

Zeitschrift:	Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Entomologique Suisse = Journal of the Swiss Entomological Society
Herausgeber:	Schweizerische Entomologische Gesellschaft
Band:	48 (1975)
Heft:	1-2: Fascicule-jubilé pour le 70e anniversaire du Prof. Dr. Paul Bovey = Festschrift zum 70. Geburtstag von Prof. Dr. Paul Bovey
Artikel:	Beobachtungen zur Reaktion bodenbewohnender Tiere auf einige biologisch wirksame Gase
Autor:	Klingler, Jakob
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-401760

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Beobachtungen zur Reaktion bodenbewohnender Tiere auf einige biologisch wirksame Gase

JAKOB KLINGLER

Eidg. Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, CH-8820 Wädenswil

Phytophage Insektenlarven und pflanzenparasitische Nematoden reagieren positiv auf CO_2 . Die vorliegenden Versuche zeigten, dass auch die saprophage Collembolenart *Sinella coeca* sich – ähnlich wie andere Collembolenarten – bei CO_2 -Quellen ansammelt. Methan (Sumpfgas), das unter anaeroben Bedingungen beim Zelluloseabbau entsteht, wirkte ebenfalls attraktiv auf diese Art; in Konkurrenzversuchen erwies sich aber Kohlendioxid als attraktiver. Ammoniak und Schwefelwasserstoff – Abbauprodukte von Eiweiss und S-haltigen Aminosäuren – lösten anfänglich positive, sondierende Verhaltensweisen aus (Betasten der Kapillaröffnung, aus der das Gas ausströmte, mit den Fühlern; «lecken» mit Mundteilen an der Kapillare; z. T. Eindringen in die Kapillaröffnung). H_2S erzeugte zu Beginn der Einführung auch schwache Ansammlungen. Beide Gase begannen aber einige Zeit nach der Einführung abstoßend zu wirken. Schwefeldioxid (SO_2), das ein Bestandteil der Luftverschmutzung darstellt und auf diesem Weg in den Boden gelangen kann, wirkte von Anfang an eindeutig abstoßend. Möglicherweise beruht diese Abstossung auf einem pH-Effekt, was – mit anderem Vorzeichen – auch für Ammoniak zutreffen könnte. Die Hypothese von MOURSI, wonach nicht CO_2 -Quellen als solche anziehend wirken, sondern die abnehmenden O_2 -Gradienten, die zu solchen Quellen hin entstehen, kann für die von uns untersuchten phytophagen Insektenlarven, pflanzenparasitischen Nematoden und saprophagen Collembolen als widerlegt angesehen werden.

Des larves d'insectes phytophages souterraines et des nématodes phytoparasites sont attirés par des sources de CO_2 . Les expériences présentées dans ce travail montrent que l'espèce de collembole saprophage *Sinella coeca* – comme d'autres espèces de collemboles – se rassemble également autour de ces sources. En plus, le gaz de méthane qui se développe pendant la dégradation de la cellulose dans des conditions d'anaérobie, s'est avéré attractif pour cette espèce. Cependant, dans des essais de concurrence l'attractivité du CO_2 dominait sur celle du méthane. Les gaz ammoniaque et hydrogène sulphuré – des composés de dégradation de protéine et d'acides aminés – déclenchaient des réactions positives juste après l'introduction dans le milieu (toucher avec les antennes le tube capillaire conduisant le gaz; lécher ce tube avec les pièces buccales; pénétrer l'orifice). Autour des sources d'hydrogène sulphuré même de faibles agrégations de collemboles se sont produites. Cependant, quelque temps après l'application nous avons constaté une action répulsive de ces deux gaz. L'anhydride sulphureux (SO_2) – un composé qui pollue l'air et pénètre dans le sol – s'est révélé un gaz fortement répulsif. Cette répulsion est peut-être un effet du pH. L'hypothèse de MOURSI, selon laquelle la concentration diminuante de l'oxygène plutôt que la concentration augmentante du CO_2 serait attractive pour les arthropodes du sol, s'est révélée fausse pour les larves phytophages souterraines, les nématodes phytoparasites et les collemboles saprophages étudiés dans nos expériences.

Einleitung und Methodik

Bodenbewohnende, phytophage Insektenlarven und pflanzenparasitische Nematoden werden durch lebende Wurzeln und keimende Samen angelockt. Ein wichtiger Lockstoff, der von diesen Pflanzenorganen abgegeben wird, ist das Kohlendioxid. Künstliche CO_2 -Quellen können ebenso attraktiv sein wie die natürlichen (KLINGLER, 1958, 1963, 1965). Die Bodenbewohner sind nun

aber zu einem grossen Teil nicht Pflanzenparasiten, sondern saprophage Tiere, die sich von organischem Abfall ernähren. Bei der Zersetzung dieses Materials wird ebenfalls CO_2 frei, ferner aber auch – je nach Zusammensetzung und Sauerstoffversorgung des Substrates – Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Methan und andere gasförmige Verbindungen (TROLLDENIER, 1971). In einer früheren Arbeit haben wir gezeigt, dass die saprophage Collembolenart *Folsomia candida* sich ebenfalls bei CO_2 -Quellen ansammelt (KLINGLER, 1959).

In Versuchen, die einige Jahre zurückliegen, haben wir das Verhalten einer anderen Collembolenart (*Sinella coeca* SCHÖTT) gegenüber den eben erwähnten, durch Zersetzung freiwerdenden Gasen beobachtet. Die Art ist nach GISIN (1960) mist- und humusliebend. Neben den genannten Gasen wurde ferner das moderne Umweltgas Schwefeldioxid (SO_2) in die Versuche einbezogen, welches auf dem Umweg über die Luftverschmutzung in den Boden gelangen kann. Nach GARBER (1969) können SO_2 -haltige Abgase mit der Zeit zu einer Steigerung der Bodenazidität führen, so dass eine Versauerung des Bodens eintritt. Nach den Untersuchungen von BADER (1972) besteht die Gefahr, dass die Luftverschmutzung durch toxische Gase langfristig die Bodenfauna beeinträchtigt.

Die Reaktion der Collembolen wurde mit Hilfe folgender Versuchsmethodik studiert: Auf eine feine, 1–2 mm dicke Schicht gesiebte Erde zwischen zwei Glasplatten wurden die Collembolen möglichst gleichmässig verteilt. Mittels einer Glaskapillare wurde das gewählte Gas in kleinen Mengen zwischen die Glasplatten eingeführt (siehe Abbildungen). Das Verhalten der Collembolen konnte direkt beobachtet und fotografiert werden. Mit jedem Gas wurden wiederholte Beobachtungsserien durchgeführt.

Resultate und Diskussion

Auf die Einführung von Kohlendioxid (CO_2 , meist zwischen 1–2 ml/h) reagierten die Collembolen der Art *Sinella coeca* ausgesprochen positiv, d. h. sie sammelten sich bei der Kapillarmündung an. Diese Ansammlung vollzog sich innert weniger Minuten, oft beinahe quantitativ. Ein Unterbruch der CO_2 -Zufuhr führte zu einer raschen Auflösung der Ansammlung. Dieses Ergebnis bestätigt somit jenes, das schon früher mit der Collembolenart *Folsomia candida* erzielt wurde (siehe oben).

Methan (Sumpfgas, CH_4) wird im Boden beim Zelluloseabbau unter anaeroben Bedingungen gebildet (TROLLDENIER, 1971). Auch gegenüber diesem Gas reagierten die Collembolen positiv (Abb. 1). Obwohl aber Methan in ähnlichen Mengen eingeführt wurde wie CO_2 , d. h. meist zwischen 0,7 und 2 ml/h, sammelten sie sich etwas weniger konzentriert an als bei CO_2 . Die attraktive Wirkung war offensichtlich schwächer. Dies bestätigte sich in Konkurrenzversuchen, bei denen sowohl Methan wie Kohlendioxid gleichzeitig im Abstand von einigen Zentimetern dargeboten wurde. In diesem Fall sammelten sich die Collembolen bei der CO_2 -Quelle kräftig an, während die Methanquelle jeweils nur schwach aufgesucht wurde. Wenn Methan zuerst eingeleitet wurde und sich deshalb eine Ansammlung bilden konnte, so verlagerte sich nach Einführung von CO_2 diese Ansammlung allmählich zu letzterem Gas hin (Abb. 2).

Gegenüber Ammoniak (NH_3), der beim Eiweissabbau freigesetzt wird, verhielt sich *Sinella coeca* differenzierter. Bei Einleitung von NH_3 in der gleichen

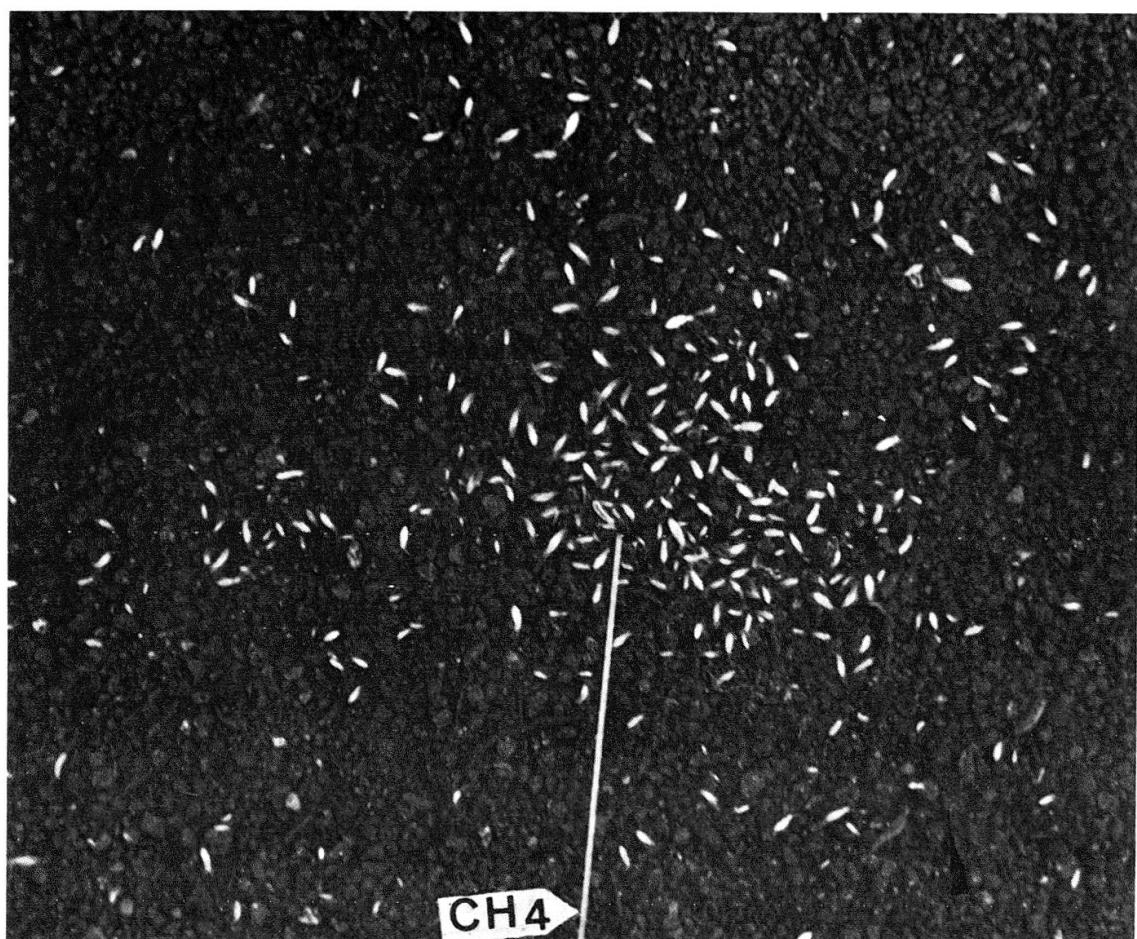


Abb. 1: Ansammlung von Collembolen der Art *Sinella coeca* um die Öffnung einer Glaskapillare, aus der Methan ausströmt ($\sim 1,4 \text{ ml/h}$).

Menge wie bei CO_2 oder CH_4 (d. h. zwischen 1–2 ml/h und darüber) «interessierten» sich die Tiere anfänglich für die Kapillarmündung, waren aktiver, bewegten ihre Fühler lebhaft und betasteten damit die Kapillaröffnung oder «leckten» mit den Mundteilen an der Glaskapillare nahe der Mündung. Auch ein Eindringen in die Kapillaröffnung kam vor. Trotzdem also Ammoniak zweifellos wahrgenommen wurde und positive Sondierungen hervorrief, kam es nie zu eigentlichen Ansammlungen. Im Gegenteil bildeten sich mit der Zeit collembolenzweifellose Höfe um die Kapillarmündung, d. h. es trat allmählich eine Abstossung auf. Diese Abstossung ist möglicherweise auf eine pH-Erhöhung des Milieus zurückzuführen. In unseren Versuchen war die kreisförmige Grenze der Abstossung ziemlich genau identisch mit der Zone des pH-Umschlages von neutral (außen) zu pH 9–10 (im Innern des collembolenzweifellosen Hofes). Schwache, diffuse NH_3 -Quellen, wie sie unter natürlichen Bedingungen wohl am ehesten zu erwarten sind, dürften infolge einer gewissen Pufferwirkung des Bodens das pH allerdings kaum merkbar ändern. Immerhin gelang es uns auch mit sehr kleinen Ammoniakmengen (um 0,1 ml/h) nicht, eigentliche Ansammlungen hervorzurufen.

Schwefelwasserstoff (H_2S), der beim Abbau schwefelhaltiger Aminosäuren entsteht, wird von *S. coeca* ebenfalls wahrgenommen. Zu Beginn der Einleitung

des Gases (2–9 ml/h) wurde die Kapillarmündung eifrig erkundet und die Bewegungsaktivität der Tiere war erhöht. Es bildeten sich anfänglich schwache Ansammlungen, die aber jene von CO_2 oder CH_4 nicht erreichten. Besonders bei den grösseren Gasmengen ging die Ansammlung aber innert einiger Minuten in Abstossung über, wobei sich wiederum collembolenfreie Höfe bildeten, ohne dass in diesem Fall aber eine pH-Änderung registriert werden konnte. Diese Höfe wurden nicht ganz so strikte gemieden, wie dies beim Ammoniak oder beim Schwefeldioxid (siehe unten) der Fall war.

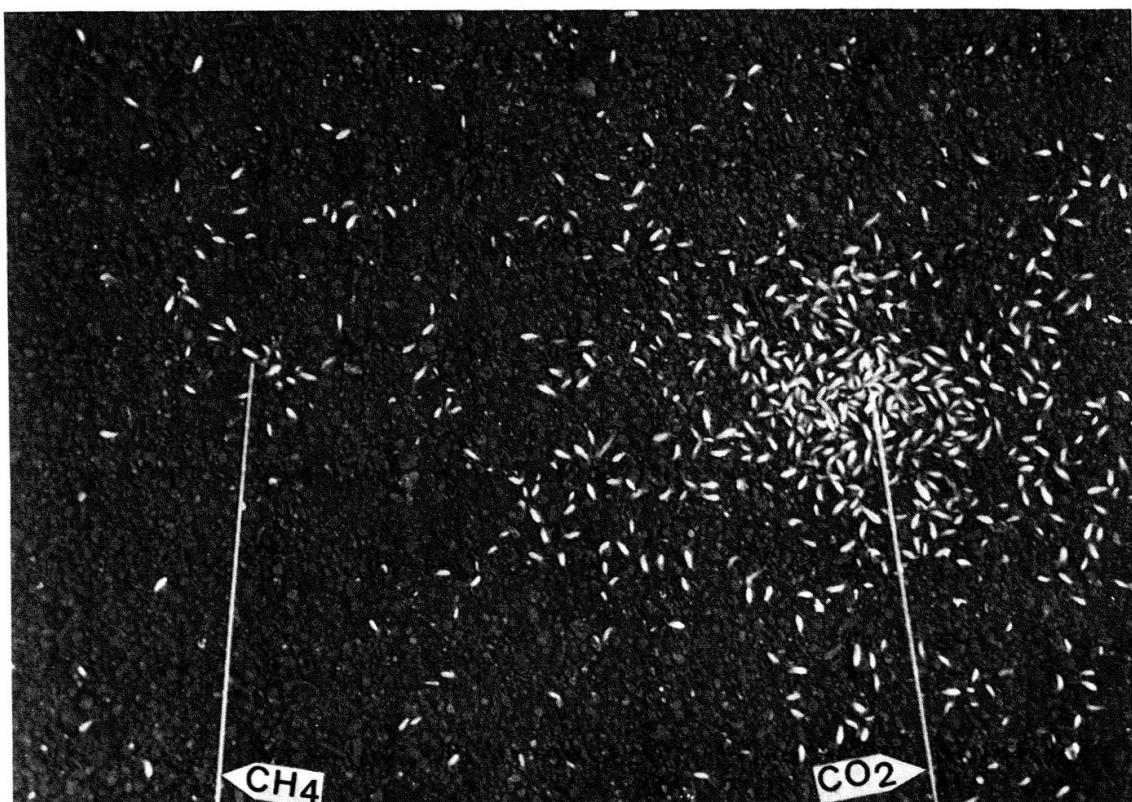


Abb. 2: Konkurrenz-Versuch zwischen Methan (~ 1.4 ml/h) und Kohlendioxid (~ 1 ml/h). CO_2 wirkt attraktiver auf die Collembolen (siehe auch Text).

Die differenzierte Reaktion von *S. coeca* auf Ammoniak und Schwefelwasserstoff entspricht einem sinnvollen Verhalten. Spuren dieser Gase deuten auf sich zersetzende Substanzen und somit auf Futter hin. Durch das Auslösen sondierender Verhaltensweisen erleichtern sie dessen Auffindung. Grössere Mengen dieser Gase sind andererseits für die Tiere toxisch, toxischer als etwa CO_2 oder Methan; die beobachtete Ausweichreaktion (Abstossung) kann darum als Schutzmechanismus betrachtet werden. MOURSI (1962 a) hat für 3 Collembolenarten die letalen Konzentrationen für 50% der Versuchstiere (LC_{50}) bestimmt. Sie betrug für NH_3 nur 0,001–0,003%. Die Empfindlichkeit der 3 Arten für NH_3 war etwa 6000mal grösser als jene für CO_2 . Die Toxizität für H_2S lag dazwischen, aber näher bei CO_2 .

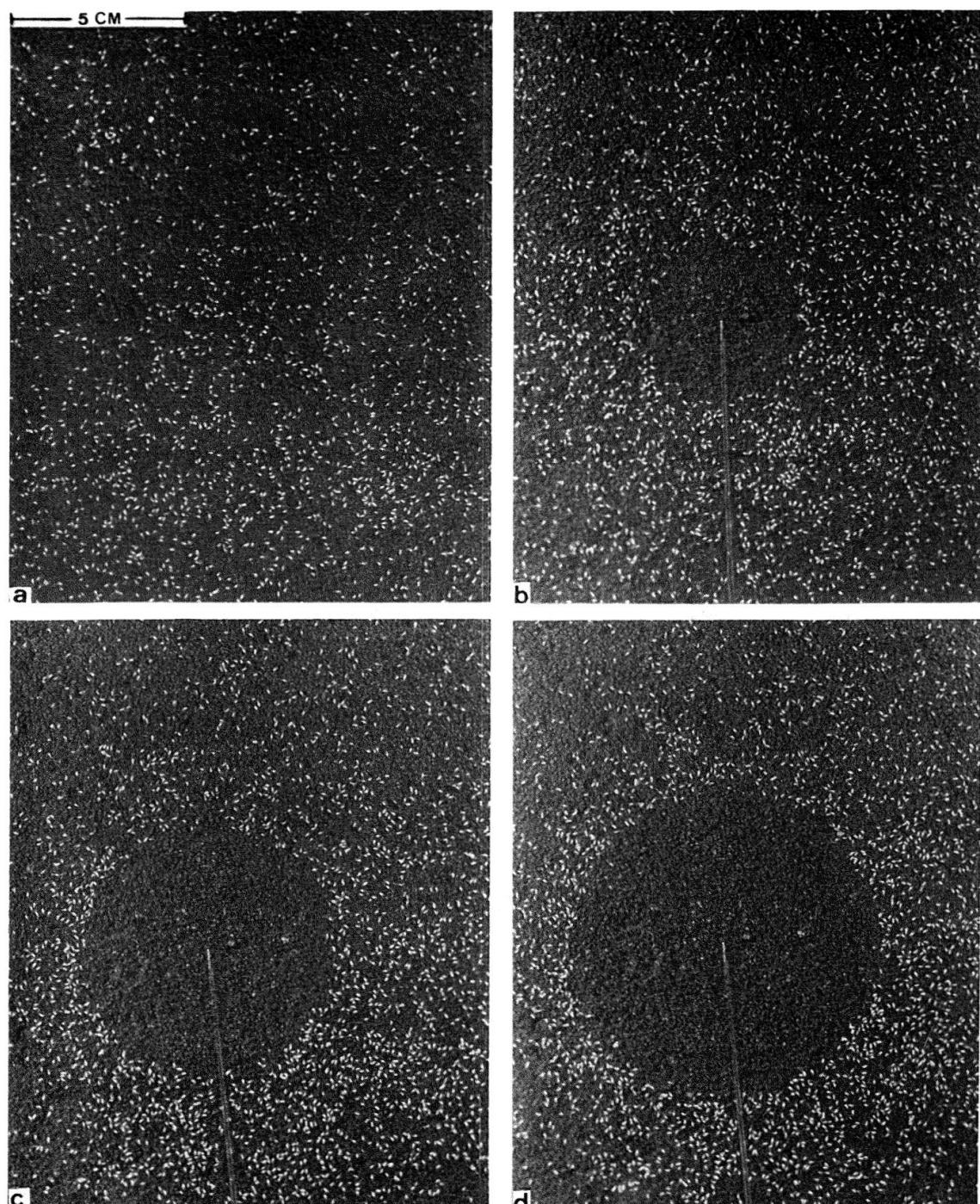


Abb. 3: Abstossende Wirkung von Schwefeldioxid (~ 4 ml/h) auf *Sinella coeca*. a) Verteilung der Collembolen vor der Einführung des Gases; b), c) und d): 37, 57 und 77 Min. nach der Einführung von SO_2 .

Besonders eindrücklich war das Verhalten der Collembolen gegenüber Schwefeldioxid (SO_2). Dieses Abgas ist als Urheber phytotoxischer Schädigungen (BOVAY und ZUBER, 1969) und als giftig für Mensch und Tier bekannt. Unser Versuchstier reagierte auf dieses Gas in eindeutiger Weise mit Flucht. Auch die kleinsten Mengen ($< 0,5$ ml/h) hatten nie positive Reaktionen wie Sondierun-

gen oder Ansammlungen an der Kapillarmündung zur Folge. Vielmehr war eine eindeutig abstossende Wirkung zu beobachten, wobei saubere, kreisförmige, collembolenfreie Höfe entstanden, deren Durchmesser allmählich zunahm. Eine Abbildungsserie zeigt dieses Verhalten (Abb. 3, a, b, c, d). Da SO_2 in Verbindung mit Wasser schweflige Säure (H_2SO_3) bildet, ist die Abstossung möglicherweise wiederum ein pH-Effekt, diesmal im sauren Bereich. Die Grenze der Abstossung deckte sich sehr genau mit der Zone des pH-Umschlages von neutral (aussen) zu stark sauer (pH ~ 3 im Innern des Hofes) (Abb. 4). Die in der Einleitung erwähnte mögliche Erhöhung der Bodenazidität in Gebieten mit hoher SO_2 -Belastung der Luft muss in diesem Zusammenhang in Erinnerung gerufen werden. Unsere Beobachtungen zeigen zwar, dass sich Collembolen durch evasives Verhalten der unmittelbar toxischen Wirkung von SO_2 zu entziehen vermögen. Wenn sie dadurch allerdings in tiefere Bodenschichten verdrängt würden, die ihnen ökologisch nicht entsprechen, wäre eine langfristige Störung der Bodenbiozönose wahrscheinlich unvermeidlich.



Abb. 4: Abstossende Wirkung von Schwefeldioxid (~ 1,5 ml/h). Die Grenze der Abstossung und die Zone des pH-Umschlages auf dem Indikatorpapierstreifen stimmen überein (pH im Innern des collembolenfreien Hofes ca. 3, aussen ca. 7; die Schwarzweissfoto gibt den deutlichen Farbumschlag des pH-Papiers von gelb zu rot leider nur mangelhaft wieder).

Die Hypothese von Moursi über die Orientierung der Bodentiere

MOURSI (1962 b) stellte die Hypothese auf, dass die attraktive Wirkung von CO_2 -Quellen auf viele Bodenarthropoden (und Nematoden) in Wirklichkeit nicht eine Reaktion auf den zunehmenden CO_2 -Gehalt der Luft sei, sondern eine solche auf den abnehmenden O_2 -Gehalt. Die Tiere würden also durch einen abnehmenden O_2 -Gradienten zu ihren Nahrungsquellen (Wurzeln etc.) hingeführt.

Zur Erzielung solcher abnehmender Sauerstoffgradienten führte er N_2 in eine Versuchsanlage ein, die der unseren entsprach, und postulierte, dass er damit die gleiche Wirkung erzielte wie mit CO_2 . Nachdem diese Hypothese in Lehrbüchern zur Diskussion gestellt wurde (BRAUNS, A., 1968, PALISSA, A., 1964) soll kurz auf sie eingetreten werden. Da sich unter natürlichen Bedingungen CO_2 - und O_2 -Konzentrationen im allgemeinen gegensinnig verändern – Erhöhung des CO_2 -Gehaltes geht in der Regel mit einer Senkung des O_2 -Gehaltes einher und vice versa – erschien diese Hypothese nicht apriori aussichtslos. Eine nähere Prüfung zeigte jedoch, dass sie auf schwachen Füßen stand: Anstelle der in unseren Versuchen verwendeten phytophagen Insektenlarven und pflanzenparasitischen Nematoden führte MOURSI seine Versuche ausschliesslich mit saprophagen Tieren durch, die zudem anderen Klassen oder Ordnungen angehören (7 Milbenarten, 1 Fliegenlarve, 1 Collembolenart). In seinen Versuchen arbeitete er weiter nicht mit den Gasen allein, sondern bot den Tieren gleichzeitig Nahrung an (sich zersetzende Blätter und organisches Material). Damit waren diese aber zwei Reizen gleichzeitig ausgesetzt, und eine Interpretation der Resultate war erschwert oder verunmöglich. Ferner arbeitete MOURSI mit sehr wenigen Tieren (z. B. in einem Versuch mit N_2 nur 7 Collembolen, in einem Versuch mit CO_2 nur 18 Collembolen). Die Zuverlässigkeit der Resultate litt zweifellos darunter. Die aufgrund dieser Versuche erhaltenen Ergebnisse wurden schliesslich auf die Bodenarthropoden verallgemeinert, inbegriffen die phytophagen Arten.

Trotz diesen Einwänden unterzogen wir die Hypothese einer Nachprüfung mit unseren eigenen Versuchstieren. Zur Erzeugung abnehmender O_2 -Gradienten verwendeten wir wie MOURSI Stickstoff und ferner das Edelgas Argon. Diese Gase wurden in denjenigen Mengen verwendet, die sich für CO_2 als attraktiv erwiesen hatten. In keinem der zahlreichen Versuche mit *Sinella coeca* konnten wir eine Ansammlung durch Stickstoff oder Argon hervorrufen. Auch der pflanzenparasitische Nematode, *Ditylenchus dipsaci*, reagierte nie positiv auf einen durch N_2 erzeugten abnehmenden O_2 -Gradienten, wie wir bereits früher berichtet haben. Die Larven des phytophagen Rüsselkäfers, *Otiorrhynchus sulcatus*, setzten wir einem Diffusionsgradienten aus, bei welchem sowohl O_2 wie CO_2 gegen die Gasquelle hin anstiegen. Nach MOURSI's Hypothese hätten sie auf das zunehmende O_2 negativ reagieren müssen. Tatsächlich suchten sie jedoch diese Gasquelle auf, was nur als positive Reaktion auf die CO_2 -Zunahme gedeutet werden kann (82,9% positive Resultate mit 76 Versuchstieren; dieses Ergebnis entspricht jenem, das mit einer «normalen» Versuchsanlage, d. h. zunehmender CO_2 - und abnehmender O_2 -Konzentration, erzielt wurde: 82,1% positive Resultate mit 118 Versuchstieren). Zu diesen Versuchen mit *D. dipsaci* und *O. sulcatus* siehe auch KLINGLER, 1965.

Die zitierte Hypothese und deren Verallgemeinerung muss aufgrund der vorliegenden Befunde für die von uns untersuchten phytophagen und sapro-

phagen Bodentiere abgelehnt werden. KÜHNELT (1970) selbst, an dessen Institut die Arbeit von MOURSI ausgeführt wurde, erwähnt denn auch in seinem Lehrbuch «Grundriss der Ökologie» wohl die Orientierung nach CO_2 -Gradienten, nicht aber MOURSIS Hypothese. In bezug auf diese Hypothese verweisen wir ferner auf die neue Arbeit von DOANE et al. (1975, siehe Literatur).

Die Mitarbeit von Herrn P. Kunz wird bestens verdankt.

Literatur

- BADER, C., 1972. Vortrag anlässlich der Tagung der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft in Luzern.
- BOVAY, E., und ZUBER, R., 1969. *Über die Wirkung luftverunreinigender Stoffe auf die Pflanzen*. Schweiz. Landw. Monatshefte, 47: 502–507.
- BRAUNS, A., 1968. *Praktische Bodenbiologie*. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag.
- DOANE, J. F., LEE, Y. W., KLINGLER, J., and WESTCOTT, N. D., 1975. *The orientation response of Ctenicera destructor (Brown) and other wireworms (Coleoptera: Elateridae) to germinating grain and to carbon dioxide*. Can. Ent., in press.
- GARBER, K., 1969. *Auswirkungen von Luftverunreinigungen auf Pflanzen*. Chemie und Technik in der Landwirtschaft, 20: 270–271.
- GISIN, H., 1960. *Collembolenfauna Europas*. Genève, Muséum d'Histoire Naturelle.
- KLINGLER, J., 1958. *Die Bedeutung der Kohlendioxid-Ausscheidung der Wurzeln für die Orientierung der Larven von Otiorrhynchus sulcatus F. und anderer bodenbewohnender phytophager Insektenarten*. Mitt. Schweiz. entom. Ges., 31: 205–269.
- 1959. *Anziehung von Collembolen und Nematoden durch CO_2 -Quellen*. Mitt. Schweiz. entom. Ges., 32: 311–316.
- 1963. *Die Orientierung von Ditylenchus dipsaci (Nematoda) in gemessenen künstlichen und biologischen CO_2 -Gradienten*. Nematologica, 9: 185–199.
- 1965. *On the orientation of Plant Nematodes and of some other soil animals*. Nematologica, 11: 4–18.
- KÜHNELT, W., 1970. *Grundriss der Ökologie*. Jena, VEB Gustav Fischer Verlag.
- MOURSI, A. A., 1962 a. *The lethal doses of CO_2 , N_2 , NH_3 and H_2S for Soil Arthropoda*. Pedobiologia, 2: 9–14.
- 1962 b. *The attractiveness of CO_2 and N_2 to Soil Arthropoda*. Pedobiologia, 1: 299–302.
- PALISSA, A., 1964. *Bodenzoologie*. Berlin, Akademie-Verlag.
- TROLLDENIER, G., 1971. *Bodenbiologie*. Stuttgart, Franckh'sche Verlagshandlung.