

Zur Phänologie von Collembolen im Einflußbereich des Meeres

Von Gerd Weigmann

Einleitung

Die vorliegenden Untersuchungen zum Massenwechsel von Collembolen wurden an der Nordseeküste Schleswig-Holsteins bei Meldorf durchgeführt. Neben den normalen klimatischen Umweltbedingungen, die im wesentlichen die Phänologie dieser Bodentiere beeinflussen – die jahreszeitlichen Schwankungen von Temperatur und Feuchtigkeit – sind in diesem Biotop die speziellen Einflüsse durch Überflutung mit Salzwasser zu berücksichtigen. Die dem Meerwasser exponierten Salzwiesen werden besonders im Winterhalbjahr häufig überflutet. Dadurch kommt die Fauna regelmäßig mit salzigem Bodenwasser in Kontakt, und sie enthält nur Arten, die salztolerant oder sogar salzliebend sind. Die meist negative Wirkung der stundenweisen Überflutung im Gezeitenbereich besteht unter anderem in dem direkten mechanischen Angriff des Wassers (z. B. Verdriftung) sowie in der physiologischen Belastung durch Nässe in und auf dem Boden und durch das osmotisch wirksame Salzwasser. Die Verluste der hemiedaphischen Fauna sind bei den selteneren Überflutungen im Sommer besonders erheblich, da diese Arten dann zahlreicher an der Oberfläche sind als im Winter.

Die Standorte

Eine eingehende Beschreibung der Küstenlandschaft an der Nordsee und der Böden im Untersuchungsgebiet wird von HEYDEMANN (1960, 1969) und von WEIGMANN (1973) gegeben. Hier sollen die vier untersuchten Standorte in der Meldorfer Bucht im Süden von Schleswig-Holstein nur kurz charakterisiert werden. Die Böden sind durch Schlickanlandung der Nordsee entstanden und folgen in der nachstehenden Sukzession vom Meer (beginnend etwas unter der Mitteltide-Hochwasserlinie = MThw) zum festen Land aufeinander. Sie beherbergen jeweils eine typische Pflanzenassoziation und Bodentiergesellschaft.

I. Andelrasen: Pflanzenassoziation des *Puccinellietum maritimae* mit der bestandsbildenden Graminee *Puccinellia maritima*, daneben *Aster tripolium*, *Spergularia marginata* und *salina*, *Sueda maritima* und anderen. Dieser Rasen reicht etwa von 10 bis 20 cm unter MThw bis 40 cm über MThw. Die Probenstelle liegt etwa in der Höhe von 20–25 cm über MThw und hat einen mittleren Bodenwasser-Salzgehalt von 14 ‰ (mittlere Schwankung 7–27 ‰). Sie wird im Jahr durchschnittlich 200mal vom Meer überflutet. Die Bodenporen dieser tonreichen Salzmarsch sind häufig wassergefüllt.

II. Unterer Rotschwingelrasen: Typische Subassoziation des *Juncetum gerardi*. Bestandsbildend sind die Gräser *Festuca rubra litoralis* und *Juncus gerardi*. Weitere wichtige Pflanzen sind *Plantago maritima*, *Armeria maritima*, *Glaux maritima* und *Limonium vulgare*. Diese Zone reicht von 40 cm bis 70 cm über MThw. Die Probenstelle in der Höhe von 50–55 cm über MThw hat einen mittleren Salzgehalt von 11 ‰ (3–23 ‰) und wird pro Jahr ca. hundertmal überflutet. Der Boden ist zwar relativ feucht, enthält jedoch nahe der Oberfläche häufig um 10 Vol. % Luftporen.

III. Oberer Rotschwingelrasen: Diese Subassoziation von *Leontodon autumnalis* des Juncetum gerardi (nach TÜXEN & al. 1957) ist die oberste Salzwiesenzone (höher als 70 cm über MThw) und geht in die Süßgraswiese des angrenzenden Deiches über. Wichtige Pflanzen sind *Festuca rubra litoralis*, *Juncus gerardi*, *Agrostis stolonifera*, *Glaux maritima*, *Agropyron littorale* und *Plantago coronopus*. Die Probenstelle in der Höhe von 80–85 cm über MThw ist mit durchschnittlich 5 ‰ (0–17 ‰) weniger salzig als die Stellen I und II. Sie ist sehr häufig wasseruntersättigt und trocken und wird im Mittel etwa 30mal im Jahr überflutet.

IV. Süßgraswiese im Sommerkoog: Die Vegetation ist ein typisches Lolio-Cynosuretum (Weißklee-Fettwiese). Die Probenstelle liegt hinter einem niedrigen Deich, der nur bei hohen Sturmfluten vom Meer überspült wird, was nicht in jedem Jahr vorkommt. Der Salzgehalt liegt nur ausnahmsweise über 3 ‰, meist unter 1 ‰. Wegen ungenügender Entwässerungsmöglichkeiten ist der tonreiche, staunasse Kleiboden bei Regenwetter oft wasserübersättigt (ähnlich naß wie Probenstelle I). Die Bodendurchlüftung ist mangelhaft.

Methodik

An allen vier untersuchten Standorten wurden von April 1967 bis März 1969 monatlich je vier Bodenproben aus den Tiefenschichten 0–4 cm, 4–8 cm und 8–12 cm entnommen. Die Fläche jeder Probe umfaßt 25 cm², das Volumen 100 cm³. Die Proben wurden in Berlese-Tullgren-Apparaten ausgelesen. Die Fangergebnisse der hemiedaphischen Arten werden auf die Fläche bezogen, die der euedaphischen Arten auf das Bodenvolumen. Für den gleichen Zeitraum werden Bodenfallen-Fänge ausgewertet, die im unteren Rotschwingelrasen (II) aufgestellt waren. Die Bodenfallen werden durch in den Boden bis zum Rand eingesenkte Gläser von 5,6 cm Durchmesser dargestellt, sie werden mit 3 ‰-Formalin und etwas Spannungsmittel etwa zur Hälfte gefüllt (Methode nach HEYDEMANN, 1958).

Phänologie der Arten

Auf eine Darstellung der jahreszyklischen Schwankungen der Individuenzahlen für die gesamten Collembolenfaunen der vier Standorte soll verzichtet werden, denn derartige Kurven sagen wegen der mangelnden Synchronisation der einzelnen Arten wenig aus. Entweder geben sie nur ein Abbild der Phänologie der dominanten Art, oder – bei wechselnder Dominanz der Arten – sie verschleiern mögliche Korrelationen zu abiotischen Faktoren.

Angaben zur Phänologie von Collembolen sind zwar nicht selten, aber genaue Kenntnisse über Zahl der Generationen und Entwicklungszeiten liegen erst für wenige Arten vor. Durch Züchtungsexperimente wurden für mehrere Arten die Entwicklungszeiten vom Ei bis zum Adultus ermittelt. In der Tabelle 1 werden einige der Literaturangaben zusammengestellt. THIBAUD (1968a, 1968b) zeigt in seinen hervorragenden Arbeiten über den Einfluß von Temperatur und Luftfeuchte auf die Entwicklungsdauer von verschiedenen Hypogastruridae, daß auch näher verwandte Arten bei gleicher Temperatur unterschiedliche Entwicklungszeiten haben. Er demonstriert auch, daß die Optimaltemperatur (mit geringster Mortalität) nicht die Temperatur mit der kürzesten Entwicklungszeit ist. Nach THIBAUD (1968b) haben selbst die verschiedenen Jugendstadien einer Art nicht das gleiche Temperaturoptimum. Obgleich Züchtungen im Labor eine wertvolle Hilfe für die Interpretation von Freilandergebnissen sein können, sind sie nur bedingt auf den Massenwechsel im natürlichen Biotop übertragbar.

Die Untersuchungen verschiedener Autoren über Populationsschwankungen im Freiland haben für fast alle Arten ergeben, daß sehr junge Individuen in jeder Jahreszeit auftreten können, daß meist jedoch in bestimmten Monaten eine Häufung erkennbar ist. Daraus ist der Schluß zu ziehen, daß Collembolen wohl Zeiten besonderer Vermehrungsintensität haben, sich aber auch in den Zwischenzeiten vermehren. Wenn im folgenden von „Generationen“ gesprochen wird, muß also berücksichtigt werden, daß dies nicht in einem sehr strengen Sinn gemeint ist. Die Zahl der Generationen pro Jahr kann mit der Häufigkeit größerer Jungtier-Mengen umschrieben werden.

Tab. 1: Entwicklungsdauer einiger Collembolen vom Ei bis zur Geschlechtsreife

Art	Tage	Temperatur	Autor
<i>Tullbergia krausbaueri</i>	45– 60	12° C	MILNE, 1960
	45–212	variiert	HALE, 1965b
<i>Hypogastrura armata</i>	23– 27	24° C	BRITT, 1951
<i>H. manubrialis</i>	54– 85?	22/10° C	RIPPER, 1930
<i>H. purpurascens</i>	61– 77	variiert	STREBEL, 1932
<i>H. denticulata</i>	56–222	variiert	HALE, 1965b
<i>Schaefferia coeca</i>	56 (Mittel)	22,5° C	THIBAUD, 1968a, b
	64 (Mittel)	10,5° C	THIBAUD, 1968a, b
	104 (Mittel)	6,5° C	THIBAUD, 1968a, b
<i>Isotoma viridis</i>	28– 40	ca. 20° C	HAARLØV, 1960

Tullbergia krausbaueri (Abb. 1)

MILNE (1960) züchtete aus frisch abgelegten Eiern innerhalb von 45–60 Tagen bei 12° C geschlechtsreife ♀♀, bei 5° oder 24° C entwickelten sich die Eier gar nicht. Die Eier von *T. krausbaueri* sind demnach unter den Temperaturbedingungen in Norddeutschland wenigstens von Dezember bis Februar nicht entwicklungsfähig. Ob im Sommer ebenfalls eine Entwicklungspause eintritt, ist ungewiß. Man muß dabei bedenken, daß im Tagesgang schwankende Temperaturen anders wirken als konstante. HALE (1965b) errechnete nach Zuchtergebnissen bei verschiedener Temperatur die Entwicklungszeiten, wie sie im Freiland (Nordengland, Temperatur niedriger als in Norddeutschland) sein müßten: Am 1. Juli geschlüpfte Tiere wären in 45 Tagen ausgewachsen, am 1. September geschlüpfte in 67 Tagen, am 1. Oktober geschlüpfte in 212 Tagen (die Geschlechtsreife tritt etwas eher ein).

Auf Grund dieser Kalkulation können die eigenen Freilandergebnisse diskutiert werden. Ein langsamer Populationsanstieg erfolgt in beiden Jahrgängen (Abb. 1a, unterer Rotschwingelrasen [II]) ab Juli bis September. Dann nimmt die Individuenzahl um ein Mehrfaches zu, um etwa ab Januar kontinuierlich abzufallen. Die „1. Generation“ entwickelt sich danach im Juli und ist im September fortpflanzungsfähig. Ihre Nachkommen benötigen ca. bis zum November, um geschlechtsreif zu sein. In diesem Monat sind die Temperaturen gerade noch hoch genug (im Mittel 5° C), um eine 3. Generation hervorzubringen. Diese ist erst in ungefähr 200 Tagen ausgewachsen, d. h. frühestens im Juni. Bis zu diesem Monat fällt die Besatzdichte tatsächlich ab: Die Kalkulation von HALE ergäbe also einen Populationsverlauf, wie er etwa im Rotschwingelrasen vorgefunden wird, wenn man zusätzlich eine hohe Verlustrate während des 1. Halbjahres ohne Fortpflanzungstätigkeit (Winter bis Frühsommer) annimmt. Die 3 (oder 2?) Generationen im 2. Halbjahr spiegeln sich zwar nicht als 2–3 erkennbare Maxima wider, da wohl keine Fortpflanzungspause eintritt, jedoch müssen mehr als

eine Generation ablaufen, denn MILNE (1960) fand nur eine durchschnittliche Produktion von 10 Eiern pro ♀. Bei einem Sexualindex von 1:1 kann sich die Population höchstens verfünffachen, sie nimmt aber von Juli bis zum Wintermaximum 1967 um den Faktor 16, 1968 um den Faktor 9 zu. Allerdings hat HALE (1966b) fakultative Parthenogenese nachgewiesen.

Eine Vermehrung der Individuenzahl von *T. krausbaueri* im Herbst und Winter wurde auch von LOKSA (1956), SHEALS (1957), PALISSA (1959), MILNE (1962) u. a. gefunden, ein kleines zusätzliches Maximum im Juni von MILNE. HÜTHER (1961) fand ke in Wintermaximum.

Im Andelrasen (I) der Meldorfer Bucht war die Populationsentwicklung (Abb. 1) bis zum Winter 1967/68 prinzipiell wie im unteren Rotschwengelrasen (II) (ebenso im oberen Rotschwengel [III] und im Sommerkoog [IV]; Daten in WEIGMANN, 1970). Danach sank die Besiedlungsdichte abrupt ab. Zu dieser Zeit war das Vorland, besonders

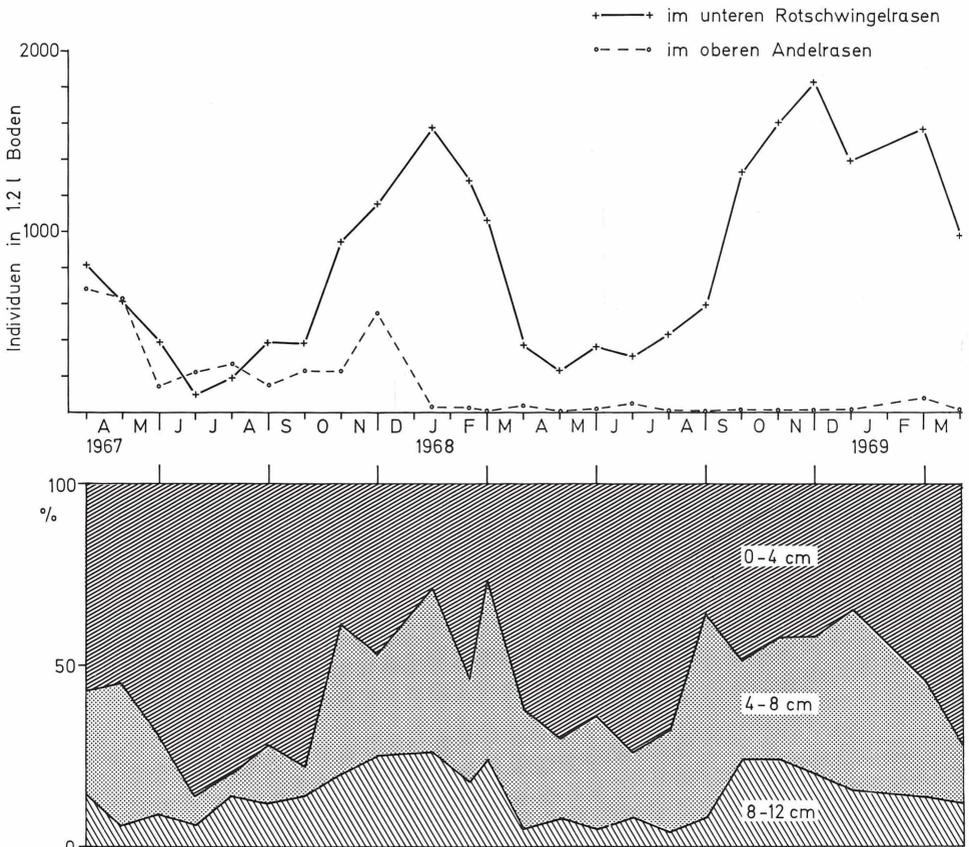


Abb. 1a (oben): Phänologie von *Tullbergia krausbaueri* (Summe aus 0-12 cm Bodentiefe)
 1b (unten): Schwankung der %-Tiefenverteilung im Jahreszyklus im unteren Rotschwengelrasen (Pr.-Stelle II)

der Andelbereich, mit Eisschollen bedeckt, die zwar einige Stellen freiließen, sich teilweise aber bis zu 1,5 m hohen Bergen auftürmten. Das Abtauen des Eises nahm fast zwei Monate in Anspruch. Während dieser Zeit war die Entwässerung blockiert und der Boden dauernd von Wasser übersättigt, wenn er nicht gefroren war. Diese Zustände haben offensichtlich zu einer „Überschwemmungskatastrophe“ für die Bodenfauna geführt. Wahrscheinlich ist die euedaphische Fauna besonders betroffen worden, da bei anhaltender Wasserübersättigung im Boden wenig Sauerstoff und keine Luft vorhanden waren.

In Abb. 1b werden die prozentual unterschiedlichen Besatzdichten der 3 Tiefenschichten (zusammen 0–12 cm) in den Jahreszeiten dargestellt. Im Herbst und Winter sind relativ mehr Tiere unterhalb von 4 cm Tiefe. Man kann hieraus aber keine Vertikalwanderung ableiten, denn in allen drei Schichten nimmt die Zahl im Herbst zu und im Frühjahr ab – nur in unterschiedlichem Maße. Es ist ebenso denkbar, daß die Vermehrungs- und Sterbequote in den Schichten unterschiedlich ist; auf Grund welcher Faktoren dies geschehen könnte, ist schwer zu sagen.

Hypogastrura denticulata

Dieser hemiedaphische Collembole war nur vom Herbst 1967 bis Frühjahr 1968 in der Süßwiese (IV: Sommerkoog bei Meldorf) häufig. Da die Besatzzahlen schwankend waren und im 2. Winter kein Maximum auftrat, soll auf eine Betrachtung der Generationsfolge und -zahl verzichtet werden. Es scheint, daß die Art kühlere Temperaturen zur Entwicklung benötigt oder bevorzugt. MOELLER (1965) züchtete *H. denticulata* bei 10° C mit gutem Erfolg, Zuchten bei über 20° C gelangen nicht (THIBAUD 1968b fand entsprechendes bei anderen Hypogastruridae).

Friesea mirabilis (Abb. 2)

Am zahlreichsten war *F. mirabilis* im oberen Rotschwingelrasen (III) der Meldorfer Bucht. Der jahreszeitliche Massenwechsel erinnert im großen und ganzen an *T. krausbaueri*, indem im Herbst und Winter die Abundanzzahlen am höchsten sind. Zusätzlich ist ein Maximum im Sommer (Juni bis Juli) zu verzeichnen. Die geringe Körpergröße läßt eine schnelle Entwicklung vermuten, allerdings scheinen nicht mehrere Generationen vom Sommer bis Herbst schnell aufeinander zu folgen. Die Populationszunahmen vollziehen sich jeweils im klimatisch gemäßigten Frühlingsherbst und im Herbst. Vielleicht

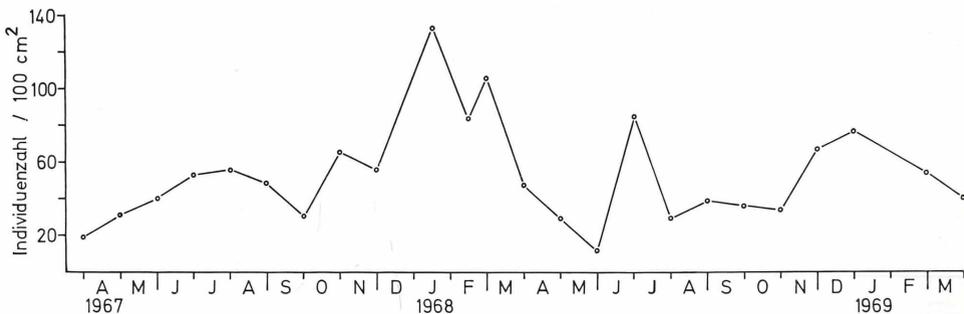


Abb. 2: Phänologie von *Friesea mirabilis* (Summe aus 0–12 cm Bodentiefe)

hat *F. mirabilis* jährlich nur 2 Generationen, denn vom Oktober bis zum Januar sind aus Gründen der niedrigen Temperatur wohl keine 2 Entwicklungszyklen möglich. Eine 3. Generation mit wenigen Nachkommen könnte im Sommer eingeschoben sein, was aus dem Kurvenverlauf aber nicht klar zu schließen ist. Nach den Angaben von AGRELL (1941), STRENZKE (1949), HAARLØV (1960) und HALE (1966a) sind mehr oder weniger deutlich zwei Maxima (Frühjahr und Herbst) zu entnehmen, von denen das Herbstmaximum meist stärker hervortritt.

Isotoma viridis (Abb. 3–6)

I. viridis war an allen Standorten der Meldorfer Bucht, mit Ausnahme des Andelrasens, häufig. Der Vergleich der Bodenprobenfänge von drei Standorten (unterer und oberer Rotschwengelrasen, Sommerkoogsüßwiese bei Meldorf) zeigt bei prinzipieller Übereinstimmung in quantitativer Hinsicht aufschlußreiche Unterschiede. Im unteren Rotschwengelrasen stand gleichzeitig über die beiden Jahre des Untersuchungszeitraumes eine Bodenfalle. Die Ergebnisse dieser Fallenserie geben weitere interessante Hinweise im Vergleich mit den Probenserien.

Im folgenden werden Individuen als „Jungtiere“ bezeichnet, die unter 1 mm Länge aufweisen. Die Bestimmung der Häutungsstadien oder der Geschlechtsreife ist bei derartig umfangreichem Material nicht möglich. Eine Einteilung in Größenklassen, wobei Juvenile weniger als 40–50 % der Länge kleiner geschlechtsreifer Exemplare haben sollen, wurde mehrfach erprobt (AGRELL 1941, WEIS-FOGH 1948, HÜTHER 1961, MILNE 1962 u. a.) und zeigt das Auftreten frisch geschlüpfter Tiere sicher an.

Bei Zimmertemperatur entwickelt sich *I. viridis* (Embryonal- und Postembryonalentwicklung, nach HAARLØV 1960; vgl. Tab. 1) in 28–40 Tagen. MILNE (1960) stellte fest, daß die Eier sich bei 5° C nicht entwickeln, bei 12° C in 16–20 Tagen und bei 24° C in 6–9 Tagen. In Anlehnung an die Angaben von HAARLØV ist vom Frühjahr bis Spätsommer mit einer Generationsdauer von 1–3 Monaten zu rechnen.

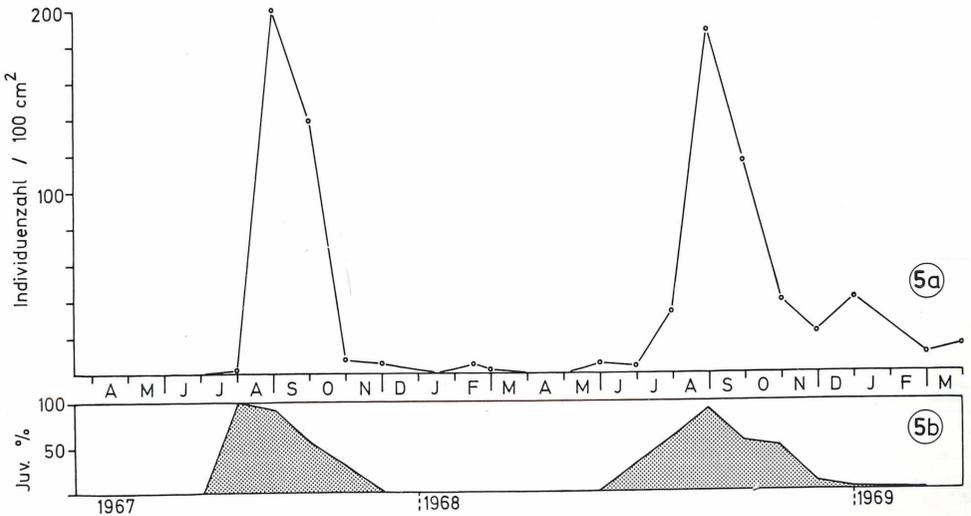
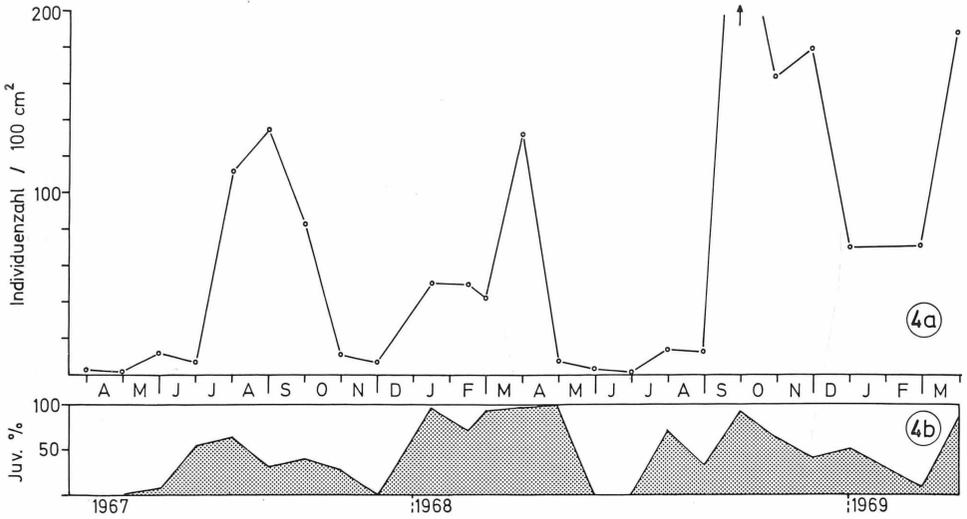
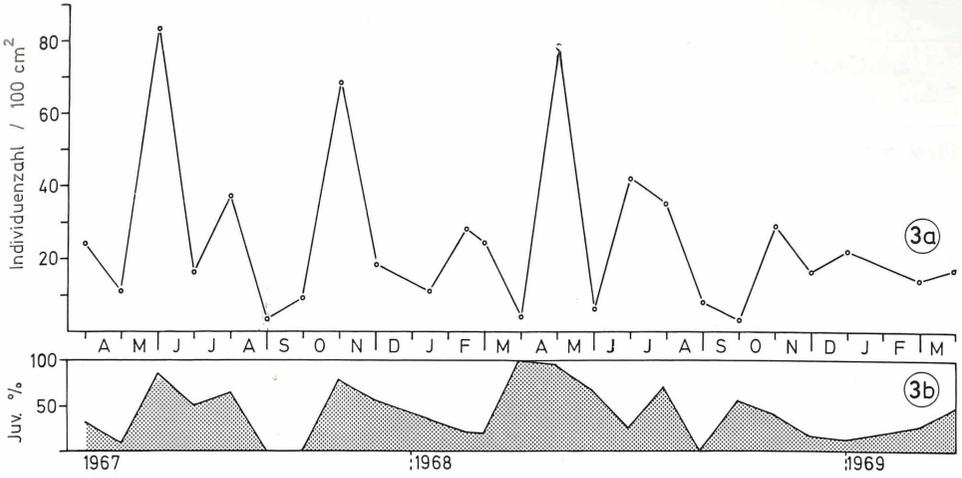
Die phänologische Kurve der *I. viridis*-Population in der Süßwiese (Abb. 3a) zeigt drei klare Maxima, die jeweils auf eine erhöhte Zahl an Jungtieren zurückgehen. Der prozentuale Anteil der Juvenilen geht aus Abb. 3b hervor, hohe Prozentanteile sind immer zu Zeiten hoher Abundanz vorhanden. Demnach treten neue Generationen im Mai, Juli und Oktober auf, die Unterschiede der beiden Jahrgänge sind unwesentlich.

Die Vorlandstandorte (obere und untere Rotschwengelwiese, Abb. 4, 5) lassen das Frühjahrsmaximum im Mai vermissen, das Sommermaximum erscheint etwas später, und ein deutlich abgesetztes Herbstmaximum ist nur im oberen Rotschwengelrasen erkennbar, im Herbst 1968 ist es außerordentlich hoch. Die Juvenilen, welche im späten Winter und Vorfrühling gefunden wurden, zeigen wohl keine real existierende neue Generation an: Wie AGRELL (1941), PALISSA (1959) und andere Autoren schon feststellten, überwintern Eier von Isotomiden im Boden und werden offensichtlich im Berlese-Apparat ausgebrütet. *Isotoma* legt die Eier in Gelegen, woran mehrere ♀♀ beteiligt sein können, von denen jedes bis etwa 50 Eier legen kann (vgl. MILNE 1960, BREFELD 1963, HALE 1965a).

Abb. 3a: Phänologie von *Isotoma viridis* (Pr.-Stelle IV: Süßwiese) – b: %-Anteil der Jungtiere (unter 1 mm Länge)

Abb. 4a: Phänologie von *Isotoma viridis* (Pr.-St. III oberer Rotschwengel) – b: %-Anteil der Jungtiere (unter 1 mm Länge)

Abb. 5a: Phänologie von *Isotoma viridis* (Pr.-St. II: unterer Rotschwengel) – b: %-Anteil der Jungtiere (unter 1 mm Länge)



Auf Grund der Bodenfallenserie vom unteren Rotschwingelrasen (Abb. 6) wird jedoch ersichtlich, daß auch dort dreimal während des Sommers Jungtiere auftreten, und zwar etwa in den gleichen Monaten wie an den anderen Standorten! Die Besiedlungsdichte ist hier im Frühsommer aber so gering, daß die Bodenproben (100 cm² je

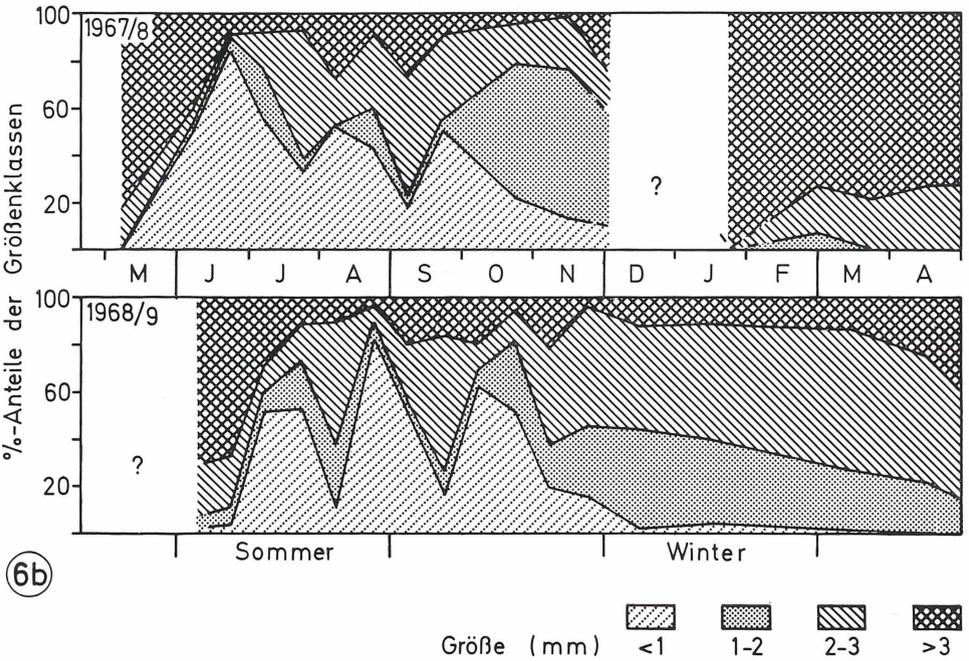
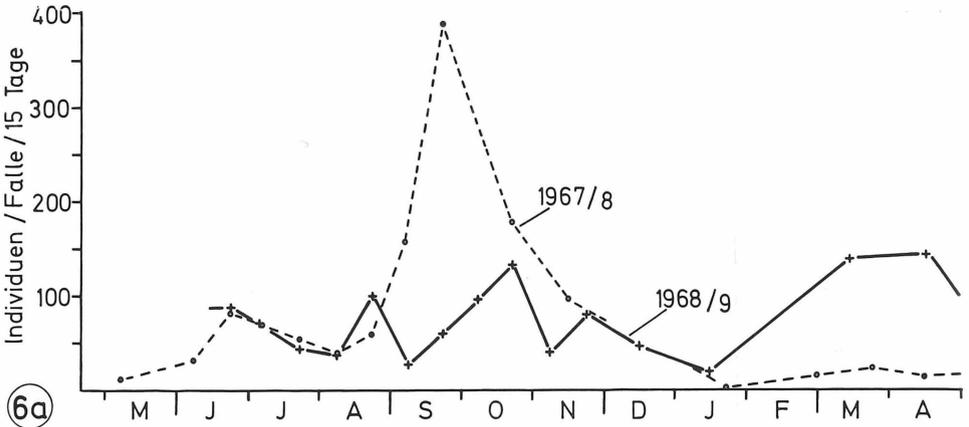


Abb. 6a (oben): Bodenfallenfänge von *Isotoma viridis* im unteren Rotschwingelrasen (Pr.-St. II)
 6b (unten): Verschiebung der GröÙenzusammensetzung der Population im Jahreszyklus.
 (? = Fallen waren nicht auswertbar)

Datum) keine hinreichende Anzahl dieser Art erfassen. Dagegen ist die Aktivitätsdichte groß genug, daß in Bodenfallenfängen die wirkliche Generationsfolge erkennbar wird. (Die Aktivitätsdichte drückt sich nach HEYDEMANN (1957) in der Fangzahl pro Bodenfalle/Zeit aus, sie ist abhängig von der Besiedlungsdichte/Fläche und der Laufaktivität der betreffenden Art.) Die Tiere aus den Bodenfallenserien beider Jahrgänge wurden in vier Größenklassen eingeteilt (Abb. 6b). Daraus kann in etwa die Wachstumsgeschwindigkeit abgelesen werden, denn es folgt das Maximum einer Klasse auf dasjenige der kleineren Klasse. Im übrigen wird auch deutlich, daß das Wachstum ab November nahezu eingestellt wird, denn die relativen Anteile der Klassen bleiben ungefähr konstant (die Prozentzahlen des ersten Winters sind unbrauchbar, da die absoluten Zahlen zu niedrig sind). Ab Februar nimmt die Aktivität der Art wieder zu (Abb. 6a).

Nun ist es auch möglich, die Unterschiede der Phänologie-Kurven für die Bodenprobenserien der drei Standorte richtig zu bewerten: Offensichtlich werden in den Vorlandwiesen die Populationen durch Überflutungen so stark dezimiert, daß erst die 2. oder 3. Jungtiergeneration zahlenmäßig bedeutsam wird. Die Populationen müssen jedes Jahr erneut durch wenige Individuen aufgebaut werden, weshalb erst im Herbst oder Spätsommer so hohe Abundanzzahlen erreicht werden, wie sie im Sommerkoog schon im Mai beobachtet wurden.

MILNE (1962) unterscheidet ebenfalls die verschiedenen Größenklassen von *I. viridis* (Grenzen wie in Abb. 6b verwendet!) und gibt den Verlauf der Populationszusammensetzung wieder. Aus seinen Daten (Proben nur alle 2 Monate) sind nur 2 Generationen pro Jahr abzulesen. PALISSA (1959) bildet eine Kurve ab, die auch auf 3 Generationen schließen läßt, AGRELL (1941) nimmt für Nordschweden nur eine Frühsommerentwicklung an.

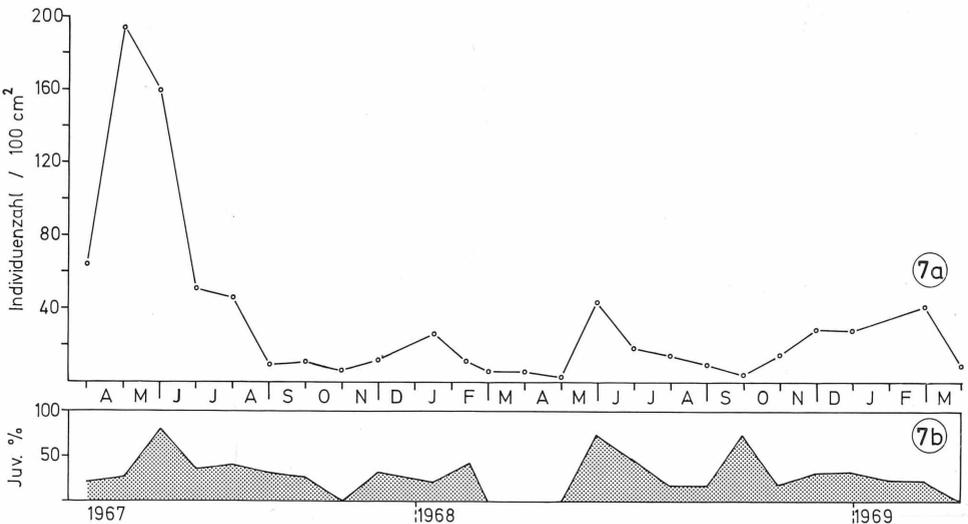


Abb. 7a: Phänologie von *Folsomia sexoculata* (Pr.-St. II: unterer Rotschwengelrasen)
 b: %-Anteil der Jungtiere (unter 0,4 mm Länge)

Folsomia sexoculata (Abb. 7)

Im unteren Rotschwingelrasen ist *F. sexoculata* im Frühsommer am zahlreichsten. Ein Maximum, verursacht durch Jungtiere, liegt im Mai bis Juni. Diese Art scheint die Überflutungen besser zu überstehen als *I. viridis*, sie ist kleiner und überwintert mehr im als auf dem Boden. Obgleich im Sommer und Herbst keine hohen Individuenzahlen festgestellt wurden, muß man wohl mit wenigstens 2 Generationen im Jahr rechnen. Angaben zur Phänologie dieser Art gibt es noch nicht. *F. quadrioculata* wurde aber schon oft untersucht (z. B. AGRELL 1941, WEIS-FOGH 1948, LOKSA 1956, HAARLØV 1960, MILNE 1962). Sie hat 2–3 Generationen jährlich.

Zusammenfassung

Es werden Angaben zur Phänologie von 5 Collembolen-Arten gemacht, die in 4 Wiesen an der Küste von Schleswig-Holstein zahlreich sind. Drei Wiesen (I–III) stehen unter dem Einfluß der Gezeiten und weisen unterschiedliche Boden-Wassergehalte und Salzgehalte auf. Die vierte Wiese liegt hinter einem Deich und ist salzfrei.

Der salztolerante Collembole *Tullbergia krausbaueri* ist an der Probenstelle II (untere *Festuca-rubra-litoralis*-Zone) am häufigsten, wo mittlere Werte des Wasser- und Salzgehaltes gemessen werden. Diese Art bringt hier vom Sommer bis zum Spätherbst 2–3 Generationen hervor. Im Winter 1967/68 brach die Population im tiefer liegenden Areal I (*Puccinellia*-Zone) nach anhaltender Überschwemmung und Stauässe fast vollständig zusammen, bedingt durch eine Schicht von nur langsam abtauenden Eisschollen.

Isotoma viridis, ebenfalls salztolerant, besiedelt nur die beiden höher liegenden Salzwiesenareale und die Süßwiese. Überall werden vom Mai bis Oktober 3 Perioden mit erhöhten Jungtierzahlen beobachtet (3 Generationen). In der Süßwiese wird im Frühjahr die größte Zahl an Nachkommen hervorgebracht, während in den flutexponierten Salzwiesen erst im Herbst hohe Individuenzahlen festgestellt werden. Offensichtlich sind die Verluste an Tieren dort durch die winterlichen Sturmfluten sehr groß, und die Population regeneriert sich in jedem Sommer von neuem.

Auch die stenotope Salzwiesenart *Folsomia sexoculata* hat 3 Generationen vom Frühjahr bis zum Herbst. Die Befunde für *Hypogastrura denticulata* sind nicht eindeutig und für *Friesea mirabilis* werden 2–3 Generationen pro Jahr angenommen.

Summary

The phenology of Collembola at the sea shore

The phenology of five species of Collembola has been studied which are abundant in four meadows investigated at the shore of the North Sea in Schleswig-Holstein. Sites I–III are more or less influenced by tidal activity and thus show variations in humidity and salinity of the soil water. Site IV is situated behind a dike and is not exposed to sea water.

The salt tolerant species *Tullbergia krausbaueri* is most abundant in site II (lower *Festuca rubra litoralis* zone) with medium values of humidity and salinity. It has 2–3 generations from summer to late autumn. In winter 1967/68 there was a break down of the *Tullbergia* population in site I (*Puccinellia* zone, lower than site II). This salty meadow was then covered by masses of ice, which melted away during some weeks and caused continous wetness.

Isotoma viridis populates only the two upper saltmarsh areas and the meadow IV not influenced by sea water. In each site *I. viridis* has 3 peaks of juveniles (3 generations). In site IV the peak was highest in spring, in the salt-meadows in autumn. The difference can be explained by the influence of spring tides during winter, which in the salt-marsh populations cause severe losses. The population then has to regenerate during summer.

The stenotop species *Folsomia sexoculata* which is confined to salt meadows also has 3 generations from spring to autumn. The results for *Hypogastrura denticulata* are not sufficient, *Friesea mirabilis* obviously has 2–3 generations.

Literatur

- AGRELL, I. (1941): Zur Ökologie der Collembolen. Untersuchungen im schwedischen Lapp-land. Opusc. Ent. Suppl. **3**, 1–236.
- BRETFELD, G. (1963): Zur Anatomie und Embryologie der Rumpfmuskulatur und der abdominalen Anhänge der Collembolen. Zool. Jb. Anat. **80**, 309–384.
- BRITT, N. W. (1951): Observations on the life history of the Collembolan *Achorutes armatus*. Trans. Am. microsc. Soc. **70**, 119–132.
- HAARLØV, N. (1960): Microarthropods from Danish soils. Ecology, Phenology. Oikos Suppl. **3**, 1–176.
- HALE, W. G. (1965a): Observations on the breeding biology of Collembola. Pedobiologia **5**, 146–152, 161–177.
- (1965b): Post-embryonic development in some species of Collembola. Pedobiologia **5**, 228–243.
- (1966a): A population study of moorland Collembola. Pedobiologia **6**, 65–99.
- (1966b): The Collembola of the Moor House National Nature Reserve, Westmorland: a moorland habitat. Rev. Ecol. Biol. Sol **3**, 97–122.
- HEYDEMANN, B. (1957): Die Biotopstruktur als Raumwiderstand und Raumfülle für die Tierwelt. Verh. dtsh. zool. Ges. Hamburg 1956, 332–347.
- (1958): Erfassungsmethoden für die Biozönosen der Kulturbiotope. In: BALOGH, Lebensgemeinschaften der Landtiere. Berlin. 454–537.
- (1960): Die Biozönotische Entwicklung vom Vorland zum Koog. 1. Teil: Spinnen (Araneae). Abh. math.-naturw. Kl. Akad. Wiss. Mainz, Jg. 1960, Nr 11, 747–913.
- (1969): Zoologische Küstenforschung. Christiana Albertina, H. **7**, 64–72.
- HÜTHER, W. (1961): Ökologische Untersuchungen über die Fauna pfälzischer Weinbergböden mit besonderer Berücksichtigung der Collembolen und Milben. Zool. Jb. Syst. **89**, 243–368.
- LOKSA, I. (1956): Die zöologische Untersuchung von Collembolen in einer ungarischen Querceto-Potentilletum albae-Assoziation. Acta Zool., Budapest, **2**, 199–243.
- MILNE, S. (1960): Studies of the life histories of various species of arthropleone Collembola. Proc. R. ent. Soc. London (A), **35**, 133–140.
- MILNE, S. (1962): Phenology of a natural population of soil Collembola. Pedobiologia **2**, 41–52.
- MOELLER, J. (1965): Ökologische Untersuchungen über die terrestrische Arthropodenfauna im Anwurf mariner Algen. Z. Morph. Ökol. Tiere **55**, 530–586.
- PALISSA, A. (1959): Beiträge zur Ökologie und Systematik der Collembolen von Salzwiesen. 1. Teil. Dtsch. ent. Z. (N. F.) **6**, 273–321.
- RIPPER, W. (1930): Champignon-Springschwänze-Biologie und Bekämpfung von *Hypogastrura manubrialis* Tullbg. Z. angew. Ent. **16**, 547–584.
- SHEALS, J. G. (1957): The Collembola and Acarina of uncultivated soil. J. Anim. Ecol. **26**, 125–134.

- 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.
- THIBAUD, J. M. (1968a): Contribution à l'étude de l'action des facteurs température et humidité sur la durée du développement embryonnaire des Collemboles Hypogastruridae. Rev. Ecol. Biol. Sol **5**, 55–62.
- (1968b): Contribution à l'étude de l'action des facteurs température et humidité sur la durée du développement postembryonnaire et de l'intermue de l'adulte chez les Collemboles Hypogastruridae. Rev. Ecol. Biol. Sol **5**, 265–281.
- TÜXEN, R. & al. (1957): Die Pflanzengesellschaften des Außendeichslandes von Neuwerk. Mitt. flor.-soz. ArbGemein. (N. F.) **6/7**, 205–234.
- WEIGMANN, G. (1970): Zur Ökologie der Collembolen und Oribatiden im Grenzbereich Land – Meer (Collembola, Insecta – Oribatei, Acari). Dissertation, Kiel. 191 S.
- (1973): Zur Ökologie der Collembolen und Oribatiden im Grenzbereich Land-Meer. Z. wiss. Zool. **186**, 295–391.
- WEIS-FOGH, T. (1948): Ecological investigations on mites and collemboles in the soil. Natura jutlandica **1**, 139–270.

Anschrift des Verfassers: Dr. Gerd Weigmann
D-23 Kiel (BRD), Zoologisches Institut der Universität
Hegewischstraße 3

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Faunistisch-Ökologische Mitteilungen](#)

Jahr/Year: 1971-1973

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Weigmann Gerd

Artikel/Article: [Zur Phänologie von Collembolen im Einflußbereich des Meeres 185-196](#)