

# **Zum Sauerstoffverbrauch von *Polyzonium germanicum* BRANDT (Diplopoda, Colobognatha) in Abhängigkeit von der Temperatur**

Rudolf WEGENSTEINER

WEGENSTEINER R., 1990: Der Sauerstoffverbrauch von *Polyzonium germanicum* wurde bei 10°, 15°, 20° und 30° mit Mikrorespirometern gemessen. Der höchste Sauerstoffverbrauchswert wurde bei 20°C registriert, signifikante Unterschiede konnten jedoch nur zwischen den Werten bei 10° bzw. 15°, gegenüber denen bei 30°C errechnet werden; bei 10° und 15°C wurde ein vergleichsweise geringer Verbrauch beobachtet. Der bei den Individuen ermittelte Gewichtsverlust zu Versuchsende wurde mit steigender Temperaturstufe signifikant größer. Bei den 4 Temperaturstufen konnte, bezogen auf den gesamten Beobachtungszeitraum, eine unterschiedliche Periodik in der Atmungsaktivität der Tiere beobachtet werden. Bei 30°C waren 50 % der Versuchstiere bereits zu Versuchsende tot, der Rest starb innerhalb einer Woche; bei den anderen Temperaturstufen überlebten alle Tiere.

Die Zusammenhänge zwischen Standortparametern und den Sauerstoffverbrauchswerten in Hinblick auf den kritischen Bereich von 20°C werden diskutiert.

WEGENSTEINER R., 1990: Respiration rate in *Polyzonium germanicum* BRANDT (Diplopoda, Colobognatha) as a function of temperature.

The respiration rate of *Polyzonium germanicum* was measured by microrespirometers at 10°, 15°, 20° and 30°C. The highest oxygen consumption was recorded at 20°C, with comparatively low rates at 10° and 15°C. Significant differences were determined only between the respiration rates at 10° and 15°C as opposed to 30°C. Weight loss at the end of experiments increased as a function of temperatures. Relative to the observation period differing periodicities in respiration were observed at the 4 temperatures. All individuals died within a week at 30°C; 50% were already dead at the end of the experiments. No mortalities were recorded at the other test-temperatures.

Relationships are discussed between habitat parameters and respiration in regard to the critical range of 20°C.

Keywords: *Polyzonium germanicum*, Respiration.

## **Einleitung**

*Polyzonium germanicum* ist eine insgesamt noch relativ wenig untersuchte, hochspezialisierte Diplopodenart, die aufgrund der Bevorzugung feucht-kühler Habitate (oft im Bereich von Mooren) eine geringe ökologische Valenz aufweist (WEGENSTEINER 1982, 1983). Ihre Seltenheit und hohe Stenökie bringt es mit sich, daß bisher außerordentlich wenige Daten zur Ökophysiologie von *P. germanicum* vorliegen.

Im Zusammenhang mit physiologischen Fragestellungen sind neben anderen besonders die Untersuchungen über den Sauerstoffverbrauch von besonderer Bedeutung. Bei Insekten und Arachniden, aber auch für einige Myriapodenarten wurden eine Reihe derartiger Untersuchungen bereits durchgeführt (DWARAKANATH & JOB 1965, GROMYSZ-KALKOWSKA & STOJALOWSKA 1966, BYZOVA 1967, DWARAKANATH 1971, GROMYSZ-KALKOWSKA 1970, WOOTEN & CRAWFORD 1974, MILLER 1974, KEISTER & BUCK 1974, RIDDLE 1976, SCHATZ 1981, MILLER 1981).

Ziel der vorliegenden Untersuchung war die Erfassung der Respirationsrate von *P. germanicum* als einem besonders spezialisierten und in Extrembiotopen auftretenden Vertreter europäischer Diplopoden.

## Material und Methode

Das Tiermaterial stammt aus dem Randgehänge des Vorderen Rotmooses (Lunz, NÖ), in etwa 1125 m Seehöhe gelegen. Da die Haltung der Tiere im Labor äußerst schwierig ist, wurden für die Versuche immer frisch gesammelte Individuen verwendet; die kurzfristige Haltung im Labor erfolgte bei ca. 18°C in Substrat aus dem Lebensraum.

Unmittelbar vor und nach der Respiration wurden die Tiere auf einer Mikrowaage gewogen (Mettler ME 22; Meßgenauigkeit:  $10^{-4}$ mg). Der Sauerstoffverbrauch und der Verlauf der Atmungsaktivität wurden in einem selbstregistrierenden volumetrischen Mikrorespirometer nach SCHOLANDER gemessen (PRUSCHA, FEHRINGER & KREN 1984) und mit einem Linienschreiber aufgezeichnet (Normacord - Norma). Die Probleme bei der Standardisierung derartiger Sauerstoffverbrauchsmessungen sind auch von Untersuchungen an anderen, sehr kleinen Arthropoden bezüglich untersuchungstechnischer sowie apparativer Schwierigkeiten bekannt (KITTEL 1941, ZEUTHEN 1953, ZINKLER 1966).

Um das während des Beobachtungszeitraumes durch die Atmung entstehende CO<sub>2</sub> zu binden, wurden KOH-getränkte Filterplättchen (20 % KOH) in die Rezipienten eingelegt. Der Sauerstoffverbrauch wurde bei 10°, 15°, 20° und 30°C getestet - zu diesem Zweck wurden die Rezipienten in einem Wasserbad temperiert (Einhängethermostate: Thermomix bzw. Umlaufthermostat: Lauda); dabei stellte sich in den Reaktionsgefäßen temperaturbedingt jeweils eine relative Feuchte von 80,4%, 87,2%, 93,5% und 97% ein. Vor dem effektiven Versuchsbeginn wurden die Tiere ca. 30 min. auf die jeweiligen Bedingungen in den Rezipienten adaptiert. Nach dem Versuchsende wurden die Tiere wieder in Behälter mit Substrat aus dem natürlichen Lebensraum zurückgesetzt (Raumtemperatur ca. 18°C) und mindestens eine Woche lang auf ihr Überleben kontrolliert.

Die statistische Auswertung der Unterschiede im Sauerstoffverbrauch bzw. im Gewichtsverlust bei den einzelnen Temperaturstufen erfolgte mittels eines U-Tests nach MANN & WHITNEY, die Korrelationen zwischen Gewichtsverlust und Sauerstoffverbrauch mittels des Rangsummentests nach SPEARMAN (Signifikanzbestimmung nach FERGUSON) und die Überprüfung des Verlaufes der Atmungsaktivität mit einer Varianzanalyse nach KRUSKAL & WALLIS (SACHS 1969).

## Ergebnisse

Die für die Relativierung des Sauerstoffverbrauches wichtigen durchschnittlichen Frischgewichte der Individuen (FG) unterschieden sich bei keinem der Versuchsansätze ( $p > 0,1$ ) (Tab. 1); im Gegensatz dazu waren die zu Versuchsende ermittelten Gewichtsverluste (GV) (bezogen auf die Frischgewichte) in Abhängigkeit von der ansteigenden Temperaturstufe stets signifikant größer ( $p < 0,01$ ); die höchste durchschnittliche Gewichtsabnahme trat bei 30°C auf, bei dieser Temperatur war jedoch auch die Streuung der einzelnen Gewichtsverluste am größten (Abb. 2; Tab. 1). Die Gewichtsabnahmen waren bei allen Temperaturstufen linear von der Höhe der Frischgewichte abhängig (10°C:  $r = 0,79$ ;  $p < 0,01$ ; 15°C:  $r = 0,57$ ;  $p < 0,01$ ; 20°C:  $r = 0,48$ ;  $p < 0,05$ ; 30°C:  $r = 0,52$ ;  $p < 0,01$ ).

|     |   | FG   | GV   | nl O <sub>2</sub> /<br>mg FG | VD | nl O <sub>2</sub> /<br>Std. | nl O <sub>2</sub> /<br>mgFG/Std. | ES/<br>Std. | ES  | n  |
|-----|---|------|------|------------------------------|----|-----------------------------|----------------------------------|-------------|-----|----|
| 10° | M | 5.23 | 0.05 | 4297.28                      | 13 | 1415.36                     | 346.59                           | 11          | 144 | 30 |
|     | S | 3.03 | 0.05 | 2853.09                      |    | 679.07                      | 234.50                           |             | 75  |    |
| 15° | M | 4.99 | 0.06 | 4881.97                      | 13 | 1618.12                     | 381.38                           | 14          | 176 | 30 |
|     | S | 2.77 | 0.03 | 3202.51                      |    | 907.25                      | 244.29                           |             | 105 |    |
| 20° | M | 4.41 | 0.10 | 4651.89                      | 9  | 1686.56                     | 506.54                           | 14          | 129 | 30 |
|     | S | 2.60 | 0.06 | 3937.73                      |    | 682.31                      | 381.00                           |             | 76  |    |
| 30° | M | 4.30 | 0.18 | 3494.85                      | 8  | 1788.06                     | 472.13                           | 14          | 114 | 29 |
|     | S | 2.52 | 0.13 | 1254.26                      |    | 698.37                      | 190.31                           |             | 95  |    |

Tab. 1: Mittelwerte (M) und Streuung (S) von: Frischgewicht (FG in mg), Gewichtsverlust (GV in mg), Sauerstoffverbrauch pro mg Frischgewicht (nl O<sub>2</sub>/mg FG), Versuchsdauer (VD in Stunden), Sauerstoffverbrauch pro Stunde (nl O<sub>2</sub>/Std.), Sauerstoffverbrauch pro mg Frischgewicht pro Stunde (nl O<sub>2</sub>/mg FG/Std.), Einschaltungen pro Stunde (ES/Std.), Gesamtsummen der Einschaltungen (ES) und Anzahl der Versuchstiere (n) - von *P. germanicum* bei vier Temperaturstufen (10°, 15°, 20° und 30°C).

*P. germanicum* verbrauchte bei 10° und 15°C signifikant weniger Sauerstoff (nl O<sub>2</sub>/mg FG/Std.) als bei 30°C (10°:  $p < 0,01$  und 15°:  $p < 0,05$ ), zwischen allen anderen Temperaturstufen konnte kein signifikanter Unterschied ermittelt werden. Bei 20°C war die Streuung der Meßwerte so groß, daß die vergleichende Signifikanzüberprüfung negativ verlief ( $p < 0,1$  bis  $p > 0,1$ ) (Tab. 1; Abb. 1). Die Untersuchung eines enger abgestuften Temperaturgradienten war aus technischen Gründen nicht möglich.

Die durchschnittliche Versuchsdauer in Stunden (VD) bis zum Erreichen des registrierten Endwertes dauerte bei 10° und 15° signifikant länger als bei den beiden anderen Temperaturstufen ( $p < 0,01$ ) (Tab. 1); bei 30°C war nach einer vergleichsweise kurzen Expositionszeit oft das gesamte Luft-Nachstellvolumen der Rezipienten verbraucht.

Der mittlere Sauerstoffverbrauch, bezogen auf die Frischgewichte (nl O<sub>2</sub>/mg FG), war bei 15°C am größten und nur geringfügig niedriger bei 20°C (gleichzeitig trat bei dieser Temperatur die größte Streuung auf). Bei 30°C wurden die niedrigsten Verbrauchsraten bei geringster Streuung beobachtet, trotzdem konnte zwischen den Werten der 4 Temperaturstufen kein signifikanter Unterschied ermittelt werden. Die gewichtsbezogenen Sauerstoffverbrauchsraten korrelierten mit der Versuchsdauer bei 20° ( $r_s = 0,57$ ;  $p < 0,01$ ) und 30°C ( $r_s = 0,32$ ;  $p < 0,05$ ) (Tab. 1).

Der höchste Sauerstoffverbrauchswert pro Stunde (nl O<sub>2</sub>/Std.) trat erwartungsgemäß bei 30°C auf, der niedrigste bei 10°C; signifikante Unterschiede konnten nur zwischen den Werten dieser beiden Temperaturstufen errechnet werden ( $p < 0,05$ ). Der Sauerstoffverbrauch pro Stunde war bei 30°C einerseits mit dem Gewichtsverlust korreliert ( $r = 0,41$ ;  $p < 0,05$ ), andererseits konnte bei dieser Temperaturstufe eine lineare Abhängigkeit zu der Größe der Frischgewichte ermittelt werden ( $r = 0,84$ ;  $p < 0,01$ ) (Tab. 1).

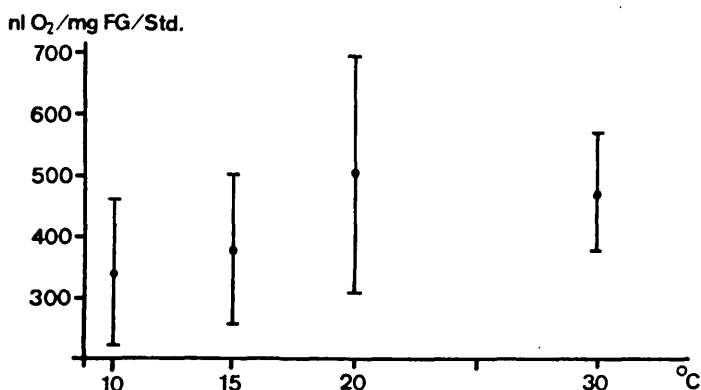


Abb. 1: Sauerstoffverbrauchs-Mittelwerte (nl O<sub>2</sub>/ Std./mg FG)(und Streuung) von *P. germanicum* bei 10°, 15°, 20° und 30°C.

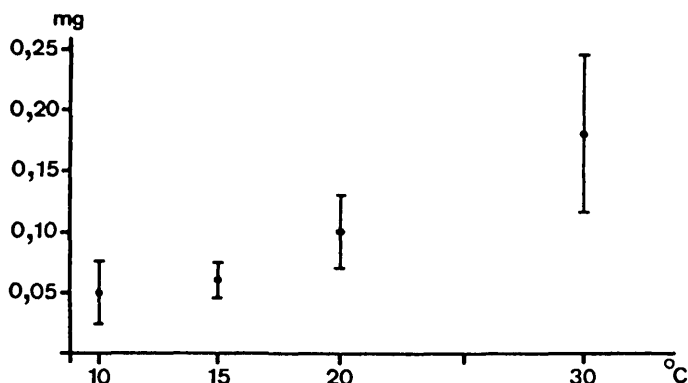


Abb. 2: Gewichtsverlust-Mittelwerte zu Versuchsende (in mg)(und Streuung) von *P. germanicum* bei 10°, 15°, 20° und 30°C.

Die durchschnittliche Anzahl der Schreiber-Einschaltungen pro Stunde (ES/Std.) bezogen auf die gesamte Versuchsdauer war bei den vier Temperaturstufen überraschenderweise nicht unterschiedlich, obwohl bei 10°C weniger Einschaltungen registriert worden waren als bei den 3 anderen Temperaturstufen (Tab. 1).

Bei den Summen der Einschaltungen über die gesamte Laufzeit (ES) zeigte sich beim 30°C-Versuch die geringste Zahl an Einschaltmarken, wobei die Unterschiede zwischen den 10°- bzw. 15°C- gegenüber der 30°C-Variante signifikant waren ( $p < 0,05$ )(Tab. 1). Gerätebedingte Unterschiede bei der Nachstellung des verbrauchten Sauerstoffs, die zum Teil zwischen den einzelnen Meßeinheiten auftraten, konnten mit der vorliegenden Registrierung nicht exakt erfaßt werden; dadurch ist eine Aussage über die Periodik im Sauerstoffverbrauch (bezogen auf den jeweils gesamten Beobachtungszeitraum) nur bedingt möglich.

Bei 10°C waren in der ersten Stunde die signifikant meisten Einschaltungen zu beobachten ( $p < 0,01$ ); danach sanken sie bis zur neunten Stunde langsam ab, ohne sich allerdings von denen der

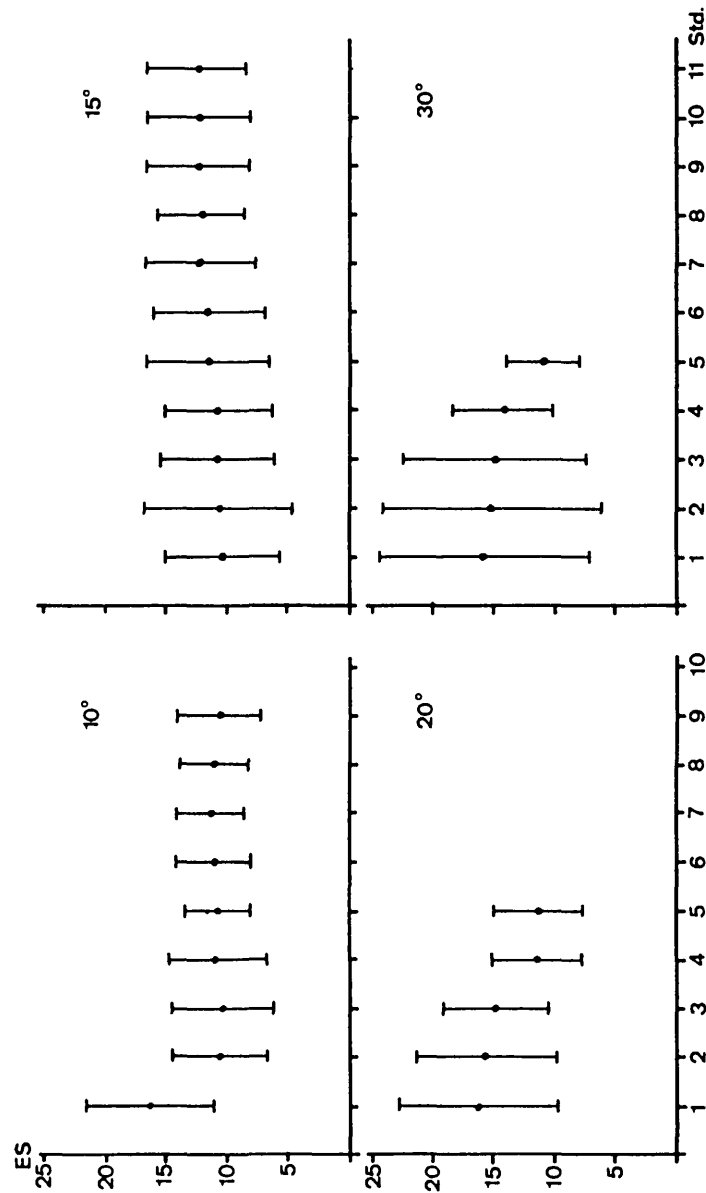


Abb. 3: Mittlere Anzahl an Einschaltungen pro Stunde (ES/Std.) bei 10°, 15°, 20° und 30°C in Abhängigkeit von der Versuchsdauer in Stunden (Std.).

zweiten Versuchsstunde signifikant zu unterscheiden (Abb. 3). Bei 15°C war die Einschalthäufigkeit innerhalb der ersten sechs Stunden etwa gleich, erst danach konnte ein signifikanter Anstieg beobachtet werden ( $p < 0,05$ ); bis zur elften Stunde traten danach keine signifikanten Änderungen auf (Abb. 3).

Bei 20°C konnten, trotz der zu Beginn sehr hohen und in der Folge kontinuierlich absinkenden Einschaltzahlen, innerhalb der ersten fünf Stunden keine signifikanten Unterschiede beobachtet werden (Abb. 3).

Bei 30°C traten ebenfalls bis zur fünften Stunde niemals signifikant weniger Einschaltungen als zu Versuchsbeginn auf, obwohl die Einschaltzahlen ab dem Versuchsstart, beginnend auf einem sehr hohen Niveau, stündlich abnahmen (Abb. 3). Das Nachstellvolumen der Rezipienten war zu Versuchsende bei der Mehrzahl der Meßeinheiten gänzlich erschöpft.

Die Versuchsbedingungen bei den vier Temperaturstufen hatten aber auch unterschiedliche Auswirkungen auf die Vitalität der Versuchstiere zu Versuchsende. Bei 30°C waren zu Versuchsende bereits 50 % der Individuen tot, die restlichen starben in den unmittelbar darauffolgenden Tagen aufgrund irreversibler Schädigungen, wogegen bei allen anderen Temperaturstufen auch noch eine Woche nach Ende der Versuche alle Tiere lebten.

### Diskussion

*P. germanicum* muß aufgrund seiner Habitatbeschreibung nicht nur als sehr feuchteliebende sondern auch, da sie in der Bodenstreu und im Humus stets auch entsprechend relativ niedere Temperaturen vorfindet, als sehr stenöke Art bezeichnet werden (HAASE 1885, VERHOEFF 1907, BRADE-BIRKS 1920, SCHUBART 1925, 1934, BROHMER, EHRMANN & ULMER 1934, ATTEMS 1949, SCHMÖLZER-FALKENBERG 1975, STRIGANOVA 1975, DAVID & COURET 1985). Darüber hinaus war in vorangegangenen ökophysiologischen Arbeiten eine geringe ökologische Valenz bereits bestätigt worden (WEGENSTEINER 1982, 1983). Entsprechend dieser geringen Valenz war unter standortskonformen Temperaturen eine niedrige, bei Temperaturerhöhung ein steiler Anstieg der Stoffwechselrate zu erwarten. Dies bestätigte sich sowohl bezüglich des Gewichtsverlustes als auch des Sauerstoffverbrauchs der Tiere.

Übereinstimmend mit Versuchen von WEGENSTEINER (1982) traten bei der vorliegenden Untersuchung aufgrund der hohen relativen Feuchtwerte nur geringe Gewichtsverluste auf. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von 1982 starben jedoch die Tiere bei den vorliegenden Versuchen bei 30°C. Eine mögliche Erklärung dafür könnte die gänzlich fehlende Luftzirkulation in den Rezipienten darstellen. Der Sauerstoffverbrauch ( $\text{nl O}_2/\text{mg FG/Std.}$ ) bei den vier Temperaturstufen verhielt sich ähnlich wie der Gewichtsverlust: nur geringe Verbrauchswerte bei standortskonformen Temperaturen (10° und 15°C), sehr hohe dagegen vor allem bei 20°C und etwas niedrigere bei 30°C. Der höchste Sauerstoffverbrauchswert und die breite Streuung bei 20°C weisen darauf hin, daß dieser Temperaturbereich eine kritische Schwelle darstellt. Offensichtlich ist bei dieser Temperaturstufe der kritische Bereich erreicht, bei dem die individuelle Potenz der Tiere, in Abhängigkeit von der aktuellen Fitness darüber entscheidet, wie sich die Individuen mit der vorgegebenen Temperatur auseinandersetzen können.

BYZOVA (1967) und MacKAY (1982) weisen schon auf die Bedeutung der Adaptation einer Art auf die Bedingungen im natürlichen Lebensraum hin und davon abhängig auf den temperatur-

abhängigen Verlauf der Respiration. Der Adaptation von *P. germanicum* an den natürlichen Lebensraum kommt, bestätigt durch die vorliegenden Ergebnisse, eine ganz besondere Bedeutung zu; bei den lokalen Gegebenheiten handelt es sich um eine vergleichsweise kühle Stelle (SAUBERER & TRAPP 1938), die vor allem durch die im Bereich von Mooren häufig auftretenden, besonders tiefen Temperaturen beeinflusst wird (DIMITZ 1949, SCHMEIDL 1962, 1965). Wie WEGENSTEINER (1983) berichtet, treten an diesem Standort auch unter günstigsten Voraussetzungen in etwa 5 cm Bodentiefe maximal 14°C auf (bei gleichzeitig stark gedämpften Temperaturgängen mit zunehmender Bodentiefe), direkt an der Bodenoberfläche bis maximal 18°C. Die aktuelle Adaptationstemperatur der Tiere (bezogen auf die Zeit zwischen Aufsammlung und Versuchsdurchführung) lag ebenfalls bei ca. 18°C.

Die artspezifischen Möglichkeiten der respiratorischen Regulation innerhalb eines bestimmten Optimal-Temperaturbereiches (BULLOCK 1955) erklärt die geringen O<sub>2</sub>-Verbrauchsunterschiede bei 10° und 15°C. Daß dagegen ein Überschreiten der Vorzugstemperatur um 5°C bereits deutliche Auswirkungen auf die Respirationsrate haben kann, zeigen die Untersuchungen von WOOTEN & CRAWFORD (1974) an ariden Diplopodenarten.

Vertikalwanderungen im Substrat ermöglichen *P. germanicum* zusätzlich das Aufsuchen einer optimal temperierten Zone und damit das Ausweichen vor allem vor zu hohen Temperaturen, wozu 20°C aufgrund der vorliegenden Ergebnisse in Übereinstimmung mit den natürlichen Gegebenheiten bereits zählt. Die gleiche Temperaturschwelle beschreibt ZINKLER (1966) für verschiedene edaphische Kleinarthropoden.

Der im Vergleich zu 10° und 15°C ebenfalls sehr hohe Sauerstoffverbrauch bei 30°C, bei gleichzeitig geringster Streuung zeigt dagegen, daß eine aktive Regulierung der Respirationsrate bei dieser deutlich im Pessimum liegenden Temperaturstufe für die Tiere unmöglich ist; dies wird auch durch das Absterben der Tiere bei 30°C bestätigt. GROMYSZ-KALKOWSKA (1970) beobachtete für den tropischen Diplopoden *Orthomorpha gracilis* bei 34°C ein ähnliches Absinken der Respirationsrate. Durch das Fehlen einer engeren Abstufung des Temperaturgradienten über 20°C ist jedoch eine exakte Aussage über den Sauerstoffverbrauch im pejorativen Temperaturbereich nicht möglich.

Der Volumsausgleich in den Rezipienten, ausgelöst durch den Sauerstoffverbrauch der Tiere (registriert als Einschaltmarken am Schreiber), als Maß für den Verlauf der Atmungsaktivität, zeigt unter standortskonformen Temperaturen (10° und 15°C) einen deutlich anderen Verlauf als bei den beiden höheren (20° und 30°C). Die Anfangsspitze bei 10°C kann mit einer stärkeren Aktivität der Tiere zu Versuchsbeginn erklärt werden; diese Temperatur entspricht zwar weitgehend den natürlichen Bedingungen, durch das deutliche Unterschreiten der aktuellen Adaptationstemperatur wird offensichtlich kurzfristig eine verstärkte Aktivität induziert. Ähnliches berichten GROMYSZ-KALKOWSKA & STOJALOWSKA (1966) von *O. gracilis*. Der in der Folge relativ gleichmäßige Verlauf auf einem zahlenmäßig niederen Niveau entspricht dagegen, wie auch bei 15°C über die gesamte Beobachtungsperiode (hier sogar mit steigender Tendenz) am ehesten den natürlichen Temperaturansprüchen dieser Art bzw. denen der aktuellen Adaptation.

Einen ähnlichen Verlauf der Atmungsaktivität beobachtete auch BYZOVA (1967) an verschiedenen anderen Diplopodenarten. Das Absinken der Einschaltzahlen bei 20° und 30°C von einem sehr hohen Niveau zu Beginn nach 3 bis 4 Stunden auf etwa die Höhe der beiden niedrigen Temperaturstufen bestätigt in beiden Fällen, bedingt durch das Überschreiten der aktuellen und der

natürlichen Adaptationstemperatur, die Schwierigkeit der Tiere unter diesen Bedingungen die Respiration aktiv zu beeinflussen.

Die Sauerstoffverbrauchswerte von *P. germanicum* erwiesen sich gegenüber denen von anderen Diplopodenarten als meist deutlich höher (GROMYSZ-KALKOWSKA & STOJALOWSKA 1966, 1983, BYZOVA 1967, GROMYSZ-KALKOWSKA 1970, DWARAKANATH 1971, WOOTEN & CRAWFORD 1974, HORNING 1981). Der Grund dafür liegt darin, daß Tiere aus warmen Klimaten generell niedrigere Respirationsraten aufweisen als solche aus kühlen (Zit. in: GROMYSZ-KALKOWSKA 1970, BLOCK 1981). Im Vergleich zu Chilopoden lagen die Respirationswerte von *P. germanicum* ebenfalls immer höher (RIDDLE 1976, MISPAGEL 1981, SCHATZ 1981); dies könnte an den höheren O<sub>2</sub>-Verbrauchswerten von im Substrat lebenden Tieren (bei denen dies gleichzeitig auch als Futter dient) gegenüber freilebenden bzw. räuberischen Arten liegen (Zit. in: GROMYSZ-KALKOWSKA & STOJALOWSKA 1983).

KEISTER & BUCK (1974) stellen die Sinnhaftigkeit des Vergleiches von Respirationsraten zwischen verschiedenen Arten, sowohl innerhalb der gleichen vor allem aber mit denen anderer Ordnungen sehr in Zweifel, da die temperaturbedingten Reaktionen artspezifisch und lebensraumspezifisch sind. In Anlehnung an diese Überlegungen wird auf eine Bezugnahme zu anderen Arthropoden in der vorliegenden Arbeit verzichtet.

### Dank

Die Untersuchungen wurden gefördert durch ein Forschungsstipendium des Österreichischen Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung - Wien (GZ 61 622/168-14/81). Weiters danke ich Frau Univ.DoZ. Dr. B. HELFERT, Institut für Zoologie, Universität für Bodenkultur - Wien für die Möglichkeit der Benützung der Respirometer.

### Literatur

- ATTEMS C., 1949: Die Myriapodenfauna der Ostalpen. Sitz. Ber. Öst. Akad. Wiss., Mathem.-naturwiss. Kl., Abt. I, 158 (1 u. 2), 79 - 153. Springer, Wien.
- BLOCK W., 1981: Terrestrial arthropods and low temperature. Cryobiology 18, 436 - 444.
- BRADDE-BIRKS S.G., 1920: Notes on Myriapoda. XXI. Colobognatha. Ann.Mag.Nat.Hist., Vol. V., 9. Ser., 198 - 200.
- BROHMER P.; EHRMANN P. & ULMER G., 1934: Die Tierwelt Mitteleuropas. II.Bd., 3. Lief. Quelle & Meyer, Leipzig.
- BULLOCK T., 1955: Compensation for temperature in the metabolism and activity of poikilotherms. Biol. Rev. 30, 311 - 342.
- BYZOVA J.B., 1967: Respiratory metabolism in some millipedes (Diplopoda). Rev. Ecol. Biol. Soc. IV (4), 611 - 624.
- DAVID J.F. & COURET T., 1985: Le cycle du Diplopode *Polyzoniium germanicum* BRANDT, 1831 (Polyzoniidae). Rev. Ecol. Sol. 22 (3), 367 - 380.
- DIMITZ L. 1949: Hüttenminimum oder Erdbodenminimum? Wetter und Leben 4, 321 - 326.



- DWARAKANATH S.K. & JOB S.V., 1965: Studies on transpiration in millipedes. I. *Spirostreptus ashenus* Poc., from a tropical jungle near Madurai. Proc. Indian Academy of Science, Vol. 61, Sect. B, No. 3, 142 - 146.
- DWARAKANATH S.K., 1971: Effect of temperature on the oxygen consumption in a tropical millipede, *Harpurostreptus* sp. . Proc. Indian Academy of Science 73, Sect. B, No.1, 4 - 7.
- GROMYSZ-KALKOWSKA K. & STOJALOWSKA W., 1966: Respiratory metabolism in *Orthomorpha gracilis* C.L. KOCH (Diplopoda) as a function of temperature and body size. Folia Biologica 14 (4), 379 - 389.
- GROMYSZ-KALKOWSKA K., 1970: The influence of body weight, external temperature, seasons of the year and fasting on respiratory metabolism in *Polydesmus complanatus* L. (Diplopoda). Folia Biologica 18 (4), 311 - 326.
- GROMYSZ-KALKOWSKA K. & STOJALOWSKA W., 1983: Effect of temperature on respiration metabolism of two starved species of millipedes (Diplopoda). Ann. Univ. Mariae Curie-Sklodowska Lublin, Sect. C, 38 (15), 183 - 191.
- HAASE E., 1885: Schlesiens Diplopoden. 2. Hälfte. *Polyzonium*: 42 - 45. Z. Entomologie, Breslau.
- HORNUNG E.H., 1981: Data on the oxygen consumption of Isopoda and Diplopoda species. Acta Biol. Szeged. 27 (1 - 4), 209 - 213.
- KEISTER M. & BUCK J., 1974: Respiration: some exogenous and endogenous effects on rate of respiration. In: Physiology of Insecta, M. ROCKSTEIN (Ed.), Academic Press.
- KITTEL A., 1941: Körpergröße, Körperzeiten und Energiebilanz. II. Der Sauerstoffverbrauch der Insekten in Abhängigkeit von der Körpergröße. Z. vergl. Physiol. 28, 533 - 562.
- MacKAY W.P., 1982: An altitudinal comparison of oxygen consumption rates in three species of *Pogonomyrmex* harvester ants (Hymenoptera: Formicidae). Physiol. Zool. 55 (4), 367 - 377.
- MILLER P.L., 1974: Respiration - aerial gas transport. In: Physiology of Insecta, M. ROCKSTEIN (Ed.), Academic Press.
- MILLER P.L., 1981: Respiration. In: The American Cockroach, W.J. BELL & K.G. ADIYODI (Eds.), Chapman & Hall, London/New York.
- MISPAGEL M.E., 1981: Relation of oxygen consumption to size and temperature in desert arthropods. Ecol. Entomol. 6, 423 - 431.
- PRUSCHA H.; FEHRINGER F. & KREN R., 1984: Ein selbständig registrierendes, volumetrisches Mikrorespirometer. Sitz. Ber. Österr. Akad. Wiss., Mathem.-natw. Kl., Abt. I, 193, 1 - 5.
- RIDDLE W.A., 1976: Respiratory metabolism of the centipede *Nadabius coloradensis* (Cockerell): influence of temperature, seasons and starvation. Comp. Biochem. Physiol. 55 A, 147 - 151.
- SACHS L., 1969: Statistische Auswertungsmethoden. 2. Aufl., Springer.
- SAUBERER F. & TRAPP E., 1938: Temperatur- und Feuchtigkeitsmessungen in Bergwäldern. Ctrbl. ges. Forstw. 67, 1 - 32.
- SCHATZ H., 1981: Abundanz, Biomasse und Respirationsrate der Arthropoden-Mesofauna im Hochgebirge (Obergurgl, Tiroler Zentralalpen). Pedobiologia 22, 52 - 70.

- SCHMEIDL H., 1962: Kleinklimatische Vergleiche in Mooregebieten. *Wetter und Leben* 14, 77 - 82.
- SCHMEIDL H., 1965: Oberflächentemperaturen in Hochmooren. *Wetter und Leben* 17, 87 - 96.
- SCHMÖLZER-FALKENBERG U., 1975: Diplopoda. *Catalogus Faunae Austriae*. Teil XI b. Springer, Wien.
- SCHUBART O., 1925: Die Diplopodenfauna Schleswig-Holsteins. *Zool. Jb., System.* 49, 537 - 610.
- SCHUBART O., 1934: Tausendfüßer oder Myriapoda. I.: Diplopoda. In: *Die Tierwelt Deutschlands* (28. Teil) von F. DAHL. 300 - 304.
- STRIGANOVA B.R., 1975: Dispersion patterns of diplopods and their activity in the litter decomposition in the Carpathian foothills. *Progress in Soil Zoology, Proc. 5th Int. Coll. Soil Zool.* - Prague 1973, 167 - 173.
- VERHOEFF K.W., 1907: Über Diplopoden. Tausendfüßler aus Brandenburg und andere Formen aus Ostdeutschland und Österreich-Ungarn. *Mitt. Zool. Mus. Berlin* 3, 261 - 337.
- WEGENSTEINER R., 1982: Zusammenhänge zwischen der ökologischen Potenz von *Polyzonium germanicum* BRANDT (Diplopoda, Colobognatha) und Standortparametern im Vorderen Rotmoos (Lunz, NÖ). *Zool. Jb. Syst.* 109, 309 - 327.
- WEGENSTEINER R., 1983: Erfassung mikroklimatischer Parameter im Randgehänge des Vorderen Rotmooses (Lunz am See, Niederösterreich). *Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich* 121, 45 - 56.
- WOOTEN R.C.jr. & CRAWFORD C.S., 1974: Respiratory metabolism of the desert millipede *Orthoporus ornatus* (Girard) (Diplopoda). *Oecologia* 17, 179 - 186.
- ZEUTHEN E., 1953: Oxygen uptake as related to body size in organisms. *Quart. Rev. Biol.* 28, 1 - 12.
- ZINKLER D., 1966: Vergleichende Untersuchungen zur Atmungsphysiologie von Collembolen (Apterygota) und anderen Bodenkleinarthropoden. *Z. vergl. Physiol.* 52, 99 - 144.

Manuskript eingelangt: 1990 01 29

Anschrift des Verfassers: Dr. Rudolf WEGENSTEINER, Institut für Forstentomologie und Forstschutz, Universität für Bodenkultur Wien, Hasenauerstraße 38, A-1190 Wien, Österreich.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Früher: Verh. des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien. seit 2014 "Acta ZooBot Austria"](#)

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: [127](#)

Autor(en)/Author(s): Wegensteiner Rudolf

Artikel/Article: [Zum Sauerstoffverbrauch von Polyzonium germanicum BRANDT \(Diplopoda, Colobognatha\) in Abhängigkeit von der Temperatur 51-60](#)