuni*), doch darf daraus, wie erwähnt, nicht ohne weiteres geschlossen werden, daß das Verbreitungsbild dieser Arten primär durch den Salzgehalt des Mediums oder Substrats bestimmt wird. Die Bindung an den Meeresstrand kann auch durch andere, nur an der Meeresküste realisierte Umwelt-Einzelheiten zustande kommen, z. B. die Gezeitenwirkungen; doch kann dieser Faktor für die thalassobionten Arten, die auch an den Küsten des Mittelmeeres und des Schwarzen Meeres vorkommen (z. B. *Anurida maritima*), ebenfalls keine ausschlaggebende Bedeutung haben. Bei mehreren Arten scheint die Bindung an das marine Litoral einem regionalen Wechsel unterworfen zu sein (regionale Stenotopie). Arten, die in Mitteleuropa ausschließlich (z. B. *Folsomia sexoculata*) oder bevorzugt (z. B. *Xenylla humicola*) an der Meeresküste auftreten, werden im hohen Norden auch aus Binnenland-Biotopen gemeldet (MACFADYEN). Ähnliches gilt vielleicht auch für *Anurida remyi* und *Onychiurus macfadyeni* (vgl. ferner das Verhalten von *Xenylla maritima* in Mitteleuropa und im Mittelmeer-Gebiet).

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über das z. Z. bekannte Verbreitungsbild der thalassobionten und thalassophilen Collembolen der europäischen Küsten.

	Atlantik und Nord- seeküsten von		Ostsee- küsten von	
	Schwarzes Meer Mittelmeer	Frankreich Belgien + Holland England + Irland Deutschland	Norwegen Schweden	Dänemark Deutschland Polen + Baltikum Finnland
a) Thalassobionte				
<i>Friesea acuminata</i>	+	+		
— <i>fagei</i>	+			
<i>Anurida (A.) marilima</i>	++	+++	++	
— <i>denisi</i>		+		
— <i>thalassophila</i>		+		
<i>A. (Anuridella) marina</i>		+		
— <i>calcarata</i>	+	+		
— <i>submarina</i>		+		
— <i>germanica</i>			+	+
— <i>immsiana</i>			+	
<i>Onychiurus debilis</i>	+	++		+
<i>Folsomia sexoculata</i>		++	++	++
<i>Archisotoma besselsi</i>	+	+	? +	+ +
— <i>pulchella</i>		+	? +	
— <i>megalops</i>			+	
— <i>nigricans</i>			+	
— <i>interstitialis</i>	+			
— <i>subbrucei</i>		+		
<i>Isotoma maritima</i>	+	+++	++	+++
<i>Axelsonia littoralis</i>	+	++		
<i>Actaletes neptuni</i>		+		
b) Thalassophile				
<i>Hypogastrura viatica</i>		+ + <sup>3)</sup> +	++	+++
<i>Xenylla humicola</i>	+	+++	++	++
— <i>maritima</i>	+	+++	++	+
<i>Anurida (A.) tullbergi</i>	+	+++	++	+
<i>Proisotoma (Ballistura)</i>				
— <i>schötti</i>	?	++	+	+
— <i>(B.) crassicauda</i>		+	+	+

<sup>3)</sup> Vgl. *H. subviatica* Bagn. und *H. pseudoviatica* Bagn.

**Systematisches Verzeichnis mit taxonomischen, autökologischen und geographischen Angaben**

Die Collembolen haben in der letzten Zeit, vor allem in Zusammenhang mit der Entwicklung der Bodenzologie, verstärktes systematisches Interesse gefunden. Die Bestandesaufnahme kann aber selbst für das am gründlichsten bekannte Mitteleuropa nicht als abgeschlossen gelten<sup>4</sup>). Das gilt vermutlich besonders für das in vielen Ländern noch nicht planmäßig untersuchte marine Litoral. Wesentliche Erweiterungen unserer ökologischen und faunistischen Kenntnisse sind von der leider noch nicht abgeschlossenen Bearbeitung der marinen Collembolen Frankreichs durch Dr. DELAMARE-DEBOUTTEVILLE zu erwarten.

In der folgenden Übersicht wird versucht, die von den europäischen Küsten bekannten Thalassobionten (●)<sup>5</sup>) und Thalassophilen (▲) sowie die indifferenten Meeresstrandformen (○) der Nord- und Ostsee zusammenzufassen. Offensichtliche Irrgäste (z. B. typisch corticole Formen) sind beiseite gelassen. Auf Bestimmungstabellen wurde verzichtet, da sie nur Wert gehabt hätten, wenn die gesamte Collembolenfauna der Küstenländer berücksichtigt worden wäre; das wäre jedoch weit über den hier gesetzten Rahmen hinausgegangen. Es sei betont, daß Arbeiten, die heute noch versuchen, in systematischer Hinsicht mit den — zu ihrer Zeit vorzüglich — älteren Bestimmungsschlüsseln von LINNANIEMI (1912) und HANDSCHIN (1929) auszukommen, ökologisch so gut wie wertlos sind. Für die Bestimmung muß also ausdrücklich auf die Spezialliteratur, an zusammenfassenden Werken vor allem die „Hilftabellen“ GISIN (1944) und die Monographien STACHS (1949 ff.) verwiesen werden. Die im folgenden Verzeichnis den thalassobionten (stenotopen Meeresstrandformen) und den thalassophilen Collembolen beigegebenen kurzen Diagnosen enthalten jedoch die für diese Arten charakteristischen Merkmale.

#### Familie *Poduridae*

##### *Podura* L.

○ *P. aquatica* L. — Holarktisch verbreitete Form der Wasseroberfläche; nur gelegentlich an der Meeresküste (Frankreich, deutsche und finnische Ostseeküste).

4) Als Begleiterscheinung eines Teils der jüngeren systematischen Untersuchungen ist leider die bis dahin relativ stabile Nomenklatur ins Wanken gekommen. Besonders in der Benennung einiger Familien und wichtiger Gattungen gehen die Ansichten der Autoren beträchtlich auseinander. Ich folge hier im wesentlichen der Nomenklatur, die H. GISIN in seinen letzten Publikationen angewendet hat. — Herrn Dr. GISIN, Naturhistorisches Museum, Genf, bin ich für seine Hilfe bei der Literaturbeschaffung, ihm und Dr. CL. DELAMARE-DEBOUTTEVILLE, Laboratoire Arago, Banyuls-sur-Mer, für die kritische Durchsicht meines Manuskriptes zu Dank verpflichtet. Dr. DELAMARE-DEBOUTTEVILLE unterstützte mich ferner durch Vergleichsmaterial von litoralen Arten, die an den deutschen Küsten nicht vertreten sind. Herr Dr. O. STREBEL, Zweibrücken, überließ mir die unveröffentlichten Ergebnisse seiner Untersuchungen über die Collembolenfauna von Wangerooge.

5) Mit ● sind die Arten gekennzeichnet, die im Gebiet bisher ausschließlich oder ganz überwiegend an der Meeresküste gefunden wurden, über deren ökologisches Verhalten und geographische Verbreitung sonst aber so wenig gesichertes Material vorliegt, daß eine endgültige Einordnung in die hier unterschiedenen Gruppen noch nicht möglich ist.

Familie: *Hypogastruridae* (= *Neogastruridae*)

*Hypogastrura* (Bourl.) Börn. (= *Neogastrura* Stach)

Untergattung *Hypogastrura*

▲ *H. (H.) viatica* (Tullbg.) (Fig. 2a—c) — Länge bis 2 mm. Tief violett- bis blauschwarz. Haut fein granuliert, mit kürzeren und längeren, steifen Borsten. Postantennalorgan mit 4 Tuberkeln und einem akzessorischen Höcker. 8 + 8 Ommen. Tibiotarsen mit 2 (Bein I) oder 3 (Bein II und III) Keulenborsten. Empodialanhang mit breiter inne-

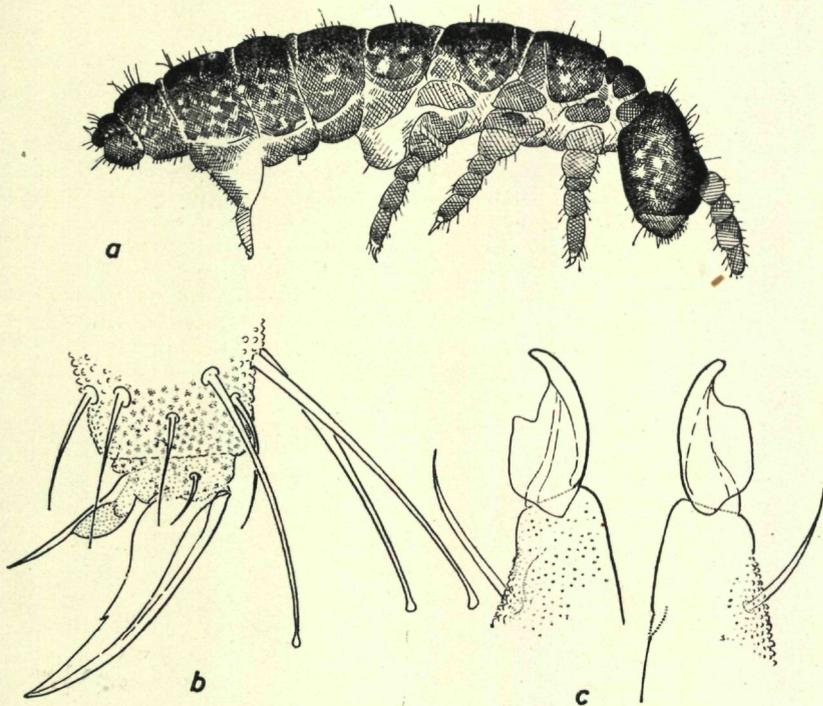


Fig. 2. *Hypogastrura viatica*: a Habitus; b Klaue III von außen; c Variation des Mucros.

rer Lamelle. Klaue mit 1 Innenzahn. Furca gut entwickelt. Mucro mit sehr breiter, apikal stark eingeschnittener Lamelle. Analdornen etwa halb so lang wie die Klaue. In Färbung und morphologischen Merkmalen variabel. — Eine kosmopolitische Art, die zwar nicht ausschließlich aber doch bevorzugt am Meeresstrand auftritt. An den Küsten der Nord- und Ostsee in großen Mengen vor allem im Anwurf. Offensichtlich bieten die in rascher Zersetzung begriffenen (stickstoffreichen?) organischen Substanzen der Art hier optimale Verhältnisse. In ähnlicher

Massenentfaltung im Binnenland in der Nähe von Düngerstätten und Jauchegruben sowie besonders auf den Filtern von Abwasser-Kläranlagen (unveröffentlichte Beobachtungen, vgl. COLLINGE zit. HANDSCHIN

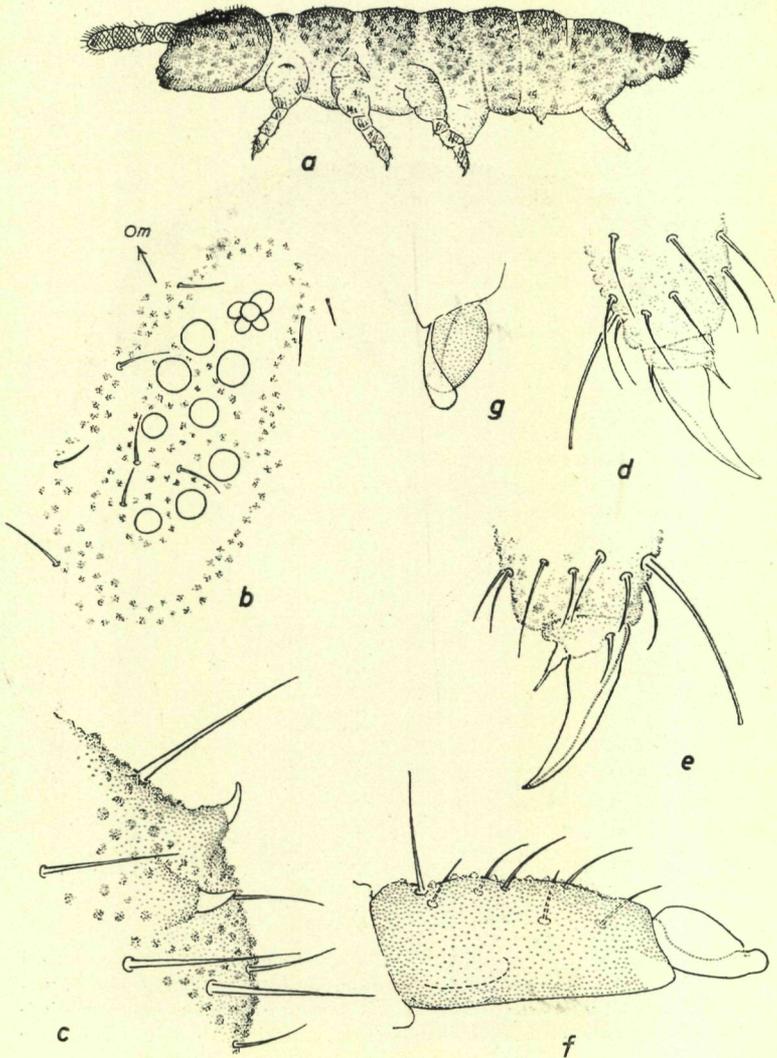


Fig. 3. *Hypogastrura gisini*: a Habitus, b Ommenleck und Postantennalorgan; c Anal-dornen schräg von der Seite; d Klaue I von innen; e Klaue III von außen; f Dens und Mucro von außen; g Mucro schräg von oben.

1926). — Nicht selten ferner auf der Wasseroberfläche von Fluttümpeln, Rockpools und gelegentlich sogar des Meeres (STRENZKE).

Die an den britischen Küsten (England, Schottland, Irland, Hebriden) vorkommenden Vertreter der „*viatica*-Gruppe“ sollen nach BAGNALL (1941) von *viatica* verschieden sein:

*H. subviatica* (Bagn.): Ventralkante des Mucros schwach gebogen, Rami des Tenaculum 3zählig, Klaue verlängert, Analpapillen weit voneinander entfernt, die Borsten unmittelbar hinter den Analpapillen 3,5—4,0-mal so lang wie die Analdornen, 2 mm, Färbung variabel.

*H. pseudoviatica* (Bagn.): Klaue von normaler Länge, Analdornen länger, nicht weit getrennt, Borster hinter den Analpapillen 2,0—2,5mal so lang wie die Analdornen, sonst ähnlich *H. subviatica*.

● *H. (H.) gisini* Strenzke. (Fig. 3 a—g). — Länge 0,6—0,85 mm. Fleckig grauviolett bis grauschwarz. Borsten kurz und lichtstehend. Postantennalorgan mit 4 Tuberkeln, die beiden vorderen größer als die hinteren. 8 + 8 Ommen. Tibiotarsen mit je 1 schwach gekultem Spürhaar. Empodialanhang nur  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$  der Ventralkante der Klaue. Klaue ohne Zähne. Furca etwa  $\frac{2}{3}$  der Länge der Antenne. Mucro plump, mit knopfartig angeschwollener Spitze und breiter halbkreisförmiger Außenlamelle, die vor der Spitze endet. Analdornen etwa 0,4 der Ventralkante von Klaue III. — Bisher nur von den deutschen Nord- und Ostseeküsten bekannt (Hohwachter Bucht, Sylt). Hier besonders in sandigem Substrat (unterirdische Feuchtzone, Salzwiesen) nicht selten und manchmal in großer Zahl. Da früher vermutlich mit Jungtieren ähnlicher Arten verwechselt, läßt sich die ökologische Stellung der Art noch nicht mit Sicherheit festlegen.

○ *H. (H.) vernalis* (Carl). — In Europa weit verbreitete Binnenlandart, die aber auch — besonders im Anwurf — an der deutschen, süd-schwedischen und finnischen Ostseeküste auftritt.

○ *H. (H.) manubrialis* (Tullbg.) (vgl. GISIN 1952). — Weit verbreitete, vielleicht kosmopolitische Art, wird einigemal, meist aus Anwurf, von der Nord- und Ostseeküste sowie vom Mittelmeer (unterirdische Feuchtzone, Algerien) gemeldet. Möglicherweise gelegentlich mit *H. gisini* verwechselt.

○ *H. (H.) purpurascens* (Lubb.). — Selten an der Küste der Nord- und Ostsee.

○ *H. (H.) sahlbergi* (Reut.). — Einigemal an der Küste der östlichen Ostsee.

#### Untergattung *Ceratophysella* Börn.

Unterscheidet sich von *Hypogastrura* durch den Besitz eines ausstülpbaren Säckchens zwischen dem 3. und 4. Antennenglied und durch den löffelförmig ausgehöhlten Mucro.

○ *H. (C.) armata* (Nic.) (vgl. GISIN 1949). — Wahrscheinlich kosmopolitische Art, die häufig auch aus Strandanwurf, seltener aus Salzwiesen der Nord- und Ostsee angegeben wird. Die meisten Angaben sind revisionsbedürftig; vermutlich beziehen sie sich z. T. auf die folgende Art.

○ *H. (C.) succinea* Gisin. — Mehrfach im Anwurf der deutschen Nordseeküste (Jadebusen, STRENZKE, unveröffentl.) sowie in der unterirdischen Feuchtzone der schwedischen Ostseeküste (!) (WIESER, unveröffentl.). Von GISIN in der Schweiz im Boden einer Trockenwiese gefunden.

○ *H. (C.) longispina* (Tullbg.) und *H. (C.) bentgssoni* (Ågr.). — Nur wenige Küstenfunde: Finnland, Skandinavien (*longispina*), Kieler Förde (*bentgssoni*).

*Schoettella* Schöff.

○ *Sch. ununguiculata* (Tullbg.). — Europa, Nordamerika. Selten im Anwurf der Ostseeküste (Finnland, Schweden, Holstein).

*Xenylla* Tullbg.

Im Habitus ähnlich *Hypogastrura*, aber nur 5 + 5 Ommen; Postantennalorgan und Empodialanhang fehlen; Furca kurz.

▲ *X. humicola* (Fabr.) Tullbg. (Fig. 4a—c). — 1,5—2,0 mm lang; fleckig dunkelblau. Mucro und Dens durch Kerbe getrennt, beide zusammen länger als Tibiotarsus III. Mucro lang und schlank, mit schmaler Innenlamelle. Alle Beine mit 2 Keulenhaaren. Klaue mit Innenzahn im distalen Drittel. Analdornen sehr klein. Subcoxen III mit einem auffälligen, etwas nach hinten gerichteten Lateralfortsatz. — Holarktis, Mitteleuropa, Azoren, Südamerika. Zwar auch im Binnenland, in Mittel-

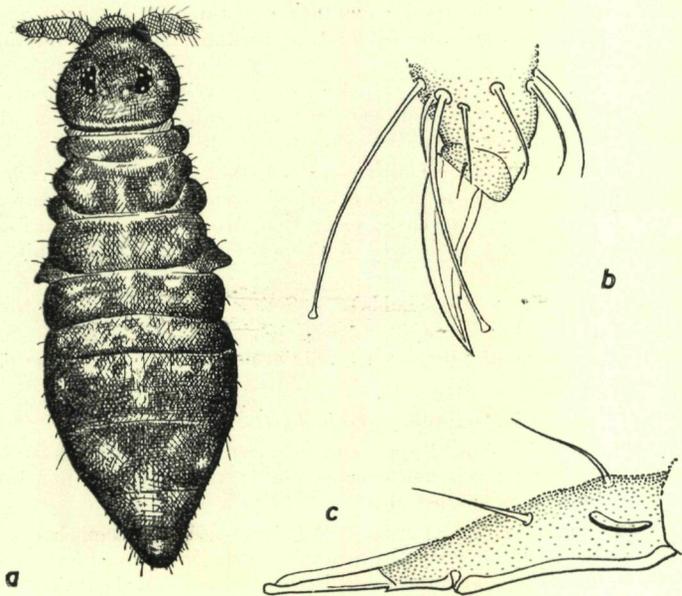


Fig. 4. *Xenylla humicola*: a Habitus; b Klaue III von außen; c Dens + Mucro.

europa, jedoch bevorzugt an den Küsten (Mittelmeer, Nord- und Ostsee). Meist im Anwurf, an der holsteinischen Ostseeküste besonders solchem auf Geröllstrand (sonst hier nicht häufig). In Übereinstimmung damit steht das häufige Vorkommen der Art auf den äußeren Schären der schwedischen Ostseeküste (WAHLGREN 1899, ÅGREN 1903). Bisweilen auch auf der Wasseroberfläche am Meeresstrand.

▲ *X. maritima* Tullbg. — Länge 1,2—1,4 mm. Färbung wie *humicola*. Mucro und Dens völlig verwachsen; Mucrodens länger als Klaue III. Dens mit 2 Borsten. Mucro mit langer, sehr schmaler Lamelle, die vor der leicht gebogenen Spitze des Mucro wie abgeschnitten endet. Klaue ohne oder mit 1 schwachen Innenzahn. 2 äußere Keulenhaare auf den Tibiotarsen. Analdornen sehr klein. — Eine wahrscheinlich kosmopolitische Art, die trotz ihres Namens im Gebiet viel weniger ausgeprägt thalassophil ist als *humicola* und häufig in verschiedenen Biotopen des Binnenlandes vorkommt. AGRELL (1934) bezeichnet sie als extreme Trockenform; sie wurde von ihm in maximaler Zahl in den Cladonia-Polstern südschwedischer Dünen angetroffen (ferner in Kiefernadel-Streu, in Moospolstern, auf trockenen Zweigen von Dünenwäldern sowie unter Brettern in der Elymus-Zone). Daneben zahlreiche Küstenfunde von der Nord- und Ostsee im Anwurf, aber auch in Salzwiesen und auf der Wasseroberfläche von Rockpools. Tritt im Mittelmeergebiet nach STACH anscheinend häufiger und zahlreicher an der Küste auf als im Norden („*X. maritima meridionalis*“ Stach).

Familie: *Brachystomellidae*

*Friesea* Dalla Torre

● *F. acuminata* (Denis) (= *Polyacanthella* (*Conotelsa*) *a.*, = *Polyacanthella thalassophila* Bagnall). (Fig. 5 a—d). — Länge 1,5 mm. Färbung weißgrau gefleckt. Mandibel hellebardenförmig, ohne Molarteil. 8 + 8 Ommen. Postantennalorgan und Empodialanhang fehlen. Klaue ungezähnt, keine tibiotarsalen Keulenhaare. Abdominalsegment VI mit 6 dorntartig verdickten Borsten; das Segment kegelförmig verlängert. Furca rudimentär. Mucro + Dens etwas länger als Klaue I. Mucro hakenförmig mit breiter gerundeter Lamelle. Mittelmeerküste (Banyuls-sur-Mer), auf feuchtem Kies (DENIS) und aus der unterirdischen Feuchtzone des Sandstrandes (ANGELIER, DELAMARE-DEBOUTTEVILLE, in ! Material REMANE und REMMERT); ferner auf Sand an der Küste Englands (Dorset, Essex) (BAGNALL).

● *F. fagei* Denis. — Länge 0,9 mm. Weiß. Haut grob granuliert. 3 + 3 Ommen. Postantennalorgan, Empodialanhang, tibiotarsale Keulenhaare, Analdornen und Furca fehlen. Klaue mit kleinem Innenzahn. — Französische Mittelmeerküste (Banyuls-sur-Mer), unter Steinen (im Winter).

○ *F. mirabilis* (Tullbg.). — In Europa weit verbreitete Art, häufig in verschiedenen Binnenland-Biotopen. An den Küsten der Nord- und Ostsee nicht selten im Boden der Salzwiesen und im Anwurf.

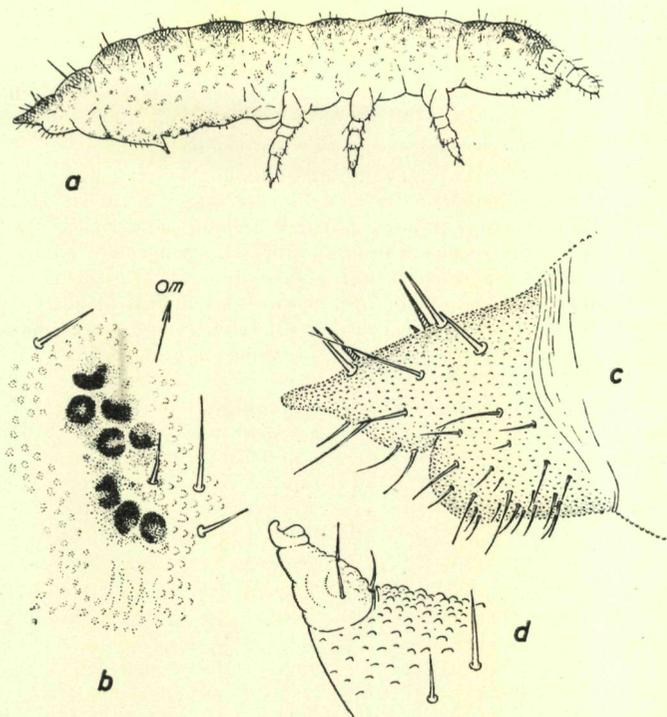


Fig. 5. *Friesea acuminata*: a Habitus; b Ommenleck, c Abdominalsegmente V und VI von der Seite; d Dens und Mucro von der Seite.

Die von BAGNALL (1939) von den Küsten Englands, Schottlands und Irlands beschriebene *F. poseidonis* Bagn. wird u. a. durch die relative Größe der unpaaren Analdornen charakterisiert. STACH stellt die Art mit ? als Synonym zu *F. mirabilis*.

#### *Brachystomella* Ägren

○ *B. parvula* (Schäff.). — Kosmopolit. Nach LINNANIEMI eine ursprünglich litorale Art, da die meisten finnischen Funde von der Ostseeküste stammen. In Mitteleuropa vor allem in Fettwiesen und Mooren (GISIN), meidet jedoch das Meeresufer nicht. Küstenfunde (meist aus Anwurf) von der deutschen Nord- und Ostseeküste.

#### *Xenyllodes* Axels.

○ *X. armatus* Axels. — In Europa weitverbreitet, gilt aber als selten. Nach LINNANIEMI in Finnland vermutlich ursprünglich Art des marinen Litorals, da dort die meisten Funde vom Meeresufer stammen. In Mitteleuropa vor allem in Gebirgen gefunden, kommt aber auch in

Wäldern der Ebene vor, Je ein Fund von der holsteinischen Ostseeküste (STRENZKE) und von der irischen Küste (L. Neagh) (BAGNALL).

Familie: *Anurididae*

*Anurida* Laboulb. (incl. *Aphoromma* Macgill.)

Körper plump, Haut meist grob granuliert. Spärliche, in Reihen stehende kürzere und längere Borsten. Antennen kürzer als Kopfdiagonale. Mundkegel kurz. Mandibeln distal mit einer Reihe scharfer Zähne, ohne Molarteil. Maxillenkopf mit gezähntem Medianteil („Ungulum“), der von 2 (—3) gesägten oder gefransten Lamellen flankiert wird. Postantennalorgan rosettenförmig mit 5—40 kleinen peripheren Höckern. 0 + 0, 3 + 3 oder 5 + 5 Ommen. Empodialanhang, tibiotarsale Keulenhaare und Analdornen fehlen. Auch Furca meist völlig reduziert.

Untergattung: *Anurida*

● *A. (A.) maritima* (Guérin)<sup>6)</sup> (Fig. 6 a—c). — Länge bis 3 mm. Färbung einheitlich dunkelblau, Kopf und Rumpf dicht mit kürzeren und längeren Borsten besetzt, die auf den Tergiten IV—VI unregelmäßige Querreihen bilden. Postantennalorgan etwa so groß wie ein Omma, mit 6—9 birnenförmigen Tuberkeln. 5 + 5 Ommen. Klaue mit ± deutlichem Innenzahn. Furca fehlt. — Lebt oft in großen Mengen in der Gezeitenzone der europäischen und nordamerikanischen Atlantikküsten; ferner Mittelmeer, Schwarzes Meer, Pazifik und Südafrika. Im deutschen Nordseegebiet auf Helgoland. Dringt über die Schären im Kattegatt an der schwedischen Westküste nicht hinaus (WAHLGREN 1899), fehlt der Ostsee. (Nicht erklärlich ist ein Fund STACHS im polnischen Binnenland.) Bevorzugt anscheinend algenüberwachsene Felsküsten, geht auch ins Supralitoral. Überflutung wird oft in größeren Gesellschaften in Gesteinsspalten oder zwischen Balanus-Schalen (sowie nach LÉCAILLON an Tangen angeklammert) überstanden. Hier finden sich auch die Exuvien und die fast kugligen, gelblichen Eier. Wird ferner vom Sandstrand gemeldet; hier graben sich die Tiere beim Herannahen der Flut in den Sand ein (DAVENPORT, IMMS). Nach Abflauen des Wassers erscheinen sie oft in großer Zahl auf der Wasseroberfläche von Rockpools und Fluttümpeln (MONIEZ, IMMS). Im Frühjahr und Sommer soll die Art zahlreicher sein als im Herbst und Winter. Als Nahrung werden nach den Beobachtungen LABOULBÈNES, FOLSOMS, IMMS' und WILLEMS die Gewebe von toten Balaniden, Muscheln und anderen Meerestieren bevorzugt. IMMS fand auch Desmidiaceen und andere grüne Algen im Darminhalt (vgl. auch GLYNNE-WILLIAMS und HOBART).

▲ *A. (A.) tullbergi* Schött. — Länge bis 3 mm, grau- bis schwarzblau, spärlich behorset. Postantennalorgan mit 20—23 (17—30) Tuberkeln, eine unregelmäßige Ellipse von der doppelten Länge eines Ommas bildend, 5 + 5 Ommen. Klaue meist mit Innenzahn. — Europa, Palästina, Nordamerika. An den Küsten der Ostsee (Finnland, Schweden,

6) = *A. bisetosa* Bagnall (DELAMARE-DEBOUTTEVILLE in litt.).

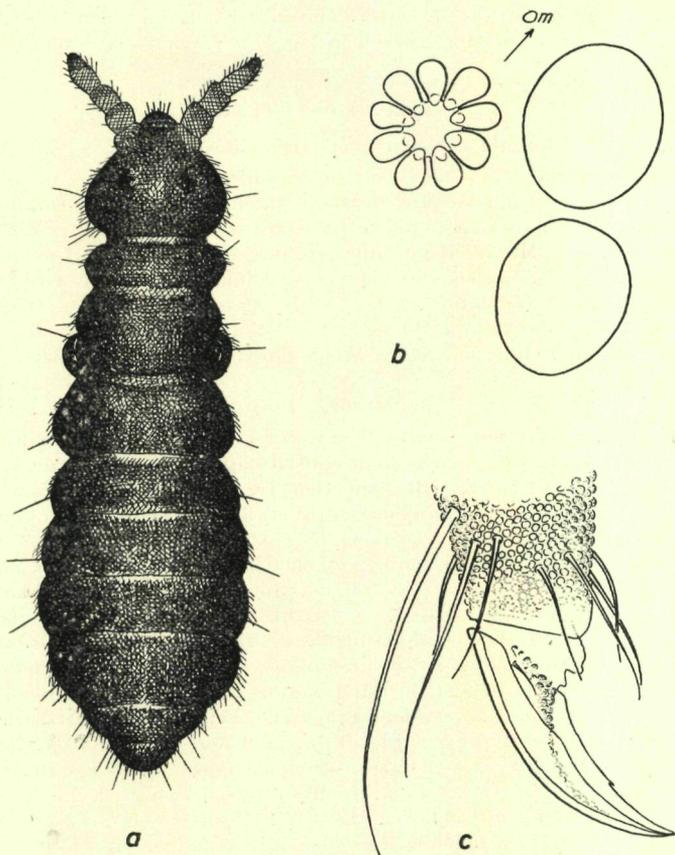


Fig. 6. *Anurida maritima*: a Habitus; b Postantennalorgan und 2 Ommen; c Klaue III von außen.

Deutschland), der Nordsee (Elbinsel Kuhwärder), des Atlantiks und des Mittelmeers (Le Racou, DELAMARE-DEBOUTTEVILLE). Meist im Anwurf, aber auch in Salzwiesen und auf der Wasseroberfläche. Tritt daneben im Binnenland, bevorzugt am Ufer von stehenden und fließenden Gewässern, auf.

● *A. (A.) denisi* Bagn. (= *tricolata* Denis nec Kinoshita) (Fig. 7). — Länge 2 mm, blau. Postantennalorgan mit 15 Tuberkeln. 3 + 3 Ommen, von denen 1 unmittelbar hinter dem Postantennalorgan liegt. Mandibel mit 3 Apikalzähnen und einer flachen, weit ausladenden Zahnlamelle an der Medialkante. — Küsten Frankreichs, Englands, Irlands. Lebt an der französischen Atlantik- und Kanalküste ähnlich wie *A. maritima* auf

Fucus-bedeckten Felsen, dringt nach WILLEM und DELAMARE-DEBOUTTEVILLE aber tiefer ins Meer vor.

● *A. (A.) thalassophila* (Bagn.) (*Aphoromma th.*). — Länge 1,0 bis 1,35 mm. Weiß bis gelb. Borsten auf den Abdominaltergiten in 2 Querreihen. Abdominalsegment IV mit dorsalen Anschwellungen. Postantennalorgan mit 14—16 (12—18) Tuberkeln. Ommen fehlen. Maxillenkopf mit 2 Laterallamellen, von denen keine über die Mediankralle hinausragt. — Küsten Englands, Schottlands und Irlands, unter tief eingebetteten Steinen auf lehmigem Untergrund (BAGNALL) und in Gesteinsspalten der Gezeitenzone (GLYNNE-WILLIAMS und HOBART).

● *A. (A.) remyi* Denis. — Bekannt aus Grönland und Jan Mayen. An den schleswig-holsteinischen Nord- und Ostseeküsten nicht häufig und meist nur in geringer Individuenzahl. Ferner an der finnischen Ostseeküste bei Tvärminne und an der schwedischen Ostseeküste bei Simrishamn (!) WIESER unveröffentl.). Bevorzugt anscheinend stark sandhaltige Substratformen (unterirdische Feuchtzone, mit Sand vermischten Anwurf, STRENZKE). Die ökologische Bindung der Art an die Meeresküste kann erst an Hand weiterer, sicher bestimmter Funde beurteilt werden. (Läuft in der Literatur über die Collembolenfauna der Nord- und Ostsee-Küsten vermutlich vielfach unter *A. granaria* [Nic.]

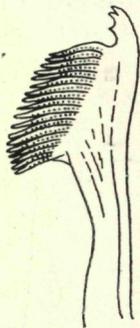


Fig. 7. *Anurida (A.) denisi*: Kopf der rechten Mandibel, dorsal (nach WILLEM).

#### Untergattung *Anuridella* Willem.

Kleine, langgestreckte, im Habitus *Onychiurus*-ähnliche, weiße oder gelbliche Arten. Antennen viel kürzer als der Kopf. Mandibeln distal mit einem gebogenen Zahn, davor eine breite, halbkreisförmige Lamelle (Fig. 8 a). Maxillenkopf mit medianer Kralle und 2 Laterallamellen (Fig. 8 b). Postantennalorgan mit 8—20, Kreis oder Ellipse bildenden, peripheren Tuberkeln. Ommen, Empodialanhang, tibiotarsale Keulenhaare, Furca und Analdornen fehlen. Klaue ungezähnt. Subcoxen von Bein II und (oder) III meist mit starken kegelförmigen Fortsätzen. Soweit bekannt, enthält die Untergattung nur thalassobionte Arten.

● *A. (Anuridella) marina* Will.?) — Länge 1,25 mm, schwach orange. Postantennalorgan mit 17—19 im Kreis stehenden Tuberkeln. Die ventrale Laterallamelle der Maxille überragt die stark gezähnte Mediankralle wenig. Subcoxen II und III ohne Fortsätze. Beine und Abdominalsegment VI von normaler Länge. — Atlantikküsten Frankreichs und Englands. WILLEM und DELAMARE-DEBOUTTEVILLE fanden die Art an der französischen Küste in Felsspalten der Fucus-Zone. Sie dringt

?) = *Anuridella hintoni* Bagnall (DELAMARE-DEBOUTTEVILLE in litt.).

dort — zusammen mit *A. denisi* — z. T. weiter ins Meer vor als *Anurida maritima*. Wie diese übersteht sie die Überflutung infolge der Unbenetzbarkeit des Körpers in den luftegefüllten kleinen Gesteinsspalten. An den britischen Küsten gesellig, z. T. zusammen mit *Anurida thalassophila* unter tief eingebetteten Steinen auf lehmigem Untergrund (BAGNALL) und in Gesteinsspalten in der Gezeitenzone (GLYNNE-WILLIAMS und HOBART). Ernährung ähnlich wie *Anurida maritima*.

● *A. (Anuridella) calcarata* Denis. (Fig. 8a, b). — Länge 1,2 mm, weiß. Postantennalorgan mit etwa 20 Tuberkeln, die eine unregelmäßige Ellipse bilden. Die Mediankrallen des Maxillenkopfes überragt die Laterallamelle beträchtlich. Subcoxa III mit kegelförmigem Fortsatz. Abdominalsegment VI auffallend lang. — Französische Mittelmeerküste (Banyuls-sur-Mer) (DENIS) in der unterirdischen Feuchtzone des Sandstrandes (ANGELIER, ! in Mat. REMMERT), später an der englischen Küste unter Steinen in der Gezeitenzone wiedergefunden (WOMERSLEY 1930 b).

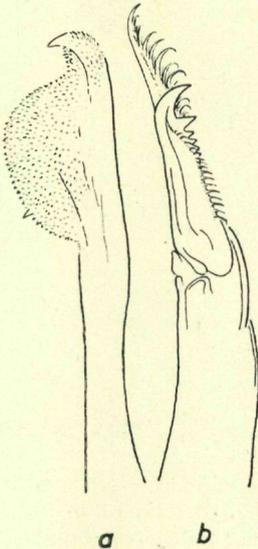


Fig. 8. *Anurida (Anuridella) calcarata*: a Spitze der Mandibel; b Spitze der Maxille.

● *A. (Anuridella) submarina* Bagn. — Länge 0,9—1 mm, weiß. Habitus mehr *Tullbergia*-ähnlich. Beine auffällig kurz und gedrungen. Abdominalsegment VI kurz. Postantennalorgan mit etwa 20 Tuberkeln. Die Mediankrallen überragt die Laterallamellen des Maxillenkopfes kaum. — Wurde von BAGNALL an der englischen Küste (Durham) in derselben Weise erbeutet wie *A. immisiana*, mit der sie gemeinsam auftritt; doch scheint *A. submarina* feineren Sand zu bevorzugen.

● *A. (Anuridella) germanica* Gis. (Fig. 9a—c). — Die kleinste Art der Untergattung (0,7—0,8 mm). Weiß. Habitus *Tullbergia*-ähnlich. Beine und Abdominalsegment VI wie bei *calcarata*. Subcoxen III mit Kegelfortsatz, Subcoxen II mit entsprechenden winzigen Seitenhöckern. Postantennalorgan elliptisch mit etwa 20 Tuberkeln. Die Mediankrallen überragt die Laterallamellen der Maxille kaum. Riechkolben des IV. Antennengliedes hammerförmig (z. T. auch bei *calcarata*!). — Deutsche Nord- und Ostseeküsten. Die Art lebt vorzugsweise in der unterirdischen Feuchtzone der kiesigen bis grobsandigen Uferzonen; sie kann hier, meist in nicht sehr hoher Individuenzahl, bei Grundwassergrabungen von der Wasseroberfläche abgefischt werden (STRENZKE 1951). Gelegentlich auch im stark mit Sand vermischtem Tang-Anwurf.

● *A. (Anuridella) immsiana* Bagn. — Länge bis 1 mm, weiß. Postantennalorgan mit 8–11 Tuberkeln. Die Mediankralle überragt die Laterallamellen des Maxillenkopfes. Subcoxen II und III mit Kegelfortsatz. — Küsten Englands, Schottlands und Irlands. BAGNALL erhielt die Art, indem er innerhalb der Gezeitenzone kleine Portionen Sand in die wassererfüllten Löcher warf, die beim Ausheben größerer Steine aus dem sandigen Untergrund entstehen. Lebt also offensichtlich ähnlich wie *A. germanica* an den deutschen Küsten.

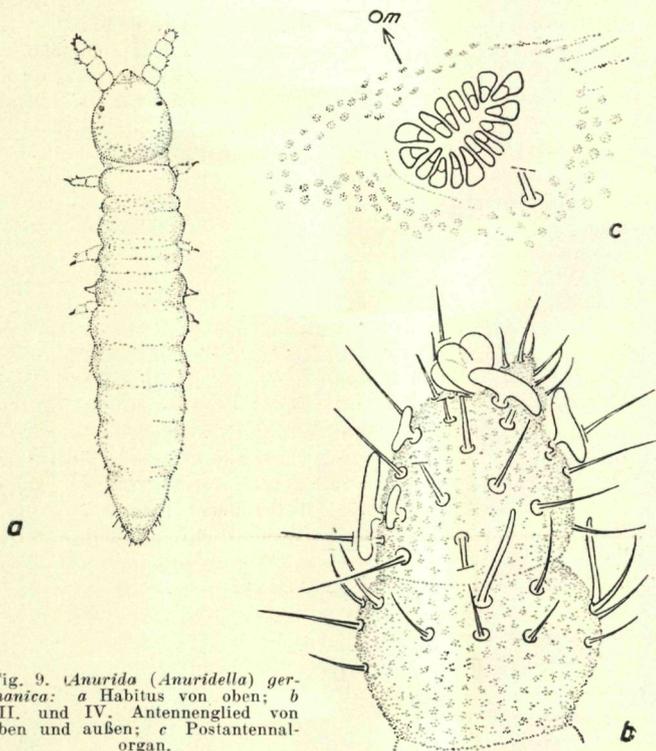


Fig. 9. *Anurida (Anuridella) germanica*: a Habitus von oben; b III. und IV. Antennenglied von oben und außen; c Postantennalorgan.

#### *Micranurida* Börn.

○ *M. papillosa* Axels. — Von LINNANIEMI bisher nur einmal unter Holz und Steinen am Ufer des Weißen Meeres (Halbinsel Kanin) gefunden.

○ *M. pygmaea* Börn. — Nord-, Mittel- und Westeuropa. Nur ausnahmsweise an der Ostseeküste (Kieler Förde, in bewachsenem Tanghaufen, DÜRKOP).

Familie: *Neanuridae*

*Neanura* Macgill (= *Achorutes* auct., = *Biloba* Stach).

○ *N. muscorum* (Templet.). — In Binnenland-Biotopen der Holarktis weitverbreitete Art. Nord- und Ostseeküsten, unter Anwurf. Bei Tvärminne auch auf den äußeren Schären.

Familie: *Onychiuridae*.

*Onychiurus* Gerv. (Börn.)

● *O. debilis* (Mon.) Den. (= *O. littoralis* Dürkop). (Fig. 10 a—e). — Körper wie typisch für *Onychiurus* langgestreckt zylindrisch. Mit etwa 1,5 mm kleine Art. Weiß. Haut fein granuliert. Furca fehlt völlig. Pseudocellen: 3 + 3 an den Antennenbasen, 2 jederseits am Kopfhinterrand, 1 + 1 auf Thorakalsegment I (Fig. 10d), je 3 + 3 auf Thorakalsegment II und III, 3 + 3 auf Abdominalsegment V. Auf der Ventralseite des Abdomens fehlen sämtliche Pseudocellen, Postantennalorgan mit etwa 18 senkrecht auf der Längsachse des Organs stehenden Tuberkeln (*armatus*-Gruppe), die eine breite Ellipse bilden. Klaue und Analnornen schlank. Empodialanhang  $\frac{1}{3}$ — $\frac{2}{3}$  der Klauenlänge, basal erweitert. — Atlantikküsten Westeuropas, Nord- und Ostseeküsten Deutschlands. MONIEZ, DENIS und WILLEM fanden die Art in großen Kolonien in der Gezeitenzone der französischen Atlantikküste; sie lebte hier z. T. zusammen mit *Anurida denisi* unter Fucus auf Felsen, besonders in den Lücken zwischen Balaniden oder in deren leeren Schalen. ANGELIER wies sie an der französischen Mittelmeerküste in der unterirdischen Feuchtzone des Sandstrandes nach. An der deutschen Nordseeküste tritt *O. debilis* regelmäßig und oft in größerer Zahl im Boden der Salzwiesen sowie weniger regelmäßig auch in der Quellregion auf (DENIS 1931, STRENZKE, unveröffentlichte Beobachtungen von STREBEL). An der Ostseeküste wies sie DÜRKOP in der unterirdischen Feuchtzone des Sandstrandes nach. Sie tritt hier gelegentlich auch in stark mit Sand durchsetztem Anwurf auf (STRENZKE).

Außer *O. debilis* werden von BAGNALL (1935, 1937) eine Reihe weiterer *Onychiurus*-Arten aus der Gezeitenzone der britischen Küsten beschrieben. Zum Teil bedürfen diese aber offensichtlich noch einer schärferen ökologischen und z. T. auch taxonomischen Charakterisierung, so daß sie hier nur erwähnt werden:

a) *armatus*-Gruppe: *O. thalassophilus* Bagn. (ähnlich *debilis*, aber Empodialanhang winzig, Postantennalorgan mit 16—20 schmalen, getrennten Tuberkeln). — *O. imminutus* Bagn. (ähnlich der vorigen, aber kleiner, Postantennalorgan sehr klein, mit 28—30 ovalen, sich berührenden Tuberkeln). — *O. halophilus* Bagn. (Pseudocellen: 4 + 4 an Antennenbasis, 3 + 3 im Dreieck am Kopfhinterrand, 4 + 4 auf Abdominalsegment V, Postantennalorgan mit 24 Tuberkeln. Empodialanhang etwa  $\frac{1}{2}$  der Klaue III, basal erweitert). — *O. evansi* Bagn. (Pseudocellen: 1 + 1 an Antennenbasis, 1 + 1 am Kopfhinterrand. Postantennalorgan mit 12—16 Tuberkeln. Empodialanhang etwa  $\frac{1}{2}$  Klaue, mit Innenlamelle). — *O. caledonicus* Bagn. (Pseudocellen: 4 + 4 an Antennen-

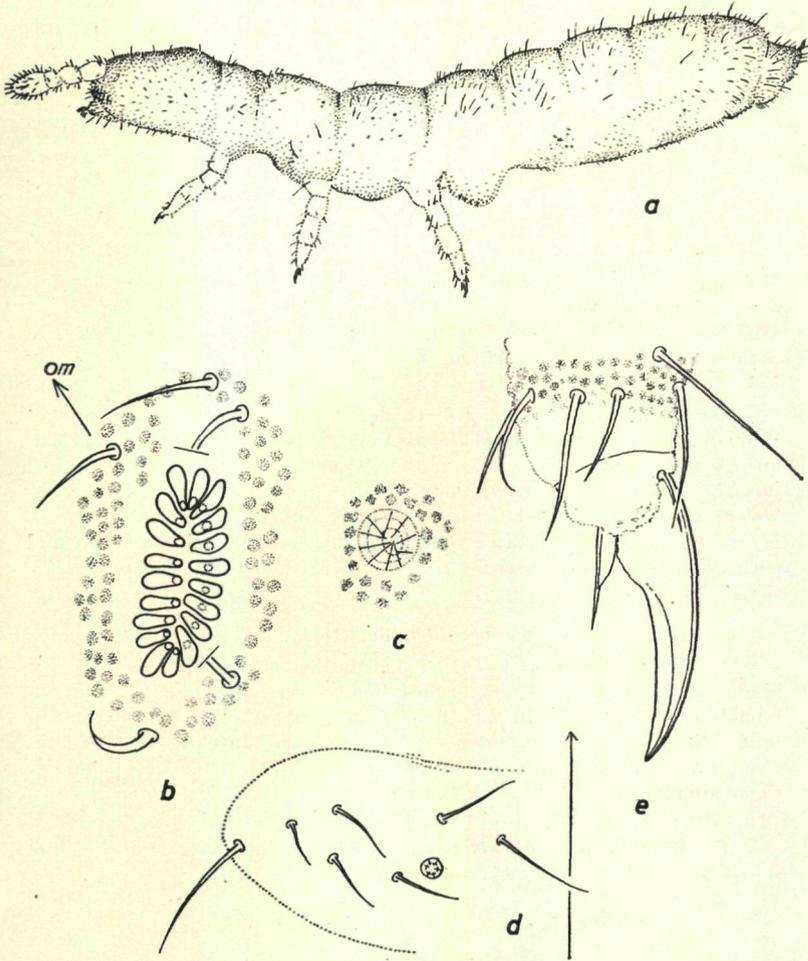


Fig. 10. *Onychiurus debilis*: a Habitus; b Postantennalorgan; c Pseudocellus; d Chä-totaxie und Pseudocellus von Thorax I; e Klaue III von außen.

basis, 4 + 4 am Kopfhinterrand, Postantennalorgan mit etwa 40 Tuberkeln, Empodialanhang etwa  $\frac{1}{2}$  der Klaue, ohne basale Erweiterung). — *O. daviesi* Bagn. (Pseudocellen: 4 + 4 an Antennenbasis, 3 + 3 am Kopfhinterrand, 3 + 3 auf Abdominalsegment V, Postantennalorgan mit 32–36 Tuberkeln, Klauen lang und schlank, Empodialanhang etwa ebenso lang wie die Klaue).

Gut gekennzeichnet ist *O. macfadyeni* Gisin (Pseudocellen 4 + 4 an Antennenbasis, 3 + 3 am Kopfhinterrand, je 4 + 4 auf Abdominaltergit I, II und III und 5 + 5 auf Abdominaltergit IV, im übrigen ähnlich *O. armatus*). Bisher nur von Jan Mayen und aus dem Boden von Salzwiesen der deutschen Nordseeküste (Sylt) bekannt. Die ökologische Stellung der Art läßt sich noch nicht präzisieren. Kürzlich von WIESER (unveröffentl.) auch aus der unterirdischen Feuchtzone der schwedischen Ostseeküste (!) nachgewiesen.

b) *sibiricus*-Gruppe (Postantennalorgan mit 8—40 Höckern, die parallel zur Längsachse des Organs stehen): *O. celticus* Bagn. (Pseudocellen: 3 + 3 an Antennenbasis, 2 + 2 am Kopfhinterrand, 3 + 3 auf Abdominalsegment V; Analdornen lang und schlank, 4—5mal so lang wie an der Basis breit, etwa  $\frac{2}{3}$  der Klaue III, unterhalb der Spitze gewöhnlich scharf abgebogen). — *O. scoticus* Bagn. (Pseudocellen wie bei *celticus*, aber Analdornen kürzer, etwa 3mal so lang wie an der Basis dick = rund  $\frac{1}{2}$  der Klaue III).

○ Ferner werden von den Küsten der Nord- und Ostsee mehrere im Binnenland verbreitete *Onychiurus*-Arten, also Indifferente, gemeldet; aus Anwurf z. B. besonders häufig *O. armatus* (Tullbg.), ferner *O. furcifer* (Börn.) (= *parumpunctatus* auct.), *O. fimetarius* (L.), *O. sibiricus* (Tullbg.). Die meisten dieser Funde sind infolge der erst in jüngerer Zeit — vor allem durch GISIN (vgl. z. B. 1952) — begonnenen und noch anhaltenden Verfeinerung der taxonomischen Unterscheidung revisionsbedürftig.

#### *Tullbergia* Lubb. (Börn.)

○ *T. (T.) krausbaueri* Börn. — Vermutlich kosmopolitische Art, die häufig in den tieferen Schichten des Bodens verschiedenartiger Binnenland-Biotope auftritt. An den Küsten der Ostsee (Finnland, Deutschland), Nordsee (Holstein, nord- und ostfriesische Inseln), des Atlantiks (Bretagne) und des Mittelmeeres (Algerien). Nicht selten im Boden der Salzwiesen, gelegentlich auch im Anwurf und in der unterirdischen Feuchtzone des marinen Litorals. Vertreter des Euedaphons.

○ *T. (Metaphorura) affinis* Börn. — Einmal im Anwurf an der süd-schwedischen Küste (BACKLUND).

#### Familie: *Isotomidae*

#### *Anurophorus* Nic. (Tullbg.)

○ *A. laricis* Nic. — Holarktisch verbreitete Art, die in Binnenland-Biotopen bevorzugt unter Baumrinde auftritt (xerophiles Hemiedaphon). An den finnischen Küsten häufig und zahlreich, selbst auf den äußersten Schären eine der allgemeinsten Collembolen-Arten; besonders unter Moos auf Felsen, doch auch (wohl zufällig) auf der Wasseroberfläche von Rockpools. Ferner an den Felsenküsten Schwedens und Norwegens nachgewiesen. Wahrscheinlich bieten die oft völlig austrocknenden Moos- und Flechtenüberzüge auf dem Gestein der Art ähnliche Milieuverhältnisse wie die Baumrinden.

*Folsomia* Will.

Körper fast zylindrisch, mit kurzen Borsten besetzt. Pigmentierung meist schwach oder ganz fehlend. Abdominalsegmente IV—VI verwachsen. Anus ventro-terminal. Abdominalsegment VI ohne Analdornen. Furca gut entwickelt, aber gewöhnlich kurz. Systematisch wichtig ist die Chaetotaxie der Ventralseite des Manubriums. Mucro relativ lang, 2 (—3) zählig. Postantennalorgan lang-elliptisch. 0 + 0 bis 8 + 8 Ommen.

● *F. sexoculata* (Tullbg.) Linn. (Fig. 11 a—c). — Länge bis 2,1 mm. Grau oder schwärzlich-grau mit hellen Segmentgrenzen und Flecken auf

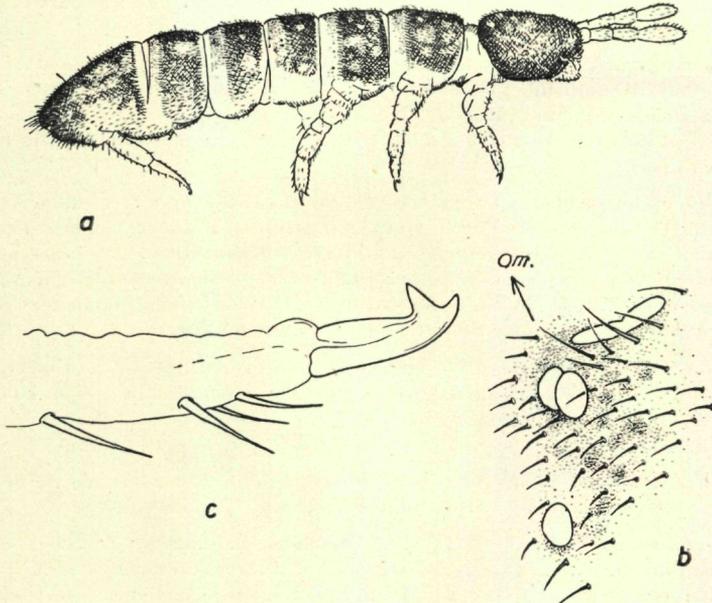


Fig. 11. *Folsomia sexoculata*: a Habitus; b Ommen und Postantennalorgan; c Mucro von außen.

Kopf und Rumpf (bei gelegentlich tief schwarzbraun gefärbten Individuen besonders scharf hervortretend). 3 + 3 Ommen, die beiden vorderen dicht beisammen. Mucro 2zählig, Manubrium ventral mit (1—)2 (—3) + (1—)2 (—3) starken distalen Borsten und 1—3 + 1—3 schwächeren Borsten im Mittelteil. Längen von Manubrium : Dens : Mucro = 5 : 5—6 : 1. — Nordeuropa, Ost-Grönland, Jan Mayen, Svalbard, Küsten des Atlantik, der Nord- und Ostsee (vgl. Tab. S. 15). Bevorzugt feuchten Tang-Anwurf, doch auch unter Steinen und im algenüberzogenen Boden der Salzwiesen (holsteinische Nord- und Ostseeküste, STRENZKE). Tritt meist nicht in großer Individuenzahl auf; in litoralen Wiesen Ost-Grönlands 37 Individuen auf 100 cm<sup>2</sup> (MADSEN). (Die von HANDSCHIN aus den Schweizer Alpen gemeldete *F. sexoculata* wird

von STACH als subsp. *alpigena* Stach bezeichnet. Manubrium mit 2 + 2 hintereinander stehenden Borsten, die beiden vorderen Ommen um den Durchmesser eines Ommas voneinander getrennt.)

● *F. thalassophila* Bagn. — Länge 1,2—1,6 mm. Pigment nur in den Ommen-Flecken und höchstens einzelnen Flecken auf Kopf und Vorderkörper. 3 + 3 Ommen. Allgemein Behaarung wie bei *sexoculata* fein und dicht, aber zum Hinterende hin länger und gröber werdend. Hinterränder von Abdominalsegment I—III mit je einer Doppelreihe dichtstehender Borsten. Mucro ventral mit 3 + 3 schwachen Borsten. Dentes merklich (1,3—1,35) länger als Manubrium. — Schottische und irische Küste, beträchtlich unter der Hochwasser-Grenze.

● *F. garetti* Bagn. — 1,6—1,9 mm. Weiß. Ommen fehlen (*fimataria*-Gruppe). Manubrium ventral mit 1 + 1 starken Borsten. Dentes fast so lang wie Manubrium. Mucro 3zählig. — Küsten Englands und Schottlands, unter der Rinde von Baumstämmen, die im Schlamm unter der Hochwassergrenze lagen.

○ *F. quadrioculata* (Tullbg.). — In der Holarktis weit verbreitete Art; häufig in verschiedenartigen Binnenland-Biotopen, doch sicher nicht immer von erst in jüngerer Zeit unterschiedenen Arten getrennt (vgl. *F. trågardhi* Börn. nom. nud. bei DÜRKOP ? = *manolachei* Bagn. vgl. STRENZKE). An den Küsten der Nord- und Ostsee häufig, besonders im alten Anwurf und unter Steinen (LINNANIEMI, DÜRKOP, BACKLUND).

○ *F. manolachei* Bagn. — Britische Inseln, Mitteleuropa. Einzelne Exemplare im Boden von Salzwiesen an der holsteinischen Ostseeküste (STRENZKE) und auf der Wattseite eines Deiches auf Wangerooge (STREBEL).

○ *F. diplophthalma* (Axels.). — Holarktis. Nur wenige Funde von der Ostseeküste. Finnland (LINNANIEMI), Holstein (DÜRKOP).

○ *F. fimetaria* (L.) — Da von *F. fimetaria* in jüngerer Zeit mehrere sehr ähnliche Arten abgetrennt wurden, bedürfen sämtliche älteren Angaben der Revision. Das gilt auch für die vorliegenden Küstenfunde (LINNANIEMI, DENIS, DÜRKOP, ? BACKLUND), die vor allem aus Anwurf stammen.

### *Proisotoma* Börn.

#### Untergattung *Proisotoma* Börn. (Stach)

● *P. (P.) buddenbrocki* Strenzke. (Fig. 12 a—d). — Länge bis 0,72 mm. Färbung gelblichweiß, Ommenflecke schwarz, Spitze des IV. Antennengliedes meist mit blauvioletter Pigment. Alle Abdominalsegmente deutlich getrennt, mit kurzen, lichtstehenden Borsten besetzt. 8 + 8 Ommen. Postantennalorgan 2,3—2,5mal so lang wie der Ommendurchmesser, der den Ommen zugewendete Teil bauchig erweitert. Dens dick, mit etwa 7 dorsalen Höckern, Mucro breit; 2zählig. Manubrium ventral mit 1 + 1 Borsten. Klaue kurz und plump, ungezähnt. Empodial-

anhang etwa  $\frac{1}{2}$  der Länge der Klauenventralkante. — Bisher nur aus dem Cyanophyceen-Sand der Kieler Bucht (Bottsand) und dem Sandstrand der finnischen Ostseeküste bei Tvärminne bekannt.

● *P. (P.) admaritima* Murphy. — Länge bis 1,32 mm. Tief schwarzblau, Alkohol-Material mit hellen Flecken auf dem Kopf. Körper spärlich mit kurzen Borsten besetzt. Abdominalsegmente V und VI dorsal verschmolzen, seitlich noch getrennt. 8 + 8 ungefähr gleich große Ommen auf gemeinsamem schwarzem Augenfleck. Postantennalorgan breitelliptisch, mit leichter Einschnürung, 1,2—1,4mal so lang wie der Ommendurchmesser. Empodialanhang wenig länger als die Hälfte der Klauenventralkante. Klaue ungezähnt. Tibiotarsus mit einem Keulenhaar. Manubrium ventral mit 1 + 1 Borsten. Dens ziemlich kurz und gedrunken, dorsal in der Mitte mit 6—10 unregelmäßigen Höckern. Mucro 2zählig, mit großem dreieckigem Antapikalzahn und schwächerem, gebogenem Apikalzahn. — Schottland (Isle of Cumbrae, Millport, Keppel), auf der Oberfläche von Rockpools in der Spritz-Zone und in der Hochwasserlinie.

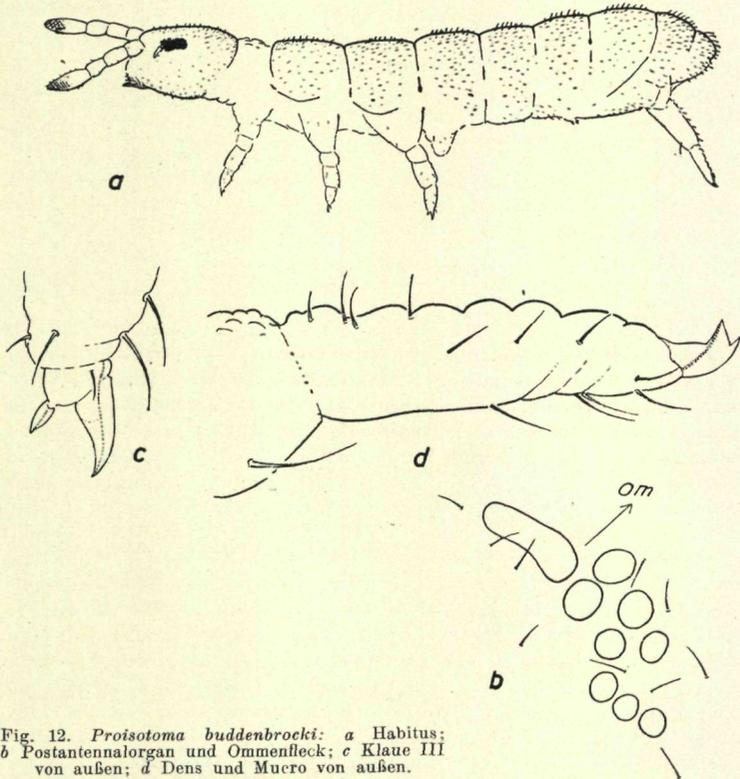


Fig. 12. *Proisotoma budenbrocki*: a Habitus; b Postantennalorgan und Ommenfleck; c Klaue III von außen; d Dens und Mucro von außen.

○ *P. (P.) minuta* (Tullbg.). — In Europa und außerhalb Europas weit verbreitete Art, gern in humusreichem Substrat in der Nähe menschlicher Siedlungen. Küstenfunde aus Finnland und Holstein (Andelrasen bei Meldorf [Nordsee]).

○ *P. (P.) ripicola* Linn. — Europa, Nordafrika. ? Australien. Besonders an den Ufern von Binnengewässern gefunden. In Finnland jedoch bevorzugt an der Meeresküste: unter Steinen, Holz und Tang, sowie frei auf der Wasseroberfläche.

Untergattung *Ballistura* Börn. (Stach).

▲ *P. (B.) schötti* (Dalla Torre). (Fig. 13 a, b). — Länge 1,5–2 mm. Färbung dunkel- (selten hell-) violett. Körper dicht mit kurzen Borsten

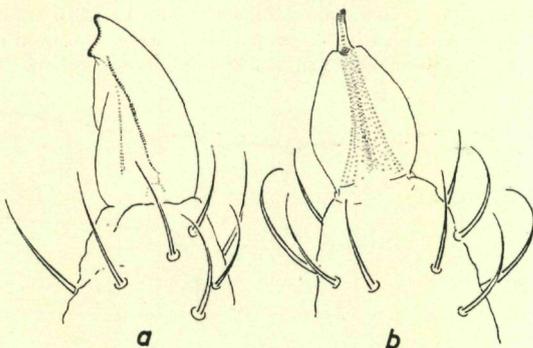


Fig. 13. *Proisotoma (Ballistura) schötti*: Mucro a von der Seite; b von oben.

besetzt, die auch auf Abdominalsegment VI nur 1,5mal so lang sind wie auf den vorderen Segmenten. Alle Abdominalsegmente deutlich getrennt. 8 + 8 gleich große Ommen. Postantennalorgan breit elliptisch, wenig länger als ein Omma. Dentes gleichmäßig dick, dorsal ohne Ringelung aber dicht beborstet. Mucro breit bootförmig mit Apikal- und Antapikalzahn und 2 breiten nicht eingeschnittenen lateralen Lamellen. Manubrium ventral ohne Borsten. Klaue lang und schlank, ohne Zähne. Empodialanhang mit breiter innerer Lamelle, apikal spitz ausgezogen; Basalteil etwa  $\frac{1}{3}$  der Klaue. — Europa, Afrika, Nordamerika, Spitzbergen. Tritt vorzugsweise an der Meeresküste (Nord- und Ostsee, Atlantik) auf. LINNANIEMI fand sie mehrfach in großer Menge unter feuchten Steinen und Holz an der finnischen Ostseeküste; SCHÄFFER stellte sie an Floßholz auf der Elbinsel Kaltehofe fest. Auch in Röhrichtern der Unterelbe (CASPER). Gewöhnlich nicht im Anwurf (BACKLUND). Die Funde aus dem Binnenland schienen noch STACH revisionsbedürftig zu sein, doch liegen inzwischen einwandfrei gesicherte Funde aus der Schweiz vor (GISIN 1949 b), interessanterweise aus Mist (vgl. *Hypogastrura viatica*). Auch Angaben von Binnensalzstellen (Mähren, KSENEMAN) sind nach

STACH eher *crassicauda* zuzuordnen<sup>8)</sup>. Von KSENEMAN (cit. FRANZ) am Ufer des Neusiedler Sees gefunden.

▲ *P. (B.) crassicauda* Tullbg.) (Fig. 14 a—d). — Länge 1,5 mm schwarzblau oder schwarzviolett. Behorung des Körpers ähnlich *schötti*. Alle Segmente getrennt. 8 + 8 Ommen. Postantennalorgan schmal elliptisch, etwa zweimal so lang wie ein Ommendurchmesser. Dentes ähnlich wie bei *schötti*. Mucro basal breit, apikal zuspitzend

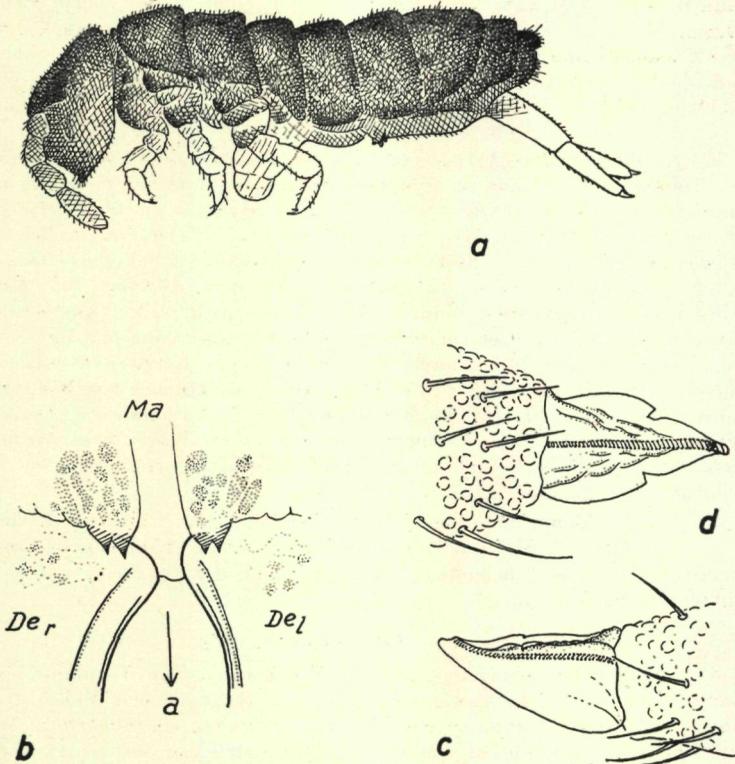


Fig. 14. *Proisotoma (Ballistura) crassicauda*: a Habitus nach einem in Formol konserviertem Exemplar; b Distale Ventraldornen des Manubriums; Ma = Manubrium; *Der* und *Del* = rechter und linker Dens; c Mucro von der Seite; d Mucro von oben.

mit undeutlichem Apikal- und Antapikalzahn; von oben gesehen breit blattförmig mit dicker Mittelrippe und breiten, scharf eingeschnittenen Laterallamellen. Manubrium ventral mit 2 + 2 kurzen Borsten, distal-medial mit 2 + 2 bis 3 + 3 kurzen breiten Dornen. Klaue und Empo-

<sup>8)</sup> Dasselbe gilt vermutlich für einige in meinen unveröffentlichten Notizen (nach HANDSCHIN im „DAHL“!) als *schötti* bestimmte Tiere von den Binnensalzstellen von Bad Nauheim. Das Material existiert nicht mehr.

dialanhang ähnlich *schötti*. — Im Binnenland von Nord- und Mitteleuropa weitverbreitete hygrophile Art. Finnische, schwedische und holsteinische Ostseeküste, auch an den Küsten Englands und Schottlands. Nach LINNANIEMI in Finnland fast ausschließlich auf der Oberfläche von Wasseransammlungen des Binnenlandes und des Meeresstrandes (Verbreiterung des *Mucros!*), doch auch in großen Mengen auf feuchtem Boden und unter feuchten Steinen. An der holsteinischen Ostseeküste überwiegend in Algen und Tangüberzügen auf Geröll. Geht in den Alpen über 3000 m hoch. Erscheint sehr früh im Jahr und findet sich auch im Winter, doch keine ausschließliche „Winterart“. Thalassophilie anscheinend nicht überall gleich stark ausgeprägt.

#### Untergattung *Isotomina* Börn.

*P. (I.) thermophila* (Axels.) (vgl. Fig. 1). — In Europa weitverbreitet. Häufig in der Nähe menschlicher Siedlungen und in Wohnungen unter Blumentöpfen. DÜRKOP meldet einige Exemplare aus Anwurf der Kieler Bucht. STRENZKE fand sie in größerer Zahl im mit Algen überschwemmten Boden von Salzwiesen an der holsteinischen Ostseeküste bei NaCl-Konzentrationen des Bodenwassers von 16,0‰. Die Art (einschl. var. *impunctata* Linn.) kommt ferner nicht selten und dann gewöhnlich in sehr großer Individuenzahl in der unterirdischen Feuchtezone des Sand- und Kiesstrandes der holsteinischen Nord- und Ostseeküste vor (STRENZKE); im gleichen Biotop wurde sie kürzlich von WIESER (unveröffentl.) an der schwedischen Ostseeküste (!) nachgewiesen. Es ist noch zu klären, ob *P. (I.) thermophila* in bestimmten Teilen ihres Areals vielleicht eine stärkere Bindung an die Meeresküste aufweist (regionale Stenotopie).

○ *P. (I.) bipunctata* (Axels.)<sup>9)</sup>. — Im Binnenland Europas in der Nähe menschlicher Siedlungen und in Wiesenböden. Mehrfach im Anwurf der Nordsee (Umgebung Hamburgs) und der Ostsee (Finnland, Südschweden, Holstein).

#### Untergattung *Subisotoma* Stach<sup>10)</sup>

○ *P. (S.) angularis* (Axels.). — In Mitteleuropa von Finnland bis England und von Jugoslawien bis Holstein. Meist in den Moosüberzügen auf festem (anorganischen) Substrat gefunden (in Holstein z. B. auf Dächern). LINNANIEMI stellte die Art am felsigen Ostseeufer von Tvärminne in der Moosdecke nahe am Wasserrand fest.

#### *Archisotoma* Linn.

Habitus *Proisotoma*-ähnlich. After terminal. Körper mit feinen glatten Borsten besetzt. 2 + 2 Bothriotriche auf dem verschmolzenen V. + VI. Abdominalsegment. IV. Antennenglied auffällig kurz; ebenso lang wie das III. oder nur wenig länger. Organ des III. Antennengliedes mit 2 Sinnesstäbchen. Postantennalorgan lang-elliptisch. Empodialanhang

<sup>9)</sup> Wird sonst (auch von STACH) unter *Isotoma* geführt. Ich folge hier GISIN, der *bipunctata* auf Grund der Chätotaxie des Manubriums zu *Isotomina* stellt.

<sup>10)</sup> Steht bei STACH als Genus in der Unterfamilie *Anurophorinae*.

zweiteilig, breit blattförmig. Tibiotarsale Keulenhaare fehlen. Femur III außen distal mit dornartigem Fortsatz. Manubrium ventral ohne Borsten. Dentes gleichmäßig dick, dorsal nicht gewellt; mit zahlreichen Borsten besetzt, aber ohne Subapikalborste. Mucro breit kahnförmig; Spitze nach oben gerichtet; mit 2 großen breit dreieckigen Seitenzähnen. Corpus tenaculi ohne Borsten. — Nachdem STACH die Identität von *Archisotoma dimorpha* Denis mit *Isotoma schäfferi* Krausb. erkannt hat und für diese Art das Genus *Hydroisotoma* schuf, enthält die Gattung *Archisotoma* nur noch thalassobionte Arten.

● *A. besselsi* (Packard) Strenzke. (Fig. 15 a—f). — Länge bis etwa 1,3 mm (an den deutschen Küsten meist nicht mehr als 1,1 mm). Färbung grau- bis blauschwarz, mit zahlreichen hellen Flecken auf Kopf und Tergiten; Intersegmentalhäute scharf hervortretend. 8 + 8 Ommen, 2 + 2 davon sehr klein. Postantennalorgan 2—3- (1,5—4) mal so lang wie das vordere Omma. Antennenglied II distal mit einem gerundeten Vorsprung. Ventrallamelle der Maxille weit über die Mediankralle hinausragend; ihre Außenkante zweizeilig mit langen Fransen besetzt<sup>10a)</sup> Blattförmige Lamelle der Maxille länger als die Mediankralle. Klaue relativ plump. Tibiotarsus III subapikal mit einer dornartig verdickten Borste. — Sicher nicht immer von *A. pulchella* unterschieden. Von GISEN einwandfrei belegt aus Ost- und West-Grönland, Jan Mayen und dem nördlichen Kanada; ferner

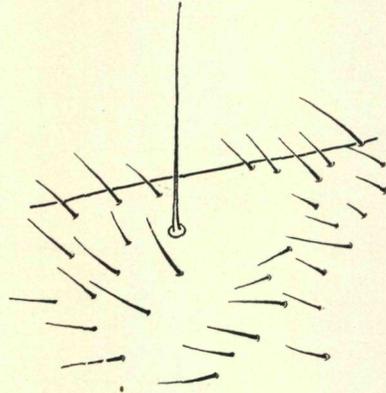


Fig. 15. f *Archisotoma besselsi*:  
Bothriotrich auf Abdominal-Segment V.

an der französischen Atlantik-Küste (Roscoff, Finistère, ! in Coll. DELAMARE-DEBOUTTEVILLE) sowie der französischen (Banyuls-sur-Mer, STRENZKE, Le Racou, DELAMARE-DEBOUTTEVILLE) und spanischen Mittelmeerküste (Umgebung von Barcelona, DELAMARE-DEBOUTTEVILLE). An der holsteinischen Nordseeküste gelegentlich in großer Zahl im Boden der Andelwiesen; seltener unter Anwurf auf Sandboden und im Algenüberzug auf Geröll. Sehr regelmäßig und mit großer Abundanz tritt die Art trotz ihrer morphologischen Ausstattung in der unterirdischen Feuchtzone des Sandstrandes der Nord- und Ostseeküsten auf (DÜRKOP, STRENZKE). Die Beobachtungen von DAVENPORT, der *Archisotoma* in großer Menge auf Sandboden in der Ge-

<sup>10)</sup> Anm. während der Korrektur: Neue Untersuchungen (STRENZKE, unveröffentlicht) haben gezeigt, daß an der deutschen Nordseeküste zwei Formen der hier als *besselsi* charakterisierten Art vorkommen. Bei der als typisch angesehenen Form (*Archisotoma besselsi besselsi*) stehen auf der äußeren Ventrallamelle des Maxillenkopfes 2 Fransensäume, während bei der zunächst als Subspecies bezeichneten *A. besselsi uniseriata* die antiaxiale Kante der Ventrallamelle glatt ist. Beide Formen traten nebeneinander in einem Anwurfsaum auf.

zeitenzone von Long Island (N. Y.) beobachtete, beziehen sich wahrscheinlich auch auf diese Art. Beim Herannahen der Flut ziehen sich die Tiere dort 15—22,5 cm tief in den Sand zurück und überstehen hier zweimal täglich eine 6—8stündige Überflutung, wo-

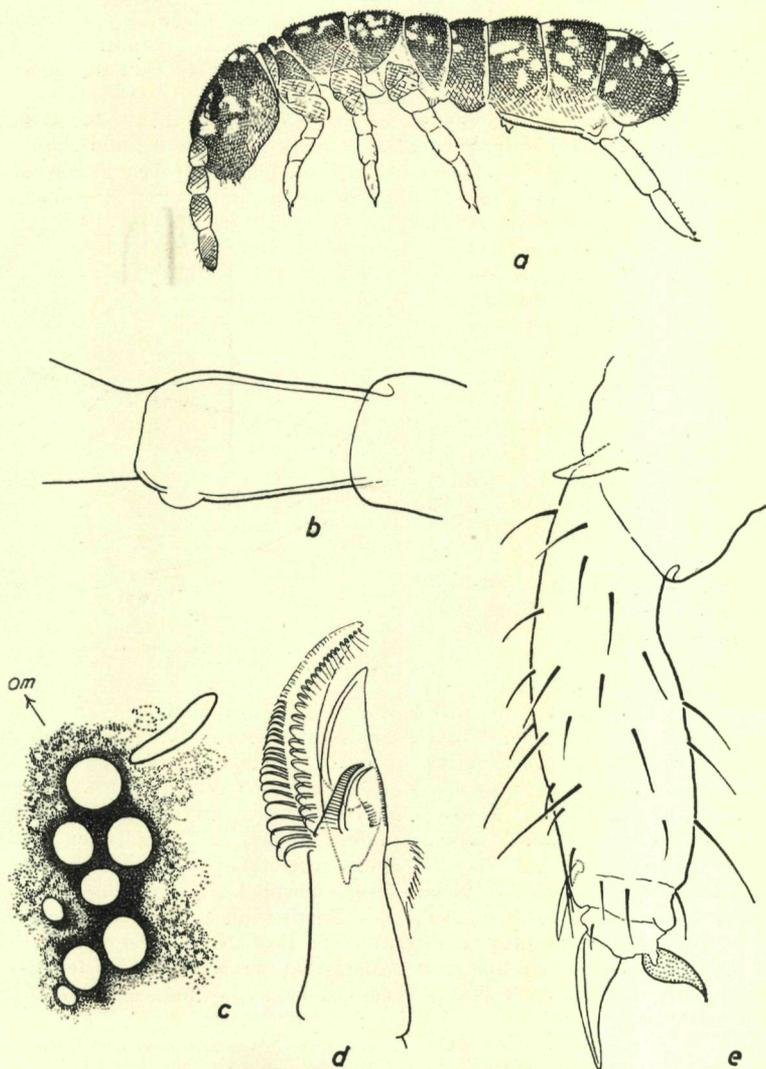


Fig. 15. *Archisotoma besselsi*: a Habitus; b II. Antennenglied; c Ommenleck und Postantennalorgan; d Maxillenkopf; e Endglieder des III. Beines von außen.

bei das Seewasser eine Höhe von  $> 2$  m erreicht. — Die von LINNANIEMI als selten von der finnischen Ostseeküste (Tvärminne) aber auch vom Ufer eines Binnensees (Kemi Lappmark) gemeldete *A. besselsi* soll nach BAGNALL *A. megalops* zuzuordnen sein. Die von WIESER (unveröffentl.) an der schwedischen Ostseeküste bei Simrishamn in der unterirdischen Feuchtzone (!) gefundene *Archisoloma* stimmt dagegen mit der typischen *besselsi* der deutschen Küsten überein.

● *A. pulchella* (Mon.) Strenzke. (Fig. 16 a—i). — Länge 1,5—1,8 mm. Färbung hellgrau bis olivgrün; ♂ bisweilen mit schwärzlichem oder grau-violettlem Anflug. 8 + 8 Ommen wie bei *besselsi*. Postantennalorgan etwa 1,5—2mal so lang wie das vordere Omma. Ventrallamelle der Maxille wenig über die Mediankralle hinausragend; ihre Außenkante ungefranst; blattförmige Lamelle der Maxille kürzer als die Mediankralle. Klaue lang und schlank. Tibiotarsus III ohne Subapikaldorn. — Ein Teil der Angaben für *A. besselsi* bezieht sich wahrscheinlich auf *pulchella*. Das Verbreitungsgebiet der Art ist daher noch nicht mit Sicherheit zu umreißen; vermutlich umfaßt es die Westküsten Mitteleuropas. MONIEZ beschreibt die Art von der französischen Atlantikküste (Croisic)<sup>11)</sup>; STRENZKE wies sie an der holsteinischen Nordseeküste (St. Peter, Sylt), bei Dangast am Jadebusen und auf Wangerooge nach. Die Angaben WILLEMS (vgl. Sexualdimorphismus) von der französischen und BAGNALLS von der englischen Küste beziehen sich vermutlich ebenfalls auf *pulchella*. Die Art ist ein lebhafter, kräftiger Springer. Sie bevorzugt anscheinend Schlicksand- und Sandböden in der Gezeitenzone. LINKE fand auf den Prielrandwatten und den Prielgleithängen (Wasserbedeckungszeit = 40—50%) des Jadebusens vereinzelt Massenansammlungen von *A. pulchella* (sub *Isotomurus palustris*) mit 93 000—264 000 Individuen/m<sup>2</sup>. Die Siedlungen, die z. T. Flächen von  $> 10$  m<sup>2</sup> einnahmen, waren durch die Eindrücke der Sprunggabeln der Collembolen aufgeraut. Sie erhielten dadurch ein mattes, bräunliches Aussehen, durch das die Siedlungen, die sich z. T. über 2 Jahre an der gleichen Stelle hielten, schon von weitem auffielen. Die Überflutung wird im Substrat überstanden. Die Tiere sammeln sich an den höher gelegenen Teilen von kleinen Höhlungen und dergleichen, wo sich wahrscheinlich auch bei Flut etwas Luft hält. In den Rissen des Schlickbodens unter Steinen und in alten Nereis-Röhren finden sich oft massenhaft Exuvien. Gelegentlich auch auf der Wasseroberfläche von Fluttümpeln und anderen Wasseransammlungen der Meeresküste.

● *A. megalops* Bagn. — Länge 2,0—2,3 mm, Färbung braun mit dunkelgrauen bis grauschwarzen Flecken. Ommen 6 + 6 (?), ungewöhnlich groß. Postantennalorgan sehr schmal, Länge = 0,65—0,7 der Breite des 1. Antennengliedes. Klaue breit, mit Innenzahn. Maxillenkopf zweizählig, Lamellen stark gefranst. — Von BAGNALL an der schottischen und englischen Küste (Canvey Island) gefunden, unter Felsen, die in groben Muschelschell an der Hochwasserlinie eingebettet waren. Die von BAGNALL behauptete Identität seiner Art (?) mit der von LINNA-

11) Hier von DELAMARE-DEBOUTTEVILLE (in litt.) kürzlich wiedergefunden.

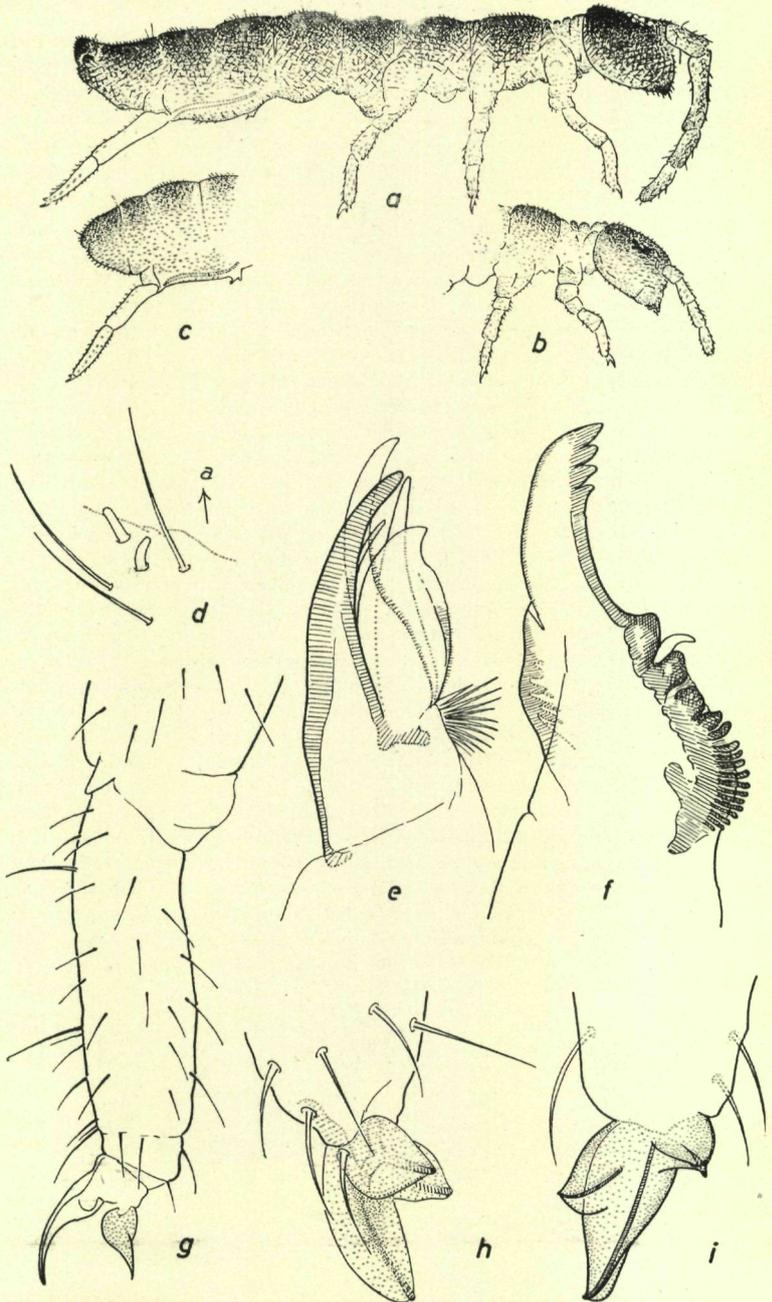


Fig. 16. *Archisotoma pulchella*: a Habitus des ♂; b Kopf und c Hinterende des ♀; d Antennalorgan III; e Maxillenkopf dorsal; f Mandibel; g Endglieder des III. Beines von außen; h Mucro von außen; i Mucro von oben.

NIEMI aus Finnland gemeldeten und abgebildeten *A. besselsi* bedarf dringend der Bestätigung.

● *A. nigricans* Bagn. — Länge 0,9—1,0 mm. Grauschwarz bis schwarz mit helleren Flecken und hellen Segmentgrenzen in der mittleren Körperregion. Bauchseite hellgrau. Körper mit winzigen Borsten, die nicht sehr dicht stehen; Bothriotriche sehr schwach. II. Antennenglied distal mit einem gerundeten Vorsprung. Sinnesborsten des III. An-

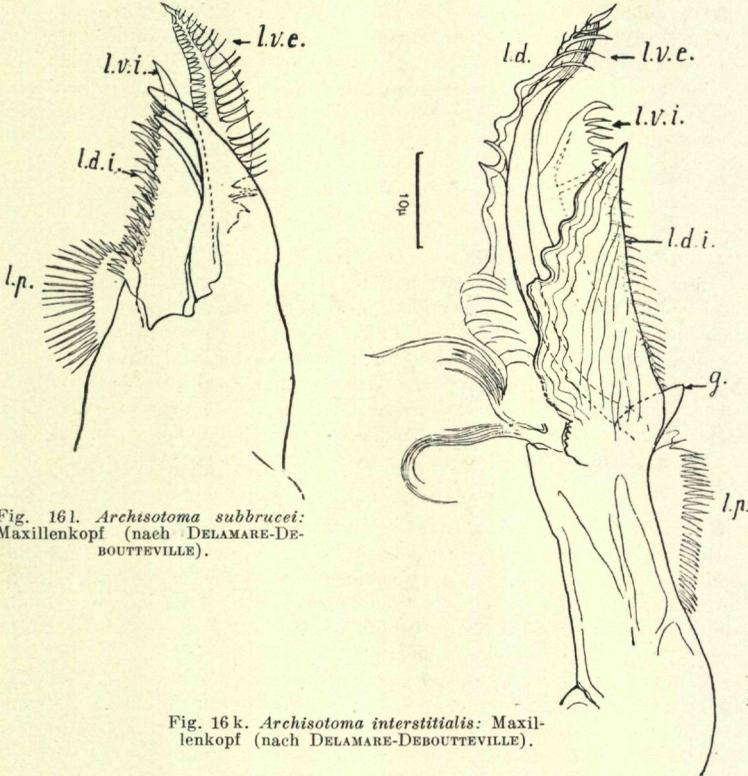


Fig. 16l. *Archisotoma subrucei*:  
Maxillenkopf (nach DELAMARE-DE-  
BOUTTEVILLE).

Fig. 16k. *Archisotoma interstitialis*: Maxil-  
lenkopf (nach DELAMARE-DEBOUTTEVILLE).

tennengliedes ungewöhnlich lang. 8 + 8 Ommen. Postantennalorgan sehr lang mit parallelen Seiten, etwa 6mal so lang wie ein Omma, länger als der Durchmesser von Antennenglied I. Maxillenkopf dreieckig, mit gefranzten Lamellen. Tibiotarsus III wie *A. besselsi* mit einem kurzen, gedrungenen, leicht gekrümmten, subapikalen Dorn. Klaue relativ kürzer als bei *besselsi*. — Englische Nordseeküste unter Steinen, die in groben Sand eingebettet waren, zusammen mit *Anurida (Anuridella) submarina* und *A. (A.) immsiana*.

● *A. interstitialis* Delamare-Deboutteville. — Ähnlich *A. besselsi*, aber die Mediankralle der Maxille ist stark reduziert (kaum  $\frac{1}{6}$  der Ventral-

lamellen). Die beiden Ventrallamellen der Maxille sind bis etwa  $\frac{3}{4}$  ihrer Länge verschmolzen. Die äußere Lamelle ist eingerollt und trägt im Proximalteil 2 Gruppen senkrecht stehender, langer Zähne; beide Lamellen sind außerdem lang gefranst. Eine dornartig verdickte Borste ist auf dem Tiobiotarsus III (und bei großen Exemplaren auch auf dem Tibiotarsus I) vorhanden. — In der unterirdischen Feuchtzone der Mittelmeerküsten Frankreichs, Italiens, Tunesiens und Algeriens.

● *A. subbrucei* Delamare-Deboutteville. — Ähnlich *A. pulchella*, aber die innere Ventrallamelle der Maxille ist regelmäßig gezähnt (und im Gegensatz zu *A. brucei* Carpenter nicht zweilappig). Mediankrallen der Maxille zweizählig. — Französische Atlantikküste (Finistère) in Schieferbruch. Deutsche Nordseeküste bei Wilhelmshaven, in Anwurf (STRENZKE, unveröffentl.). Island? (! in Coll. BÖDVARSSON).

### *Isotoma* Bourl.

#### Untergattung *Pseudisotoma* Handsch.

○ *I. (Ps.) sensibilis* Tullbg. — Im Binnenland von Europa, Nordamerika und in der Arktis weit verbreitete Art. Vor allem in den Moos- und Flechtenüberzügen auf (lebendem und unbelebtem) festem Substrat, auch unter Baumrinde. Tritt an der Küste des finnischen Meerbusens in der Moosdecke der Felsen, aber auch unter Tang und sogar auf der Wasseroberfläche von Rockpools in sehr großer Zahl auf (LINNANIEMI). Ferner im Anwurf der norwegischen Atlantikküste (LINNANIEMI), der Kieler Bucht (DÜRKOP) sowie in einer Andelwiese der Nordsee bei St. Peter (STRENZKE).

#### Untergattung *Isotoma* Bourl.

● *I. (I.) maritima* Tullbg. (Fig. 17 a—d). — Länge bis fast 2 mm. Färbung grau bis graublau. Tergite außer der feinen Behaarung nur mit wenigen, nicht sehr langen, glatten abstehenden Borsten. 8 + 8 Ommen. Postantennalorgan breit elliptisch, etwa zweimal so lang wie ein Omma. Mucro dreizählig; Apikalzahn groß; die beiden Proximalzähne nicht nebeneinander stehend, der äußere stärker als der innere. Ventralseite des Mucro ohne kleinen zahnartigen Vorsprung. Dens mit langer, den Mucro weit überragender Subapikalborste. Tenaculum mit 2—3 Borsten. Klauen ohne oder mit schwachem Innenzahn; Lateralzähne gut entwickelt. Empodialanhang mit breiter, gerundeter Innenlamelle. — Wird von den Küsten der Nord- und Ostsee, sowie von den europäischen Atlantikküsten gemeldet. Bewohnt meist in großer Zahl den Anwurf verschiedenen Zersetzungsgrades; auch unter Steinen, aber selten in der unterirdischen Feuchtzone des Sandstrandes (einzelne Funde von ANGELIER, vgl. *I. boneti*)<sup>12)</sup>. Nicht selten in Salzwiesen, dringt aber (unveröffentl. Beobachtungen STREBELS auf Wangerooe) nicht in die Quellerregion vor. In Finnland nach LINNANIEMI anscheinend selten. Die Art kann taxonomisch noch nicht als restlos geklärt gelten (Einzelheiten s.

<sup>12)</sup> Anm. während der Korrektur: Von WIESER (unveröffentl.) kürzlich auch in der unterirdischen Feuchtzone des Sandstrandes an der schwedischen Ostseeküste (!) nachgewiesen.

STACH, vgl. auch *I. pseudomaritima* Stach). Fundangaben aus dem europäischen Binnenland sind daher vorläufig schwer deutbar (vgl. FRANZ). In die nächste Verwandtschaft von *maritima* gehört auch die folgende Art (?).

● *I. (I.) poseidonis* Bagn. — 2,2—2,5 mm lang. Die hinteren Proximalommen scheinen zu fehlen oder sie sind stark reduziert (vgl. *I. 12 — oculata* Denis). Sonst ähnlich *maritima*. — Englische, schottische und

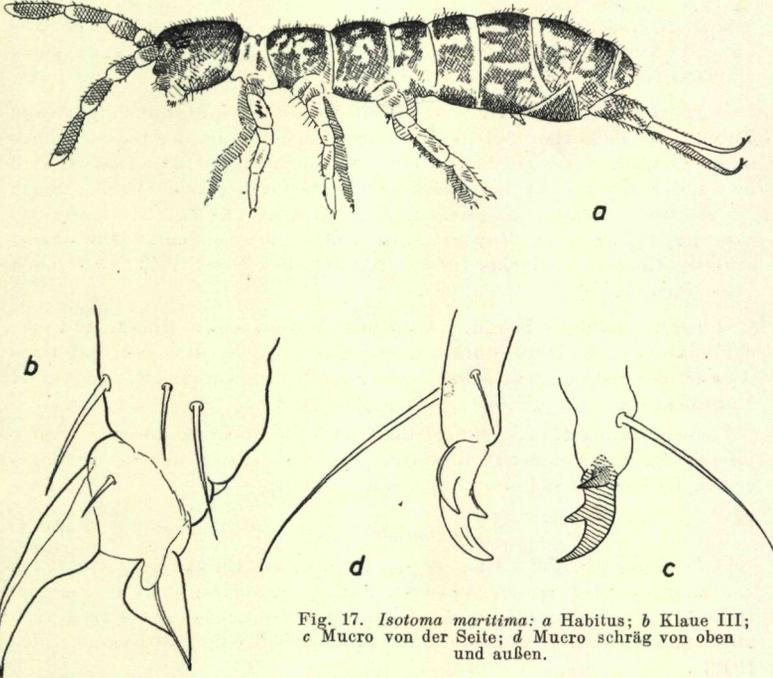


Fig. 17. *Isotoma maritima*: a Habitus; b Klaue III; c Mucro von der Seite; d Mucro schräg von oben und außen.

irische Küsten, z. T. zusammen mit *Axelsonia*, *Anurida maritima* und *A. denisi* unterhalb der Hochwassergrenze (BAGNALL).

● *I. (I.) boneti* Delamare-Deboutteville. — Ähnlich *I. maritima*. Körper schwach pigmentiert; Kopf dunkler. Ommen sehr groß (fast vom selben Durchmesser wie das Postantennalorgan) und dicht zusammenstehend. Auf der Mitte der Außenkante von Tibiotarsus II ein abgestutztes Haar. Dens mit einer Subapikalborste, die über die Spitze des Mucros hinausreicht. — Ursprünglich von BONET (als ? *I. maritima*) aus einer spanischen Höhle (Alicante) gemeldet. Kürzlich von DELAMARE-DEBOUTTEVILLE in großer Zahl in der unterirdischen Feuchtzone der französischen Mittelmeerküste (Banyuls-sur-Mer) wieder gefunden. Die Art ist hier während des ganzen Jahres häufig.

○ *I. (I.) viridis* Bourl. — Holarktis. Hygrophile Art, im Binnenland regelmäßig an den Ufern der Gewässer, auf Fettwiesen und in Mooren; fehlt aber auch anderen Biotopen nicht. *I. viridis* und ihre Farbformen treten sehr häufig in verschiedenen Habitats der Meeresküste auf: Ostsee von Finnland bis Holstein und Dänemark, Nordsee und Atlantik. Im Anwurf, unter Steinen und im Bodenüberzug der Salzwiesen; geht bis an die äußerste Grenze der Andelwiesen und wird daher leicht auch auf der Wasserfläche von Fluttümpeln treibend gefunden (STRENZKE).

○ *I. (I.) violacea* Tullbg. — Im allgemeinen am Meeresstrand nicht häufig: im Anwurf der Kieler Bucht (DÜRKOP), der südschwedischen (BACKLUND) und der finnischen Küste (LINNANIEMI).

○ *I. (I.) olivacea* Tullbg. — Weit verbreitet im Binnenland von Europa, Nordamerika und in der Arktis. Aus Anwurf der Ostsee (Finnland, Estland, Südschweden, Holstein) und Nordsee (Jadebusen) wird neben der Hauptform besonders häufig die var. *grisea* (Lubb.) Stach (= *grisescens* Schöff.) angegeben. Nach AGRELL (1936 a) ist diese Form saprophytophag (vgl. *Hypogastrura viatica*, *Proisotoma* [*Ballistura*] *schötti*). Über „var. *tigrina* (Nic.)“ BACKLUND s. GISIN 1949 b, vgl. auch „var. *tigrina* Tullbg.“ (DÜRKOP).

○ *I. (I.) notabilis* Schöff. — Im mitteleuropäischen Binnenland eine der häufigsten und am stärksten eurytopen Arten. Am Meeresufer im Anwurf der Ostsee nicht selten, ferner im Boden von Salzwiesen an der Nordseeküste.

Ferner werden *I. (I.) fennica* Reut. (Kieler Bucht, Finnland) *I. propinqua* Axels. (Finnland) vereinzelt von den Küsten der Ostsee angegeben. Es handelt sich vermutlich um Irrgäste.

#### *Isotomiella* Bagn.

○ *I. minor* (Schöff.) Gis. — Im Binnenland Europas gemein, auch von anderen Kontinenten gemeldet. Am Meeresstrand nicht regelmäßig: Im Anwurf der finnischen und holsteinischen Ostseeküste, vereinzelt auch auf Salzwiesen. Die Angaben sind revisionsbedürftig (*paraminor* Gisin 1942!).

#### *Isotomurus* Börn.

○ *I. palustris* (Müll.). — Im Binnenland Europas weit verbreitet, wahrscheinlich Kosmopolit. Häufig zusammen mit *Isotoma viridis*, noch stärker feuchtigkeitsliebend als diese. Im Binnenland bevorzugt auf feuchten Wiesen, Mooren und am Ufer der Gewässer. Am Meeresstrand ist die Art zusammen mit ihren Farbformen (*prasina* Reut., *fucicola* Reut., *maculata* Schöff., *trifasciata* Bourl.) eine gewöhnliche Erscheinung. In der Anwurffauna der finnischen Ostseeküste neben *Isotoma viridis* die häufigste Art. Auch sonst nicht selten aus Anwurf der Nord- und Ostseeküste gemeldet, ferner in Algenüberzügen auf Geröll und im Boden von Salzwiesen. Die Beobachtungen LINKES im Jadebusen beziehen sich nicht auf *Isotomurus palustris*, sondern (s. S. 39) auf *Archisotoma pulchella*.

*Axelsonia* Börn.

● *A. littoralis* (Mon.) (Fig. 18 a—d). — Länge 1,5—2 mm, grau bis schwarz-braun-violett; dunkle Tiere mit hellen Segmentgrenzen; Körperhaare kurz und glatt. Abdominaltergite II—IV mit 2 + 2 feinen, glatten Bothriotrichen. Neben den 2 üblichen Sinnesborsten im Antennalorgan III eine Gruppe von 15—20 weiteren kurzen, stumpfen Sinnesborsten. Postantennalorgan fehlt. 8 + 8 sehr ungleich große Ommen. Klaue ohne Tunica und ohne Innenzahn, aber mit 2 langen, dünnen Lateralzähnen. Tibiotarsale Keulenhaare fehlen. Mucro schlank mit 5 Zäh-

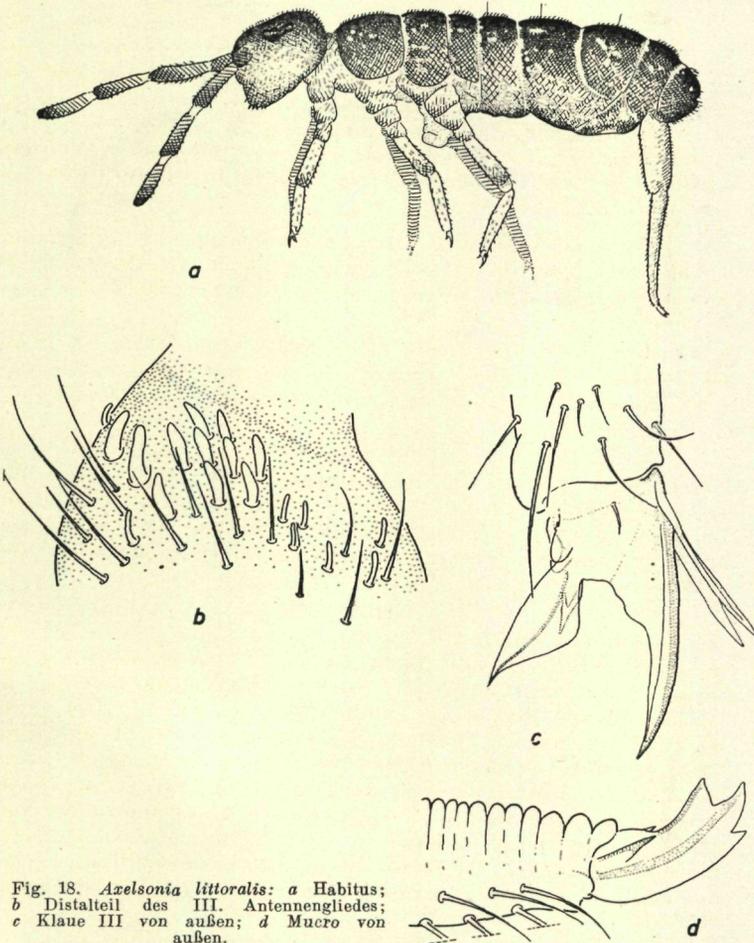


Fig. 18. *Axelsonia littoralis*: a Habitus; b Distalteil des III. Antennengliedes; c Klaue III von außen; d Mucro von außen.

nen (ähnlich wie bei *Isotomurus*). — Küsten Englands, Frankreichs (Atlantik und Mittelmeer), Italiens, Nordafrikas, Madagaskars, der Seychellen, West-Australiens und Japans (nach STACH, der alle anderen beschriebenen *Axelsonia*-Arten als Synonyme zu *littoralis* stellt). In der Gezeitenzone unter Tang und Steinen, sowie zwischen Balaniden-Schalen (MONIEZ). Nach ANGELIER auch in der unterirdischen Feuchtzone des Sandstrandes. Läuft und springt lebhaft.

Familie *Actaletidae*

*Actaletes* Giard

Die systematische Stellung dieser eigentümlichen monotypischen Gattung wird von den Autoren verschieden beurteilt. Die Einordnung in eine besondere Familie scheint berechtigt.

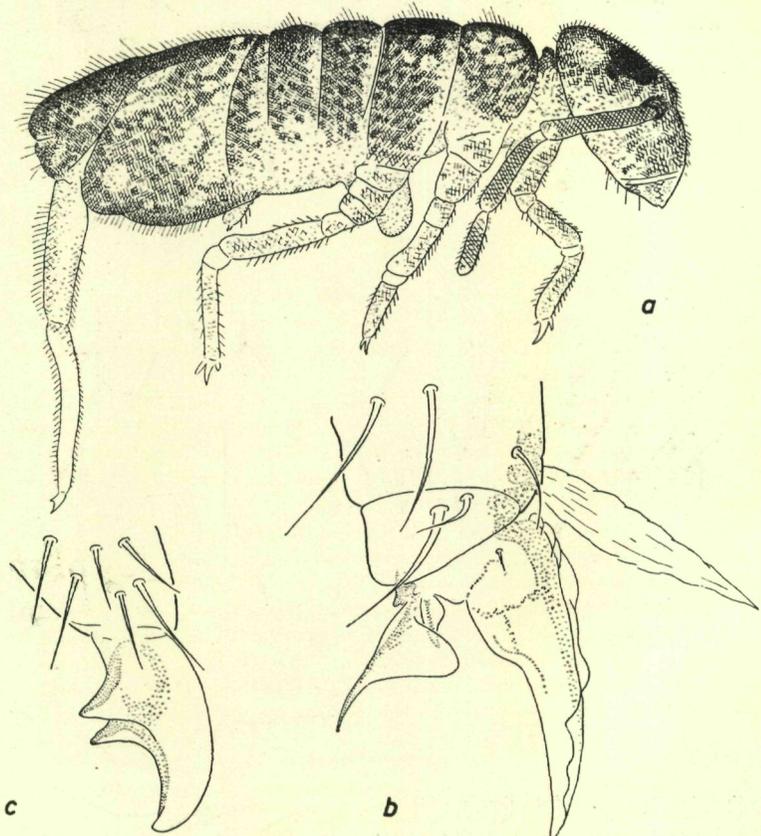


Fig. 19. *Actaletes neptuni*: a Habitus; b Klaue I von außen; c Mucro von außen.

● *A. neptuni* Giard. (Fig. 19 a—c). — Länge 1,5 mm. Färbung fleckig-graubraun. Kopf relativ groß, hypognath; mit Tracheensystem. Antennen in der Mitte des Kopfes ansetzend. 8 + 8 Ommen. Prothorax fast ganz unter dem Mesothorax verborgen. Abdominalsegment I und II schmal ringförmig, III dorsal stark reduziert, IV sehr groß, mit V und VI weitgehend verschmolzen. Klaue ohne Innenzahn. Empodialanhang mit breiter flügel förmiger Lamelle. Tibiotarsus über der Dorsalkante der Klaue mit einer breiten blattförmigen Chitinlamelle. Mucro dreilappig, die beiden Seitenlappen ungefähr auf gleicher Höhe. — Bisher nur von der französischen Küste der Nordsee (Boulogne, Wimereux, Ile d'Yeux) bekannt; dringt dort weit in die Gezeitenzone vor; lebt auf Felsblöcken, die mit Ceramium, Fucus, Laminarien und anderen Algen überzogen sind. Bei Überflutung ziehen sich die Tiere oft eng zusammengedrängt in luftgefüllte Vertiefungen des Gesteins zurück (hier auch die Exuvien). Nach Abflauen des Wassers werden sie sehr aktiv und kriechen lebhaft an den senkrechten Wänden der Felsen herum. Nach MONIEZ kann sich die Art tagelang ohne Schaden unter Wasser aufhalten; sie vermag angeblich sogar mit Hilfe der Furca, der Beine und der Antennen geschickt unter Wasser zu schwimmen. Die Nahrung besteht nach WILLEM (1920, 1925) aus dem oberflächlichen Gewebe von Seesternen, Actinien und Röhrenwürmern.

#### Familie *Entomobryidae*

##### *Entomobrya* Rond.

○ *E. nivalis* (L.) Gis. 1947. — Im Binnenland weit verbreitet Kosmopolit, vor allem unter Rinde von Bäumen und deren Moos- und Flechtenüberzügen. Sehr frei beweglich, daher beziehen sich die vereinzeltten Angaben aus Anwurf der Nord- und Ostsee vermutlich auf Zufallsfunde.

○ *E. multifasciata* Tullbg., Gis. 1947. — Im Binnenland häufig an stark sonnenexponierten Lokalitäten unter Steinen und im Bodenüberzug. Dürfte am Meeresstrande vor allem in den Dünen anzutreffen sein. DÜRKOP fand sie nie im nassen Anwurf, sondern nur in den höher gelegenen, z. T. stark austrocknenden Zonen.

○ *E. lanuginosa* Nic., Gis. 1947. — Im Binnenland von Europa und Nordamerika regelmäßig in der Vegetationsschicht von feuchten Wiesen (nach GISIN besonders im Gebirge). Von den Küsten der Nord- und Ostsee sowie des Atlantiks (unter Steinen, Anwurf usw.) wird daneben die var. *maritima* Reut. angegeben, die sich von der Hauptart durch das schwach entwickelte grauviolette Pigment unterscheidet. Sie wird meist als thalassobiont angesehen, doch fand GISIN kürzlich ein Exemplar unter normal gefärbten Tieren in den französischen Alpen.

##### *Lepidocyrtus* Bourl.

○ *L. cyaneus* Tullbg. — Im Binnenland weit verbreitet, auf Fettwiesen, in Mooren, an Seeufern, auch in Äckern und Misthaufen. An den Küsten der Nord- und Ostsee häufig im Anwurf; auch auf Salzwiesen

und in Algenüberzügen auf Geröll. Der sehr ähnliche *L. violaceus* (Geoffr.) Lubb. ist zwar erst in neuester Zeit gegenüber *cyaneus* abgegrenzt, doch dürften sich die älteren Angaben vom Meeresufer tatsächlich größtenteils auf *cyaneus* beziehen.

○ *L. lanuginosus* (Gmel.) Handsch. — Im europäischen Binnenland äußerst eurytop. Anwurf und Salzwiesen der Nord- und Ostseeküste.

#### *Pseudosinella* Schöff.

● *Ps. halophila* Bagn. (Fig. 20). — Länge etwa 1,5 mm, weiß bis gelblichweiß. Antennen rund zweimal so lang wie die Kopfdiagonale. IV. Antennenglied 1,7mal so lang wie III. Ommen fehlen. Klaue kurz und gedrunken, ohne Medianzahn. Zahnlamelle etwa  $\frac{1}{4}$  der Klauen-Ventralkante. Empodialanhang mit großem äußerem Flügelzahn, etwa 0,7 der Länge der Klaue. Tibiotarsales Spürhaar kurz, schwach und ungekeult. — Von BAGNALL zweimal an der englischen Küste (Kent, S.-Devon) unter Steinen gefunden, die bei Niedrigwasser trocken lagen. STRENZKE fand die Art in Andelwiesen der Nordsee-Insel Sylt (Keitumer Bucht) wieder. Ob es sich um eine thalassobionte Art handelt, können erst weitere Funde zeigen.



Fig. 20. *Pseudosinella halophila*: Klaue III von außen.

● *Ps. maritima* Bagn. — Länge 1,5 bis 1,7 mm weiß. Antennen etwa 1,8 der Kopfdiagonale; Längenverhältnis der Glieder = 5 : 10 : 9 bis 10 : 15. Ommen fehlen. Zahnlamelle etwa  $\frac{1}{2}$  der Klauen-Ventralkante. Empodialanhang etwa 0,75 der Klauen-Ventralkante. Tibiotarsales Spürhaar kurz, schwach und unge-

keult. IV. Abdominalsegment etwa dreimal so lang wie das III. Ungeringelter Teil des Dens: Mucro = 16 : 5. — Von BAGNALL unter Steinen an den britischen Küsten (England, Schottland, Irland) gefunden.

○ *Ps. alba* (Pack.) wurde von LIE-PETERSEN einmal an der norwegischen Küste unter Steinen gefunden.

#### *Orchesella* Templet.

● *O. litoralis* Brown. — Länge bis 2,75 mm. Grundfärbung blaß grünlichgelb mit charakteristischen Zeichnungen: Kopf größtenteils hell, Thoraxsegment II bis Abdominalsegment II mit schwarzem Medianstreif, dorsolateralen Fleckenpaaren und schwarzen Seitenrändern. Abdominalsegment III und IV mit ausgedehnten schwarzen Zeichnungen. Klaue mit 3 winzigen Innenzähnen. — Bisher nur von BROWN zwischen Kies in der Gezeitenzone der englischen Nordseeküste (Yorkshire) gefunden. Weitere Funde müssen zeigen, ob es sich um eine thalassobionte Art handelt.

Bei den übrigen von der Ostseeküste gemeldeten *Orchesella*-Arten (*cincta* (L.), *flavescens* (Bourl.), *alticola* Uzel) handelt es sich wahrscheinlich um Irrgäste.

*Heteromurus* Wank.

○ *H. nitidus* (Templet.). — Vermutlich kosmopolitische Art, die im Binnenland in den tieferen Bodenschichten von Wiesen und (seltener) Wäldern auftritt. Nur gelegentlich von den Küsten der Nord- und Ostsee gemeldet.

Familie *Tomoceridae*.

*Tomocerus* Nic.

○ *T. minor* (Lubb.). — Im europäischen Binnenland Charakterart des feuchten Waldgenistes (GISIN). Häufig auch an den Ufern der Binnengewässer. Vom Meeresufer liegen Funde aus Anwurf der deutschen Nord- und Ostseeküste vor.

○ *T. vulgaris* (Tullbg.). — Europa, Nordamerika. Lebt im Binnenland ähnlich wie *T. minor*, tritt aber an der Ostseeküste häufiger auf. In Finnland Vertreter der litoralen Fauna (LINNANIEMI), von DÜRKOP im Anwurf der Kieler Bucht gefunden.

Die übrigen gelegentlich von den Meeresküsten gemeldeten *Tomocerus*-Arten (*T. sibiricus* Reut., *T. (Pogonognathus) longicornis* (Müll.), *T. (P.) flavescens* (Tullbg.)) stellen vermutlich Irrgäste dar.

Familie *Sminthuridae*

Diese Familie enthält neben zahlreichen Makrophyten-Bewohnern mehrere typische Formen der Wasseroberfläche. Von den ersteren treten z. B. *Bourletiella (Deuterosminthurus) novemlineata* (Tullbg.) f. *pilosicauda* (Reut.) auf dänischen Salzwiesen (BARTHOLIN) und *Sminthurus viridis* (L.) auf Salzwiesen der holsteinischen Nord- und Ostseeküste auf (BONESS in litt.). Die Bewohner der Wasseroberfläche werden besonders von der finnischen Ostseeküste (LINNANIEMI), z. T. aber auch von den Küsten der westlichen Ostsee und sogar der Nordsee gemeldet. Einige von ihnen, z. B. *Sminthurides aquaticus* Bourl. (mit f. *leanderi* Reut.), *Sm. malmgreni* Tullbg. (mit f. *elegantula* Reut.) treten auch hier auf der Wasserfläche von Rockpools auf. Daneben finden sie sich zusammen mit anderen Arten [*Sm. (Stenacidia) pumilis* (Krsb.), *Sm. (Sm.) schötti* Axels., *Arrhopalites coecus* Tullbg., *Sminthurinus aureus* (Lubb.), *Dicyrtomina minuta* (Fabr.)] gelegentlich im Anwurf, unter Steinen, Holz usw. Eine besondere Vorliebe für die Habitats im engeren Bereich des marinen Litorals kann keiner dieser Formen zugesprochen werden, wenigstens nicht im Gebiet der westlichen Ostsee und der Nordsee. Die meisten genannten Arten müssen sogar als Irrgäste an der Küste bezeichnet werden.

## Literatur

- AGRELL, I. 1934. Studien über die Verteilung der Collembola auf Triebsandböden. Ent. Tidskr. 55, 181—248.
- 1936. Zwei systematische Fragen betreffs der Collembolenfamilie Isotomidae. K. Fysiogr. Sällsk. Lund Förh. 6, 10, 1—16 (Sep.).
- 1936b. Der Sexualdimorphismus der äußeren Genitalien bei den Collembolen, nebst Bemerkungen über Verschiedenheiten in Größe und Frequenz der Geschlechter bei denselben. Opusc. Entomol. 1, 4, 119—127.
- 1941. Zur Ökologie der Collembolen. Opusc. Entomol. Suppl. 3, 1—236.
- ÅGREN, H. 1903. Zur Kenntnis der Apterygoten-Fauna Süd-Schwedens. Stett. Ent. Z. 1903, 113—176.
- ANGELIER, E. 1950. Recherches sur la faune des sables littoraux méditerranéens. Vie et Milieu 1, 2, 185—190.
- AXELSON, W. M. 1905. Zur Kenntnis der Apterygotenfauna von Tvärminne. Festschr. Palmén 15, 1—46.
- 1906. Beitrag zur Kenntnis der Collembolenfauna in der Umgebung Revals. Acta Soc. Fauna Flora Fenn. 28, 2, 1—22.
- BACKLUND, H. O. 1945. Wrack fauna of Sweden and Finland. Opusc. Entomol. 5, 1—236.
- 1945a. Notes on Collembola from wrack. Kungl. Fysiogr. Sällsk. Lund Förh. 15, 36—43.
- BAGNALL, R. S. 1934—1941. Notes on British Collembola. Ent. Month. Mag. 70, 275 bis 277 (1934), *ibid.* 71, 61—63 (1935), *ibid.* 75, 21—28 (1939a), *ibid.* 75, 91—102 (1939b), *ibid.* 75, 188 ff. (1939c), *ibid.* 76, 97 ff. (1940a), *ibid.* 77, 217—226 (1941).
- 1935b. Contributions towards a knowledge of the Scottish Onychiuridae (Collembola). I. Scottish Naturalist 111—117.
- 1935d. Random notes on springtails (Collembola) in the North of England. I. Vasculum 21, 98.
- 1937. Contributions towards a knowledge of the Scottish Onychiuridae (Collembola). II. Scottish Naturalist 87—90, 145.
- BARTHOLIN, TH. 1916. Foreløbig Fortegnelse over danske Apterygoter. Vidensk. Medd. Dansk. naturh. Foren. 67, 155—209.
- BROWN, J. M. 1925. On a new shore-dwelling Collembolan, with remarks on the British littoral species of Collembola. Ann. Mag. Nat. Hist. (9) 16, 155—160.
- CASPERIS, H. 1942. Die Landfauna der Insel Helgoland. Zoogeogr. 4, 127—186.
- DAVENPORT, C. B. 1903. The Collembola of Cold Spring Beach, with special reference to the movements of the Poduridae. Cold Spring Harbor Monographs. II, 1—32.
- DELAMARE-DEBOUTTEVILLE, C. 1947a. Notes de faunistique sur les Collemboles de France. Rev. Franc. Entomol. 14, 125—138.
- 1951. Microfaune du sol des pays tempérés et tropicaux. Vie et Milieu, Suppl. No. 1 (Actualités sci. et industrielles 1160), 17 + 360.
- Collemboles marins de la zone souterraine humide des sables littoraux. (Manuskript).
- DENIS, J. R. 1922a. Sur la faune française des Aptérygotes. II. Collemboles de l'île d'Yeu. Bull. Soc. Zool. France 74, 108—116.
- 1923c. Notes sur les Aptérygotes. Ann. Soc. Ent. France 92, 209 ff.
- 1924e. Sur la faune française des Aptérygotes. V. Bull. Soc. Zool. France 49, 554 ff.
- 1925c. Sur la faune française des Aptérygotes (VIII). Deux nouveaux Collemboles littoraux. Bull. Soc. ent. France, 241—245.
- 1926. Notes sur les Aptérygotes. Le dimorphisme sexuel d'Archisotoma besselsi (Pack.). Bull. Soc. Zool. France 51, 16—19.
- 1929d. Sur la faune italienne des Collemboles. III. Boll. Soc. Ent. Ital. 61, 131 ff.
- 1931. Collemboles des Collections C. Schäffer et du „Zoologisches Staatsinstitut und Zoologisches Museum in Hamburg“. Mitt. Zool. Staatsinst. u. Mus. Hamburg 44, 197—242.
- 1932. Sur la faune française des Aptérygotes. XII. Arch. Zool. expér. gén. 74, 357—383.
- 1933c. Sur la faune italienne des Collemboles. V. Boll. Soc. Ent. Ital. 65, 183 ff.
- DÜRKOP, H. 1934. Die Tierwelt der Anwurfzone der Kieler Förde. Schr. Naturw. Ver. Schleswig-Holstein 20, 2, 480—540.
- 1935. Collembolen der unterirdischen Feuchtzone am Meeresstrande der Kieler Bucht. Schr. Nat. Ver. Schleswig-Holstein 21, 1, 133—135.
- FOLSON, J. W. 1937. Nearctic Collembola or Springtails, of the family Isotomidae. Bull. U.S. Nat. Mus. Smiths. Inst. 168, 1—144.
- FRANZ, H. 1954. Die Nordost-Alpen im Spiegel ihrer Landtierwelt. Bd. 1 — Innsbruck (Wagner), 664 S.
- GERLACH, S. A. 1953. Die biozönotische Gliederung der Nematodenfauna an den deutschen Küsten. Z. Morph. u. Ökol. Tiere 41, 411—512.
- GISIN, Gisela. 1952. Ökologische Studien über die Collembolen des Blattkomposts. Rev. Suisse Zool. 59, 28, 543—578.

- GISIN, H. 1943. Ökologie und Lebensgemeinschaften der Collembolen im Schweizerischen Exkursionsgebiet Basels. *Rev. Suisse Zool.* 50, 4, 131—224.
- 1944. Hilfstabellen zum Bestimmen der holarktischen Collembolen. *Verh. Naturforsch. Ges. Basel* 55, 1—130 (Sep.).
- 1947. Le montage à l'acide lactique d'Arthropodes microscopiques à téguments mous. *Mitt. Schweiz. Entomol. Ges.* 20, 6, 581—586.
- 1949. Notes sur les Collemboles avec description de quatorze espèces et d'un genre nouveaux. — *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.* 22, 4, 385—410.
- 1951. Anurida (Anuridella) germanica nov. spec. (Collembola). *Kieler Meeresforsch.* 8, 58.
- 1952. Notes sur les collemboles avec démembrément des *Onychiurus armatus*, ambulans et fimetarius auctororum. *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.* 25, 1—22.
- 1953. Collembola from Jan Mayen Island. *Ann. Mag. Nat. Hist.* (12) 6, 228 bis 234.
- GLYNNE-WILLIAMS, J. & J. HOBART. 1952. Studies on the crevice fauna of a selected shore in Anglesey. *Proc. Zool. Soc. London* 122, 797—824.
- HANDSCHIN, E. 1926. Myrientomata und Collembola. In: P. Schulze: *Biologie der Tiere Deutschland*, Lfg. 20, T. 25, Berlin (Bornträger), 56 pp.
- IMMS, A. D. 1906. Anurida. *Liverpool Mar. Biol. Comm. Mem.* No. 13, VIII + 99.
- KROGERUS, R. 1932. Über die Ökologie und Verbreitung der Arthropoden der Trieb- sandgebiete an den Küsten Finnlands. *Acta Zool. Fenn.* 12, 1—308.
- LECAILLON, A. 1901. Notes sur l'habitat et les moeurs de quelques Collemboles. *Bull. Soc. philomath. Paris* (9) 3, (Lag nur als Anzug vor.)
- LINKE, O. 1939. Die Biota des Jadebusenwattes. *Helgol. Wiss. Meeresunters.* 1, 201 bis 348.
- LINNANIEMI (AXELSON), W. M. 1907. Die Apterygotenfauna Finnlands. I. Allgemeiner Teil. *Acta Soc. Sci. Fenn.* 34, 7, 1—134.
- 1911. Zur Kenntnis der Apterygotenfauna Norwegens. *Bergens Mus. Aarb.* 1911, 1, 1—28.
- 1912. Die Apterygotenfauna Finnlands. II. Spezieller Teil. *Acta. Soc. Sci. Fenn.* 40, 5, 1—359.
- MACFADYEN, A. — The invertebrate fauna of Jan Mayen Island (East Greenland). (Manuskript.)
- MADSEN, H. 1936. Investigations on the shore fauna of East Greenland with a survey of the shores of other arctic regions. *Medd. Grønland* 100, Nr. 8, 1—79.
- MONTZ, R. 1890. Acariens et Insectes marins des côtes du Boulonnais. *Rev. biol. Nord France* 2, 1—52 (Sep.).
- MORTENSEN, Th. 1922. Biologiske Studier over Sandstrandsfaunaen, særlig ved de danske Kyster. *Vidensk. Medd. Dansk naturhist. Foren. København* 74, 23—56.
- MURPHY, D. H. 1953. A new littoral Proisotoma (Collembola, Isotomidae) from the Clyde area. *Proc. Roy. Ent. Soc. London* (B) 22, 103—105.
- RUPPEL, H. 1953. Physiologische Untersuchungen über die Bedeutung des Ventral-tubus und die Atmung der Collembolen. — *Zool. Jb. (Physiol.)* 64, 429—469.
- SCHALLER, Fr. 1950. Biologische Beobachtungen an humusbildenden Bodentieren, insbesondere an Collembolen. *Zool. Jb. (Syst.)* 78, 5/6, 506—525.
- 1953. Untersuchungen zur Fortpflanzungsbiologie arthropoener Collembolen. *Z. Morph. u. Ökol. Tiere* 41, 265—277.
- SCHÖTT, H. 1893. Palaearktische Collembolen. *K. Svenska Vet. Akad. Handl.* 25, 11.
- STACH, J. 1947. The Apterygotan fauna of Poland in relation to the world-fauna of this group of insects. Family: Isotomidae. *Pol. Akad. Sci. Lett., Acta Monogr. Mus. Hist. Nat.*, 1—488; tab. 1—53.
- 1949. The Apterygotan fauna of Poland in relation to the world-fauna of this group of insects. Families: Neogastruidae and Brachystomellidae. *Ibid.* 1—341; tab. 1—35.
- 1949a. The Apterygotan fauna of Poland in relation to the world-fauna of this group of insects. Families: Anuridae and Pseudachorutidae. *Ibid.* 1—122, tab. 1—15.
- 1951. The Apterygotan fauna of Poland in relation to the world-fauna of this group of insects. Family: Bilobidae. *Ibid.* 1—97, tab. 1—16.
- STREBEL, O. 1932. Beiträge zur Biologie, Ökologie und Physiologie einheimischer Collembolen. *Z. Morph. Ökol. Tiere* 25, 31—153.
- STRENZKE, K. 1949. Ökologische Studien über die Collembolengesellschaften feuchter Böden Ost-Holsteins. *Arch. Hydrobiol.* 42, 201—303.
- 1951. Notizen über die Milben und Collembolen der unterirdischen Feuchtzonen Nord- und Ostseestrandes. *Kieler Meeresforsch.* 8, 1, 82—85.
- 1954. Verbreitung und Systematik der Collembolen der deutschen Nord- und Ostseeküsten. *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven* 3, 46—65.
- WAHLGREN, E. 1899. Beitrag zur Kenntnis der Collembola-Fauna der äußeren Schären. *Ent. Tidskr.* 20, 183—193.
- WILLEM, V. 1900. Recherches sur les Collemboles et les Thysanoures. *Mém. cour. sav. etr. Acad. Belg.* 58, 144 pp.

- WILLEM, V. 1906. Un nouveau Collembole marin (*Anuridella marina*). Mem. Soc. Ent. Belg. 12, 247—252.
- 1920. L'habitat et les allures du Collembole marin *Actaletes*. Bull. Sci. Acad. Belg. (5) 6, 524—540.
- 1925. Notes éthologiques sur divers Collemboles. Bull. Acad. Belg. Sci (5) 9. (Lag nur als Auszug vor.)
- 1925. Les Collemboles marins de Wimereux. Trav. Stat. Zool. Wimereux 9, 275 bis 283.
- WOMERSLEY, H. 1930. Notes on some new and rare British Collembola. Ent. Month. Mag. 66, 33 ff.