

Die Wirkung kurzzeitiger thermaler Belastung auf Stoffhaushalt und Ciliatenbesiedlung aquatischer Modellökosysteme

Johanna Moltmann

Water basins, which were filled with synthetic fresh water and inoculated with bacteria and protozoa from an eutrophic pond, were used as laboratory ecosystems. The addition of pepton initiated the self-purification, which was observed by counting the ciliates and determining chemical parameters. During various stages of the self-purification the water was heated to 30, 35, 40, 45 and 47°C. The results show the upper tolerances of short heating for various ciliates, which lie a little higher than the maxima of constantly high temperature. The self-purification was disturbed by a single heat-shock of 40°C. These laboratory experiments can be compared with the addition of cooling water to waters with organic pollution.

1. Einleitung

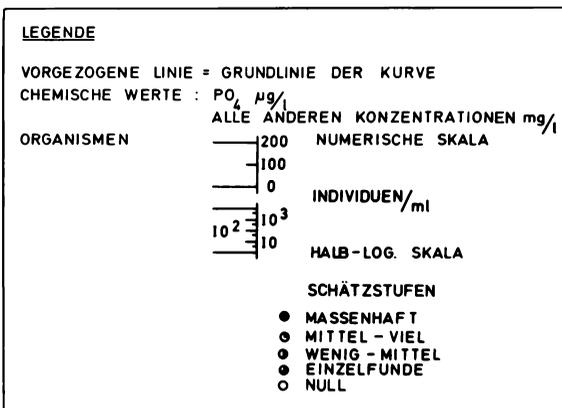
In Aquarien mit beimpftem, künstlichen Süßwasser wurde das Verhalten der Selbstreinigung nach kurzen Erhitzungen verglichen. Als repräsentative Organismengruppe der Konsumentenstufe dienten die Ciliaten, da sie wertvolle Indikatoren des Stoffwechselgeschehens und der Bakterienbesiedlung sind. Das Ergebnis der Untersuchungen des Stoffhaushalts und der Ciliatenbesiedlung ergab eine Störung des Selbstreinigungsverlaufs nach Erwärmen auf 40°C.

2. Methode

Dem mit Teichwasser beimpften, künstlichen Süßwasser (BICK 1967) wurden als Modell für fäkal verunreinigtes Wasser 200 mg/l Pepton zugegeben. 30 l fassende Aquarien wurden im 12-Stunden-Rhythmus belichtet, aber nicht künstlich belüftet. Die Basistemperatur von 20°C wurde zu bestimmten Zeiten von Temperaturerhöhungen unterbrochen, die mit dem Tauchsieder vorgenommen wurden. Da die Höchsttemperatur in 30-60 min. erreicht wurde, erlaubte diese Methode den Ciliaten keine Anpassung und grenzte die vorliegenden Versuche von Arbeiten mit hoher Dauertemperatur ab (MÜNCH 1970, VIEHL 1940).

3. Ergebnisse

Die Selbstreinigung zeigte im Verlauf der Ciliatenpopulation und auch der chemischen Parameter stets drei Phasen: I. Peptonabbauphase, II. biogene Belüftungsphase, III. Nitrifikationsphase. Anhand temperaturabhängiger Abweichungen parallel zum Kontrollbecken untersuchter Becken wird im Folgenden der Einfluß des Temperaturschocks auf den Selbstreinigungsverlauf beschrieben.



Legende zu den folgenden
Abbildungen 1 - 8.

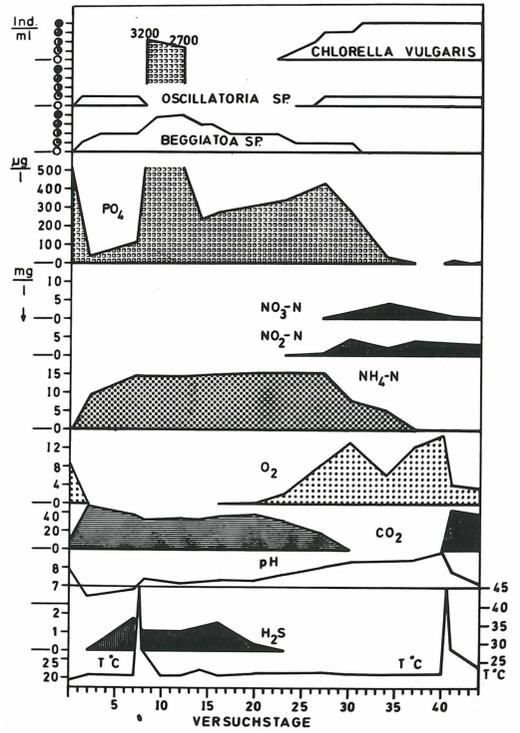
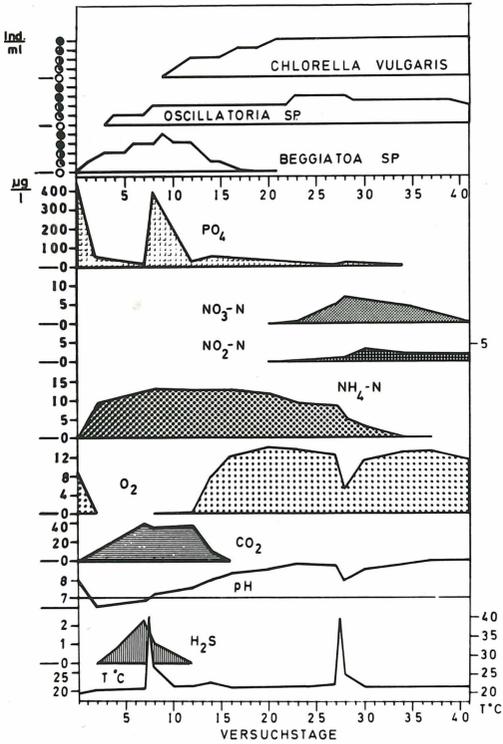
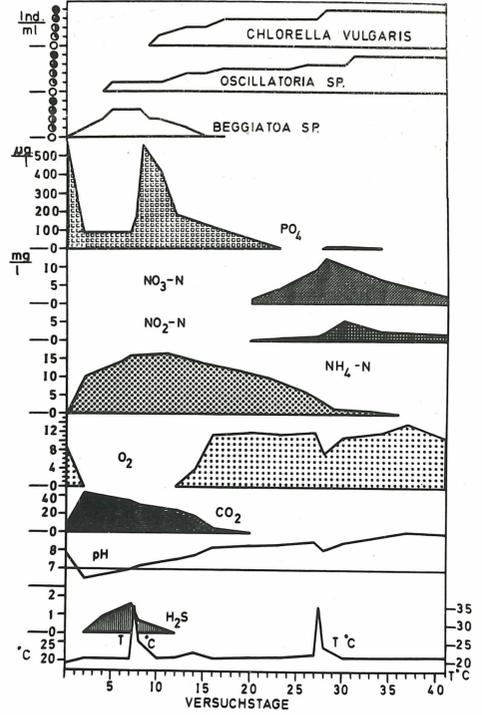
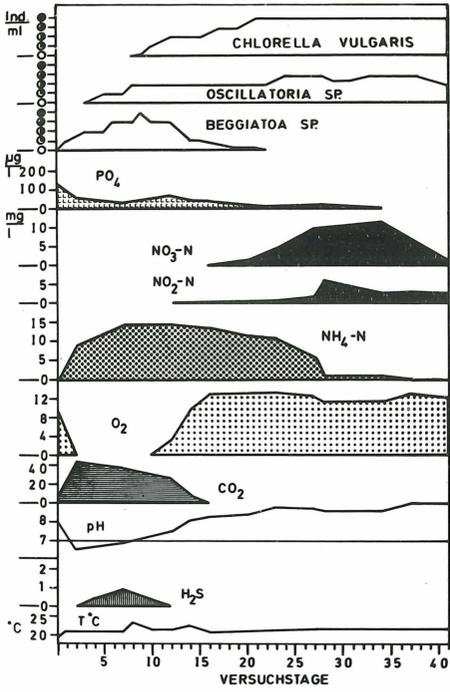


Abb. 1 - 4: Stoffhaushalt ohne Temperaturstöße (1), nach zweimaligen Temperaturerhöhungen auf 35°C (2), 40°C (3) und 45°C (4). Näheres im Text.

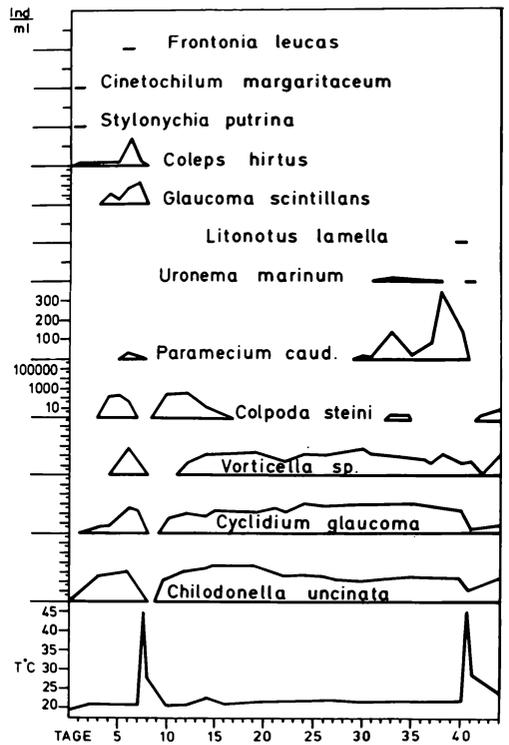
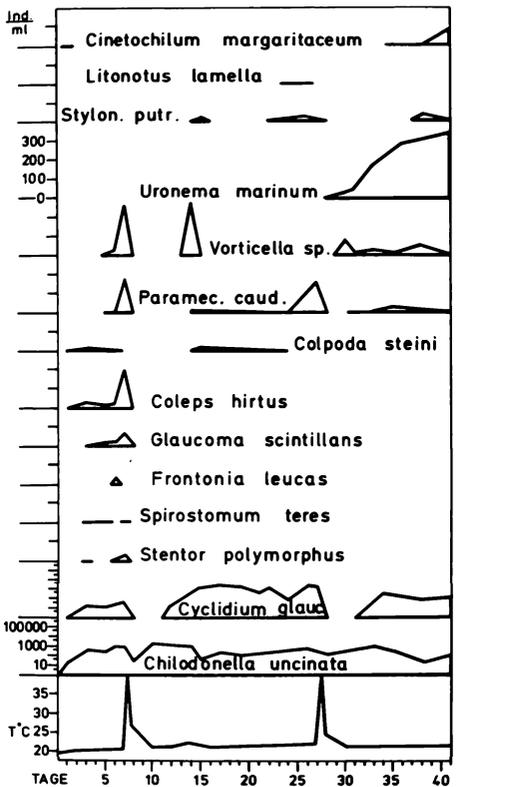
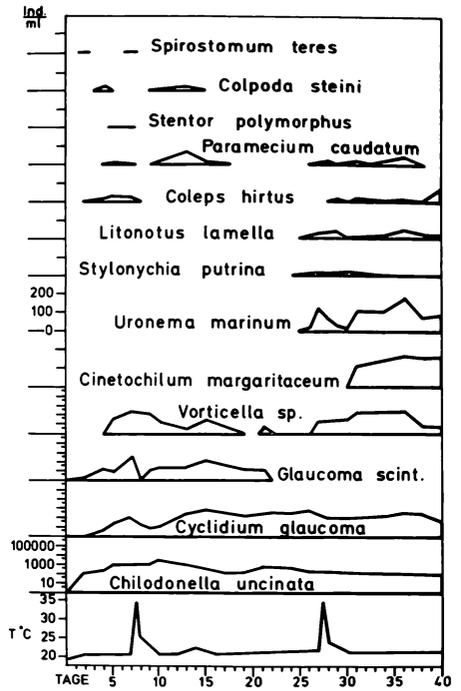
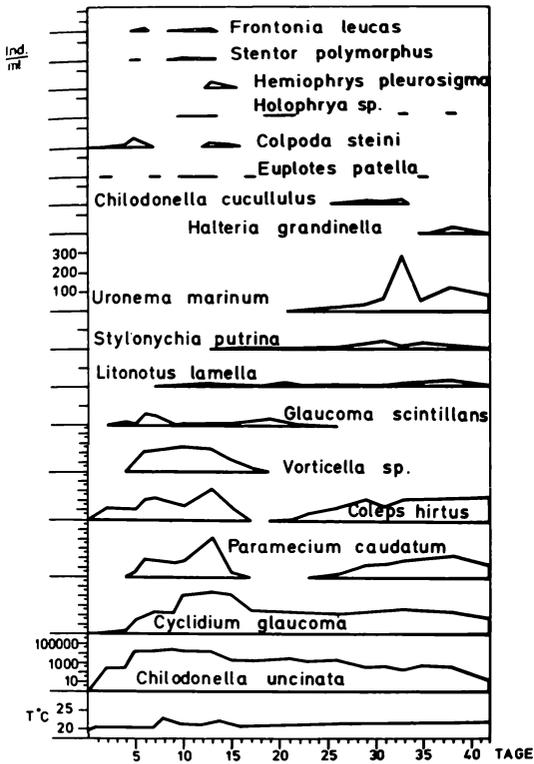


Abb. 5 - 8: Entwicklung der Ciliatenpopulationen ohne Temperaturstöße (5), nach zweimaligen Temperaturerhöhungen auf 35°C (6), 40°C (7) und 45°C (8).

3.1 Stoffhaushalt

In der ersten Versuchsphase findet statt die Saprophytenvermehrung, die sich in der O₂- und der CO₂-Kurve niederschlug, und die Hydrolyse des Peptons, welche mit dem NH₄- und H₂S-Maximum am 8. Versuchstag abgeschlossen war (Abb. 1). Als äußeres Kennzeichen dieser anaeroben Phase bildete sich eine Kahlhaut aus *Beggiatoa*, welche mehreren Ciliatenarten als Lebensraum diente. Die fädige Blaualge *Oscillatoria* sp. und die protococcale Grünalge *Chlorella vulgaris* sorgten als die wichtigsten phototrophen Organismen in der zweiten Versuchsphase für die Wiederbelüftung. In der dritten Versuchsphase fand die Nitrifikation statt. Die Nitritbildung begann bereits 3 Tage nach der ersten Sauerstoffmessung, die wenig später von der Endoxydation zu NO₃ gefolgt wurde. Mit dem Nitratmaximum war das Ziel der Selbstreinigung im Kontrollbecken am 34. Versuchstag erreicht.

Es wurde geprüft, inwieweit der geschilderte Selbstreinigungsverlauf durch Temperaturschocks beeinflusst wurde. Als Zeitpunkte für die Temperaturerhöhungen wurden der Beginn der Abbau- und der Nitrifikationsphase gewählt, da zu diesen Zeiten hohe bakterielle Aktivität herrschte, die durch Temperaturerhöhungen beeinflusst werden konnte. Die durch Algen geprägte Belüftungs-Phase zeigte dagegen keine direkte Reaktion auf Temperaturschocks.

Im Becken mit zweimaliger Erwärmung auf 35°C (Abb. 2) war die Selbstreinigung schneller beendet als im Kontrollbecken, von dem der Stoffhaushalt im übrigen nur durch die Phosphatkurve abwich. Die normalerweise zu Versuchsbeginn gemessene PO₄-Konzentration von etwa 500 mg/l war innerhalb der ersten beiden Tage weitgehend verbraucht. Nach der ersten Erwärmung war die gesamte Ausgangsmenge PO₄ wieder meßbar, während die zweite Erwärmung fast kein PO₄ freisetzte. RÜHLE (1964) gibt als Erklärung dieser Erscheinung an, daß Bakterien PO₄ zunächst nur lose adsorbieren. In den 20 Tagen zwischen den Erwärmungen hatten Bakterien und Algen jedoch Zeit, das Phosphat vollständig zu assimilieren.

Im Becken mit Erwärmung auf 40°C (Abb. 3) lief zwar die Selbstreinigung noch schneller ab, die Nitrifikation wurde jedoch gehemmt. Das Nitratmaximum lag nämlich deutlich unter dem des Kontrollbeckens.

Die Erwärmung auf 45°C (Abb. 4) schädigte die Selbstreinigung so, daß die verzögerte Peptonabbauphase den gesamten Selbstreinigungsverlauf verlängerte und das Nitratmaximum nur den halben Wert des Kontrollbeckens erreichte.

In einer der Versuchsserien herrschte eine Wasserblüte von *Chlorella vulgaris*, die sich schon von Versuchsbeginn an vermehrte und die Ausbildung einer anaeroben Phase verhinderte. Weitere Kennzeichen der Serie waren späte Nitritbildung und völlig ausbleibende Nitratbildung. *Nitrobacter* war wahrscheinlich als sehr empfindliche Art durch Bakterio- statika (PRATT u. FONG 1940, FOGG 1962) von *Chlorella* vergiftet worden. Durch diese Vergiftung oder infolge von Nahrungsmangel starben auch die Ciliaten bis zum 17. Versuchstag aus. Die Nitritbildung wurde dagegen nur verzögert, da *Nitrosomonas* mit *Chlorella vulgaris* um PO₄ und CO₂ konkurrierte. Die Nitritmaxima der Parallelbecken zeigten temperaturabhängige Unterschiede. Der höchste Wert trat in dem auf 40°C erwärmten Becken auf. Dieser Befund entspricht der von BRAUNE u. UHLMANN (1968) gefundenen Optimaltemperatur für *Nitrosomonas* von 36°C, da das Maximum eines Temperaturschocks nur kurz erhalten bleibt und somit einer etwas niedrigeren Dauertemperatur entspricht.

3.2 Ciliatenpopulation

Die Gesamtheit der Ciliatenkurven zeigte ebenfalls die Gliederung in die drei Phasen der Selbstreinigung. Ciliatenmaxima traten in der ersten und dritten Phase auf, in welchen hohe Bakteriendichten vorkamen. Die dazwischenliegende Belüftungsphase enthielt dagegen nur eine schwache Ciliatenbesiedlung.

Nach der Reaktion auf die Veränderungen des Stoffhaushalts (Abb. 5) konnten die Ciliatenarten in vier Gruppen zusammengefaßt werden:

I. Ciliaten mit durchgehend hoher Population (*Chilodonella uncinata*, *Cyclidium glaucoma*).

II. Bakterienfressende Ciliatenarten, die nicht die Belüftungsphase besiedelten (*Paramecium caudatum*, *Coleps hirtus*).

III. Ciliaten, die an die Lebensbedingungen der Abbauphase angepaßt sind, z.B. Sauerstoffarmut oder Kahlhaut (*Frontonia leucas*, *Stentor polymorphus*, *Hemiophrys pleurosigma*, *Colpoda steini*, *Euplotes patella*, *Glaucoma scintillans*).

IV. Ciliaten, die sich erst in der Nitrifikationsphase vermehrten, z.B. wegen hohen Sauerstoffbedarfs oder Empfindlichkeit gegen NH₃ (*Chilodonella cucullulus*, *Halteria grandinella*, *Uronema marinum*, *Stylonychia putrina*, *Litonotus lamella*).

Das auf 35°C erwärmte Becken (Abb. 6) zeigte eine geringfügig dezimierte Ciliatenpopulation. Wegen der mechanischen Zerstörung der Kahlhaut durch das Umrühren während des Erwärmungsvorgangs starben zwei Arten aus (*Spirostomum teres*, *Stentor polymorphus*); vier Arten wurden stark vermindert (*Coleps hirtus*, *Colpoda steini*, *Glaucoma scintillans*, *Paramecium caudatum*), erholten sich aber wieder. Insgesamt war also eine vorübergehende, temperaturabhängige Schädigung der Ciliaten zu beobachten. Bemerkenswert ist die höhere

Empfindlichkeit von *Coleps hirtus* und *Paramecium caudatum* bei der ersten Erwärmung gegenüber der zweiten. Hier wirkte also nicht die absolute Temperatur begrenzend, sondern die nach dem van't Hoff'schen Gesetz verstärkte Sauerstoffarmut zu Versuchsbeginn. Die Erwärmung auf 35°C, die in einer anderen Versuchsserie regelmäßig alle 5 Tage vorgenommen wurde, zeigte eine geringe, kurzzeitige Verminderung der Ciliatenpopulation, die sich jedoch mit steigender Zahl der Erwärmungen abschwächte.

Der Temperaturschock von 40°C (Abb. 7) vernichtete nicht nur die Kahlhautbewohner (*Frontonia leucas*, *Spirostomum teres*, *Stentor polymorphus*), sondern auch *Coleps hirtus* und *Glaucocoma scintillans*. Er schädigte fast alle vorkommenden Arten, auch wenn sich einige später wieder vermehrten (*Colpoda steini*, *Paramecium caudatum*). Die Cysten der spät auftretenden Arten (*Cinetochilum margaritaceum*, *Litonotus lamella*, *Stylonychia putrina*, *Uronema marinum*) wurden nicht beeinträchtigt.

Nach Erhitzung auf 45°C (Abb. 8) waren zunächst keine Ciliaten mehr zu beobachten. Einige Arten bauten aus Cysten neue Populationen auf (*Chilodonella uncinata*, *Cyclidium glaucocoma*, *Colpoda steini*, *Paramecium caudatum*). *Stylonychia putrina* und *Cinetochilum margaritaceum*, die nachweislich mit dem Impfmateriale ins Becken gelangt waren, wurden sogar als Cysten abgetötet.

Welchen Freilandverhältnissen entspricht nun eine schockartige Temperaturerhöhung? Sie ist das Modell für den periodischen Einlaß von Kühlwasser in einen Vorfluter, wo sich eine mehrere Kilometer lange Warmwasserfahne bildet. In diesem Fließabschnitt unterliegt sowohl der Bodenschlamm als auch die Kontaktzone im Freiwasserraum einem Temperaturschock. Im abbauaktiven Schlamm würde nach meinen Ergebnissen die Selbstreinigung bis 40°C beschleunigt, darüber gestört. Die rasche Wiedererholung der Ciliaten erlaubt Kühlwassereinlaß im Abstand von wenigen Tagen. Eine Temperaturerhöhung bleibt jedoch ein bedeutender Eingriff in das Ökosystem. Daher muß im einzelnen Fall die Reaktion der gesamten Lebensgemeinschaft geprüft werden, da nur durch sie der Erhalt des Gleichgewichts gewährleistet werden kann.

4. Zusammenfassung

Glasaquarien, die mit künstlichem Süßwasser gefüllt und mit Bakterien und Einzellern aus einem eutrophen Weiher beimpft waren, stellten die Modellgewässer dar. Durch die Zugabe von Pepton wurde die Selbstreinigung initiiert, die dann 6-8 Wochen lang beobachtet wurde. Dabei wurden die Organismen, insbesondere die Ciliaten, gezählt und die Parameter des Stoffhaushalts regelmäßig gemessen. Während verschiedener Stadien des Selbstreinigungsverlaufs wurden die Becken der drei Versuchsserien auf Temperaturen zwischen 30° und 47°C erwärmt. Die Ergebnisse zeigen die obere Verträglichkeitsgrenze kurzzeitiger Erwärmungen für die Ciliaten, die etwas höher liegen als die oberste Toleranz von Dauertemperaturen. Der Selbstreinigungsverlauf wurde von einer einmaligen Temperaturerhöhung ab 40° gestört. Diese Laborversuche können im Freiland auf Kühlwassereinleitungen in mit organischem Material verunreinigte Vorfluter übertragen werden.

Literatur

- BICK H., 1967: Vergleichende Untersuchung der Ciliatensukzession beim Abbau von Pepton und Cellulose (Modellversuche). *Hydrobiologia* 30: 353-373.
- , KUNZE S., 1971: Eine Zusammenstellung von autökologischen und saprobiologischen Befunden an Süßwasserciliaten. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* 56: 337-384.
- BRAUNE W., UHLMANN R., 1968: Studien zum Einfluß der Temperatur auf Ammonifikation und Nitrifikation im Flußwasser. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* 53: 453-468.
- FOGG G., 1962: Nitrogen Fixation / Extracellular Products. In (A. LEWIN: *Physiology and Biochemistry of Algae*): 161-168 / 475-492.
- PRAT R., FONG J., 1940: Studies on *Chlorella vulgaris*. II. Further evidence, that *Chlorella* cells form a growth inhibiting substance. *Am. J. Botany* 27: 431-436.
- RHEINHEIMER G., 1965: Der Einfluß der Temperatur auf das Bakterienleben in den Gewässern. *Naturw. Rundsch.* 12.
- RÜHLE E., 1964: Untersuchungen über die Selbstreinigung von städtischem und industriellem Abwasser unter besonderer Beachtung des Nährstoffumsetzungen. *Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig, Math.-Nat. R.* 13: 68-87.

Adresse

Dipl.-Biol. Johanna Moltmann
Institut für landw. Zoologie
Melbweg 42
D-5300 Bonn

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1978

Band/Volume: [7_1978](#)

Autor(en)/Author(s): Moltmann J. F.

Artikel/Article: [Die Wirkung kurzzeitiger thermaler Belastung auf Stoffhaushalt und Ciliatenbesiedlung aquatischer Modellökosysteme 311-315](#)