

Mitteilungen

des

Internationalen Entomologischen Vereins e.V.

Frankfurt a. M. · gegr. 1884

Band 17

Nr. 4

30. Dezember 1992

Atmungsbiologie von Wasserinsekten

Hannes GÜNTHER

Zusammenfassung: Wasserinsekten haben zahlreiche Strategien entwickelt, die ihre Sauerstoffversorgung unter Wasser gewährleisten. Viele Arten nehmen eine Gasblase als sogenannte physikalische Kieme mit unter Wasser, diese muß periodisch an der Wasseroberfläche erneuert werden. Die Wanze *Aphelocheirus aestivalis* ist das bekannteste Insekt unserer heimischen Fauna mit einer 'Plastronatmung', die es den Tieren ermöglicht, ständig unter Wasser zu leben ohne jemals auftauchen zu müssen. Die strukturellen und physikalischen Grundlagen der Plastronatmung werden anhand eigener rasterelektronischer Aufnahmen dargestellt und die Theorien dazu erläutert und kritisch diskutiert.

Abstract: Aquatic insects have developed numerous strategies to secure their oxygen supply. Only a small number of them doesn't depend from atmospheric oxygen but has developed the so called plastron respiration which enables them to live at the bottom of the water without ever being forced to renew their air bubble or physical gill at the surface. In this review the structural and physical bases of this ability are pointed out together with new pictures taken by scanning-electron-microscopy. Theories of plastron respiration are discussed.

Physikalische Grundlagen der Atmung unter Wasser

Bei der Besiedlung des Lebensraums Wasser hatten Insekten und Spinnen vorhandene Strukturen in vielfältiger Weise an die Bedingungen einer aquatischen Lebensweise anzupassen. Besonders deutlich wird das an den morphologischen Strukturen, den physikalischen Abläufen und spezifischen Verhaltensweisen, die Wasserinsekten im Dienst der Atmung entwickelt haben.

Bei den wasserlebenden Larven von Insekten aus vielen Ordnungen diffundiert der im Wasser physikalisch gelöste Sauerstoff direkt in die Hämolymphe der Tiere. Die physikalische Lösung eines Gases wie Sauerstoff enthält die neutralen Gasmoleküle in den Lücken des Raummoleküls. Deswegen löst kaltes Wasser mehr Sauerstoff als warmes - im Gegensatz zu der echten Lösung eines Salzes, weil beim Erwärmen die Raumstruktur der polymeren Verbindung Wasser zusammenbricht. Bei 20°C enthalten 100 ml Wasser etwa 0,3 ml Sauerstoff. Da die meisten wasserlebenden Insekten ihren Lebensraum zumindest periodisch verlassen und auch noch gute Flieger sind, kommt die Aufnahme des Sauerstoffs über Kiemen nicht in Frage. Durch die Kutikula ist eine ausreichende Diffusion der Atemgase nicht mehr möglich. Deswegen müssen die meisten Insekten die zum Atmen benötigte Luft von der Oberfläche mit unter Wasser nehmen. Dort wird sie unter den Flügeldecken oder zwischen den Beinen mit besonderen Haaren festgehalten. Andere besorgen sich die Atemluft mit Hilfe eines Atemrohres, das sie durch die Wasseroberfläche wie einen Schnorchel in die Luft schieben können (Abb. 1a,1b,1c,1d). Die Aufnahme des Sauerstoffs in das Tracheensystem erfolgt bei diesen Tieren durch Stigmen, die denen bei landlebenden Insekten noch sehr ähnlich sind. Es stellt sich die Frage, warum Insekten mit solch einer "physikalischen Kieme" überhaupt ihren Luftvorrat erneuern müssen und wieso der Sauerstoff nicht im gleichen Ausmaß, mit dem er verbraucht wird, aus seiner Lösung im Wasser in die Luftblase - die physikalische Kieme - nachdiffundiert. In der Atemblase befinden sich die Gase Sauerstoff und Stickstoff im gleichen Volumenverhältnis wie in der Atmosphäre. Ihre Partialdrucke p stehen demnach ebenfalls im gleichen Verhältnis zueinander wie in der Atmosphäre. Auch im Wasser sind Sauerstoff und Stickstoff in

etwa dem gleichen Verhältnis gelöst wie es ihrem Verhältnis in der Atmosphäre entspricht, und ebenso ist das Verhältnis ihrer Partialdrucke dasselbe wie in der Luft. Wird nun Sauerstoff durch die Atmung verbraucht, sinkt der pO_2 in der physikalischen Kieme, es diffundiert Sauerstoff nach. Da aber auch der Stickstoffanteil in der Luftblase jetzt relativ höher ist als in der Luft und damit der pN_2 höher als der des im Wasser gelösten Stickstoffs, diffundiert N_2 aus der Blase in das umgebende Wasser. Das Volumen der Blase wird fortwährend kleiner, bis eine ausreichende Sauerstoffversorgung des Tracheensystems nicht mehr möglich ist, wenn nicht die Gasblase an der Wasseroberfläche erneuert werden kann.

Plastronatmung

In das bisher entworfene Bild der Atmungsphysiologie von Wasserinsekten lassen sich einige Vertreter von Käfer- und Wanzenfamilien nicht einordnen. Von Käferarten aus der Unterordnung Myxophaga (HINTON 1969a, 1969b) und der Familie Elmidae (THORPE & CRISP, 1947) sowie von Wanzen aus der Familie der Aphelocheiridae ist bekannt, daß sie zeitlebens auf dem Gewässergrund leben und niemals zum "Luftholen" an die Oberfläche kommen. Dieses Phänomen, heute nach BROCHER (1912) als Plastronatmung bezeichnet, ist vor allem von THORPE (1950) und THORPE & CRISP (1946, 1947), später von HINTON (1970, 1976) sowie von HECKMAN et al. (1983) untersucht worden. Der Begriff 'Plastron' hat allerdings seither einen Bedeutungswandel erfahren, da ursprünglich im Sinn von SCHAUFUSS (1916) darunter eher die Eigenschaften der oben beschriebenen physikalischen Kieme verstanden worden waren.

Material und Methode

Getrocknete und präparierte Exemplare von *Aphelocheirus aestivalis*, *Sigara lateralis* (Heteroptera, Corixidae) und *Halosalda lateralis* (Heteroptera, Saldidae) wurden mit Wasser und Alkohol gewaschen und nach dem Trocknen mit Gold bedampft. Die raster-

elektronischen Aufnahmen hat Herr Wolfgang BOOTZ mit dem ZEISS DSM 940 Digital-Scanning-Elektronenmikroskop angefertigt. Für seine technische Hilfe, sein Interesse an den Aufnahmen und seine kritischen Diskussionsbeiträge danke ich ihm sehr herzlich. Der Firma Boehringer Ingelheim KG und Herrn Dr. WEISSE danke ich für die Möglichkeit, im elektronenmikroskopischen Labor arbeiten zu dürfen.

Ergebnisse

Im Aquarium gehaltene oder frisch präparierte *Aphelocheirus* (Abb. 1a) zeigen eine schwache Opaleszenz, die auf das Vorliegen von physikalischen Farben hindeutet. Im Lichtmikroskop erkennt man schon bei rund 1000-facher Vergrößerung einen kutikularen Besatz mit 2 bis 4 μm langen Fortsätzen (Abb. 2). Im Rasterelektronenmikroskop werden diese Strukturen, die sich bei *Aphelocheirus* auf Dorsal- und Ventralseite befinden, als leicht gekrümmte bis winklig gebogene cilienartige Fortsätze deutlich (Abb. 3, 4, 5). Zwei bis drei Millionen solcher Fortsätze finden sich auf einem mm^2 (HINTON, 1976). Sehr ähnlich sind die kutikularen Strukturen bei *Aphelocheirus australicus*, die LANSBURY (1991) abbildet. HINTON (1969a, b, 1976) gibt eine Übersicht von Plastronstrukturen verschiedener Käfer und Wanzen, die weitaus vielgestaltiger sein können als diejenigen von *Aphelocheirus* (Abb. 6, 7, 8). Bei Wasserwanzen, die mit einer physikalischen Kieme atmen, finden sich keine Plastronstrukturen oder ihr Vorkommen ist auf kleine Körperabschnitte begrenzt (Abb. 9).

Plastron-Haare - englisch 'hydrofuge hairs', was soviel bedeutet wie wasserabweisend - sind offensichtlich in der Lage, einen Luftfilm auf der Körperoberfläche der Tiere festzuhalten. THORPE & CRISP (1946) wiesen experimentell nach, daß zwischen 3,5 und 5 bar Druck nötig sind, um die Plastronschicht zusammenbrechen zu lassen. Sie übt ihre Funktion auch aus, wenn Tiere an der Luft bis zum Abtrocknen gehalten werden und danach wieder ins Wasser gebracht werden. Auch bei präparierten Tieren erkennt man beim Untertauchen an der Opaleszenz das Vorhandensein der Luftschicht. Das durch die Plastronhaare fixierte Volumen der

Lufthülle kann - im Gegensatz zu den Verhältnissen bei einer physikalischen Kieme - bei Sauerstoffverbrauch nicht kleiner werden, denn dazu müßte ja Wasser zwischen die Plastron-Strukturen eindringen, und dem wirkt die Oberflächenspannung des Wassers entgegen. Es kann also hier der Stickstoff nicht entsprechend den Partialdruckunterschieden in das Wasser, sondern der Sauerstoff muß aus dem Wasser in das Plastron hineindiffundieren. Die wirksame Kraft ist also die Oberflächenspannung des Wassers, wobei dem Stickstoff die eigentliche volumenerhaltende Funktion zukommt. So paradox es klingt: Mit einer physikalischen Kieme aus reinem Sauerstoff in einer Sauerstoffatmosphäre und in sauerstoffgesättigtem Wasser wäre Atmung unter Wasser nicht möglich, da der Sauerstoff in der Blase stets in gleicher Konzentration wie im umgebenden Wasser vorliegen würde und somit kein Sauerstoff aus dem Wasser in das Plastron nachdiffundieren könnte, da ja kein Partialdruck- oder Konzentrationsunterschied vorhanden wäre. THORPE & CRISP (1947) beschreiben Experimente die EGE 1918 mit Ruderwanzen (Corixidae) und Rückenschwimmern (Notonectidae) durchgeführt hat: Rückenschwimmer, die in Sauerstoffatmosphäre gehalten wurden und dann in sauerstoffgesättigtes Wasser - wie oben beschrieben - gebracht wurden, überlebten nur etwa 35 Minuten, wenn ihnen der Kontakt zur Wasseroberfläche versperrt war. Unter den gleichen Umständen, aber mit atmosphärischer Luft, überlebten die Tiere 7 Stunden, also mehr als das Zehnfache der Zeit wie im reinen Sauerstoff.

Kutikularschanke, Stigmen, Tracheensystem

Aphelocheirus verfügt über ein wohlentwickeltes Tracheensystem (Abb. 10) und segmental angeordnete Strukturen auf den Sterniten, die nach ihrer Lage und dem Verlauf der Tracheenäste als Stigmen anzusprechen sind. Sie sind von einem lufteerfüllten Kanalsystem, einer Rosette, umgeben, das sternförmig auf ein Zentrum hin angeordnet ist (Abb. 11). THORPE & CRISP (1947) haben in Serienschnitten den Feinbau des Verlaufs der Stigmen durch die Kutikula rekonstruiert und so die Funktionsweise deutlich gemacht. Das Zentrum der Rosette ist durch kutikuläre Vorsprünge

so abgedeckt, daß eine Art Vorhof entsteht, dessen Öffnung nach außen aber kaum zu erkennen ist (Abb. 12). Die Rosettenkanäle verlaufen in der Kutikula. Ihre distalen Enden haben Öffnungen zur Oberfläche. Die Kanäle sind im Lumen mit Plastronhaaren besetzt (Abb. 13), die bis zum Rosettenzentrum hin vorhanden sind, wo die Kanäle in den Stigmenhof münden. Diese besonderen Strukturen vermitteln den Eindruck eines gesteuerten Luftstromes von der Plastron-Oberfläche zu den Stigmen. Die Stigmen des zweiten Abdominalsternits, die neben den Coxen des dritten Beinpaars liegen, weisen in ihrem weiteren Verlauf einen abweichenden Bau auf. Die Kanäle ihrer Rosettensysteme ziehen laterad zu einer Porenplatte (Abb. 14, 15, 16). Deren 10 - 20 μm Durchmesser aufweisenden Poren reichen tief in die Kutikula hinab oder durchziehen sie sogar ganz. THORPE & CRISP (1947) bezeichnen diese Struktur als Drucksinnesorgan und weisen einen ableitenden Nerv zum segmentalen Ganglion nach. Die Stigmen selbst münden nicht in den ableitenden Tracheenast, sondern in einen Luftsack aus trachealem Gewebe (Abb. 17), von dem wiederum ein dünner Tracheenast zum Tracheenstamm weiterführt. Die thorakalen Stigmen und die des 1. Abdominalsegments münden in längliche Gruben, die von außen nur schwer zu erkennen sind. MESSNER et. al. (1981) postulieren direkte Verbindungen zwischen Innen und Außen durch Poren, die von plastronfreien Feldern der Exokutikula ihren Ausgang nehmen sollen. Solche plastronfreien Felder sind in der Tat vorhanden und bilden manchmal ein regelmäßiges Muster (Abb. 18, 19). Von ihnen ausgehende Poren sind nicht zu erkennen. Ein überzeugender Beweis für eine Beteiligung dieser Felder an der Sauerstoffversorgung des Gewebes ist nicht erbracht.

Versuche zur Atmungsphysiologie

In dem oben erwähnten Experiment von EGE mit *Notonecta*, deren Gasblase aus reinem O_2 bestand, verlor das Volumen dieser Blasen schnell an Größe. Die Versuchstiere, denen der Zugang zur Wasseroberfläche versperrt war, wurden immobil. Über ein ähnliches Experiment mit *Aphelocheirus* berichten THORPE &

CRISP (1947). Bestand die Gasschicht des Plastrons aus reinem Sauerstoff, beeinträchtigte das die Tiere überhaupt nicht. Erst wenn das Wasser ausgekocht war, so daß kein Sauerstoff und kein Stickstoff mehr darin gelöst war, wurden die Tiere zunächst sehr aktiv und versuchten, zur Oberfläche zu schwimmen. Verhinderte man das durch ein Drahtnetz, wurden sie schnell asphyktisch und nach 30 bis 45 Minuten immobilisiert. Sie erholten sich jedoch schnell in luftgesättigtem Wasser, sogar noch bis zu zwei Stunden nach Versuchsbeginn. 'Entfernung' der Plastronschicht mit Detergentien (Ethyl-Ammonium-bromid) beeinträchtigte die Tiere nur dann, wenn die Ventralseite behandelt worden war, allein oder mit der Dorsalseite zusammen.

Belüftung des Tracheensystems

Bei gut durchlüftetem Wasser scheint die Diffusion in das Tracheensystem den Sauerstoffbedarf ausreichend zu decken. Nimmt der O₂-Gehalt des Wassers ab, steigert *Aphelocheirus* im Aquarium seine Aktivität bis hin zu Versuchen, aus dem Wasser zu klettern. Muskelaktivität scheint auch bei Plastronatmung die Durchlüftung des Tracheensystems zu fördern. Die besondere Ausbildung des Stigmenapparates des zweiten Ventralsternits könnte der Versorgung des großen Muskels des Metathorakalbeinpaars dienen. Zusätzliche Mechanismen der Tracheenbelüftung scheinen nicht zu existieren oder notwendig zu sein. MESSNER et al. (1981) zitieren die Ansicht von STRIDE (1953), wonach durch die Strömung des vorbeifließenden Wassers in der physikalischen Kieme und entsprechend in der Plastronschicht ein Unterdruck entstehen solle, der den Übertritt von Sauerstoff aus dem Wasser begünstigt oder erst ermöglicht, etwa nach dem Prinzip einer Wasserstrahlpumpe. Diese Hypothese ist allerdings nicht experimentell unterstützt. Die Möglichkeit, *Aphelocheirus aestivalis* im Aquarium zu halten und auch vereinzelt Funde der Art in stehenden Gewässern (ZIMMERMANN mündlich) zeigen aber, daß einem solchen Mechanismus für die Atmung von Plastrontieren keine entscheidende Bedeutung zukommen kann.

Der Lebensraum von *Aphelocheirus*

Aphelocheirus aestivalis kommt fast ausschließlich in Fließgewässern vor. Über die Lebensweise und die seltenen Vorkommen der Art in stehenden Gewässern berichten THORPE (1966) und SAETTEM (1986). In Bächen mit sandigem und kiesigem Untergrund findet man sie fast ausschließlich auf den Stellen mit kiesigem Untergrund. Auch im dichten Bewuchs von Wasserpflanzen in Bächen sind sie schon gefangen worden. Die Sauerstoffsättigung ist in fließendem Wasser besser als in stehenden Gewässern. Ein weiterer wichtiger Aspekt für die Bevorzugung von Fließgewässern ist auch der geringere Gehalt an organischem Material und davon abhängig der geringere Keimgehalt eines sauberen Fließwassers. Bakterien oder Algen setzen sich als Epiphyten auch auf Wasserinsekten fest. Manche Wasserwanzen haben gegen diese Besiedlung ein Abwehrverhalten entwickelt, das von KOVAC & MASCHWITZ (1989, 1990 a, 1990 b, 1990 c, 1991) als Sekretputzen (secretion-grooming) beschrieben worden ist. Wanzen der Familien Naucoridae, Pleidae und Corixidae verlassen das Wasser, um sich mit dem Sekret ihrer Thorakaldrüsen, welches antiseptische Eigenschaften besitzt, einzureiben. Dieser Putzvorgang kann mehrere Stunden dauern. *A. aestivalis* zeigt dieses Verhalten nicht. Die Art scheint aber darauf angewiesen zu sein, die Besiedlung der Plastronschicht mit Bakterien oder Epiphyten in Grenzen zu halten, um die Atmungsfunktion nicht zu gefährden. Einzelne Aufnahmen im Rasterelektronenmikroskop zeigen aber, daß immer wieder besonders die Dorsalseite durch Bakterien und ihre Schleimhülle bedeckt wird (Abb. 20). Dadurch verlieren dann auch einzelne Partien der Dorsalseite ihre Opaleszenz, was auf der Ventralseite fast nie zu beobachten ist.

Plastronstrukturen bei *Gerromorpha*

Eine Insektengruppe, deren Vertreter zwar nicht ständig, aber doch regelmäßig über mehrere Stunden unter Wasser leben, sind die Uferwanzen (Saldidae) der Meeresküsten. Sie werden periodisch von der auflaufenden Flut überschwemmt und verbringen die Zeit bis zum Zurückweichen der Flut festgeklammert an Strandpflanzen oder Algen. BÄHR (1979) hat in seiner Dissertation

die maximal ohne Schädigung der Tiere mögliche Verweildauer unter Wasser bestimmt. Am längsten, nämlich bis knapp über 24 Stunden, kann die die Atlantikküste besiedelnde Art *Aepophilus bonnairei* unter Wasser leben. Damit ist sie dem großen Tidenhub in diesem Lebensraum gut angepaßt. *Aepophilus* verfügt über ein gut ausgebildetes Plastron. *Halosalda lateralis* von der deutschen Wattenmeerküste bringt es nur auf ungefähr vier Stunden. Plastronstrukturen sind bei dieser Art auch ausgebildet, stehen aber nicht so dicht wie bei *Aphelocheirus* und finden sich nur auf der Dorsalseite unter den Flügeldecken, nicht dagegen auf der Ventralseite (Abb. 21, 22). Die Stigmen dieser Art zeigen kaum Unterschiede zu den Stigmen der Landwanzen (Abb. 23, 24).

Ausblick

Kutikulare Strukturen, die denen bei *Aphelocheirus* vorhandenen ähneln, finden sich bei vielen anderen Arten (HECKMAN, 1983). Sie scheinen überall dort vorzukommen, wo Insekten in irgendeiner Beziehung zum Wasser als Lebensraum stehen und wo es wichtig ist, daß nicht benetzbare Oberflächen vorhanden sind. Das kann bei der Atmung der Fall sein, zur Lokomotion und zum Beutefang dienen, funktionelle Kutikulastrukturen vor Benetzung schützen oder dafür sorgen, daß Wasserläufer (*Gerromorpha*) sich auf der Wasseroberfläche bewegen können ohne unterzugehen.

Schriften

- BAHR, A. (1979): Uferwanzen im Gezeitenbereich der Meere. Ökologie und Physiologie der Besiedlung mariner Litorale durch luftlebende, nicht-aquatische Insekten (Saldidae, Heteroptera). - Dissertation, Kiel, 162 S.
- HECKMAN, C. W. (1983): Comparative morphology of arthropod exterior surfaces with the capability of binding a film of air underwater. - Int. Revue ges. Hydrobiol. **68**:715-736.
- HINTON, H. E. (1969a): Plastron respiration in adult beetles of the suborder Myxophaga. - J. Zool. **159**:131-137.
- (1969b): Structure of the plastron of *Hexacylloepus*, with a description of a new species (Coleoptera, Elminthidae). - J. nat. Hist. **3**:125-130.

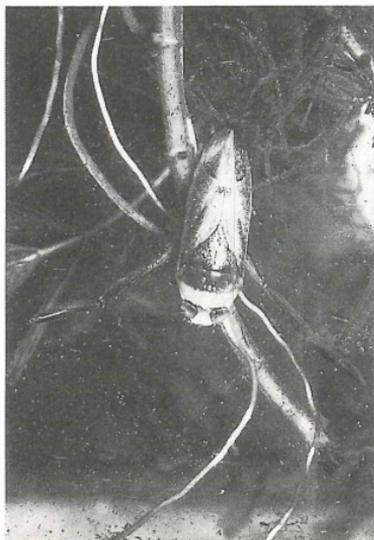
- (1976): Plastron respiration in bugs and beetles. - J. Ins. Physiol. **22**:1529-1550.
- KOVAC, D. & MASCHWITZ, U. (1989): Secretion-grooming in the water bug *Plea minutissima*: a chemical defence against microorganisms interfering with the hydrofuge properties of the respiratory region. - Ecol. Entomol. **14**:403-411.
- , — (1990a): Sekretputzen bei *Plea minutissima* (Heteroptera: Pleidae) (Film). - Verh. dt. zool. Ges. **83**:649-650.
- , — (1990b): Sekretputzen bei *Ilyocoris cimicoides* (Heteroptera, Naucoridae). - Nachr. ent. Ver. Apollo N.F. **11**:155-164.
- , — (1990c): Secretion-grooming in aquatic beetles (Hydradeptera): a chemical protection against contamination of the hydrofuge respiratory region. - Chemoecology **1**:131-138.
- , — (1991): The function of the metathoracic scent gland in corixid bugs (Hemiptera, Corixidae): secretion-grooming on the water surface. - J. nat. hist. **25**:331-340.
- LANSBURY, I. (1991): Naucoridae and Notonectidae (Hemiptera-Heteroptera) of the northern territory, Australia. - The Beagle. Records N. Terr. Mus. Arts & Sciences **8**:103-114.
- MESSNER, B., LUNK, A., GROTH, I., SUBKLEW, H.-J. & TASCHENBERGER, D. (1981): Neue Befunde zum Atmungssystem der Grundwanze *Aphelocheirus aestivalis* FAB. (Heteroptera, Hydrocorisae) I. Imagines. - Zool. Jb. Anat. **105**:474-496.
- SAETTEM, L. M. (1986): The life history of *Aphelocheirus aestivalis* Fabricius (Hemiptera) in Norway. - Arch. Hydrobiol. **106**:245-250.
- STRIDE, G. O. (1953): The respiratory bubble of the aquatic beetle, *Potamodytes tuberosus* Hinton. - Nature **171**:885-886.
- THORPE, W. H. (1950): Plastron respiration in aquatic insects. - Biol. Rev. **25**:344-390.
- (1966): The habitat of *Aphelocheirus aestivalis* (F.) (Hem., Het., Aphelocheiridae). - Entomol. Monthly Mag. **101**:251-253.
- THORPE, W. H. & CRISP, D.J. (1947): Studies on plastron respiration I. The biology of *Aphelocheirus* (Hemiptera, Aphelocheiridae (Naucoridae)) and the mechanism of plastron respiration. - J. Exp. Biol. **24**:227-269.
- , — (1947): Studies on plastron respiration II. The respiratory efficiency of the plastron in *Aphelocheirus*. - J. Exp. Biol. **25**:270-303.
- WESENBERG-LUND, G. (1943): Biologie der Süßwasserinsekten, 682 S.

Verfasser:

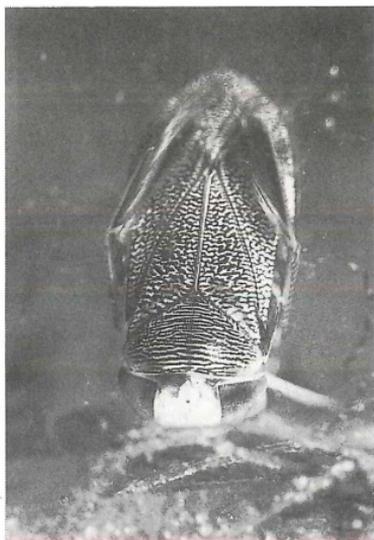
Dr. Hannes GÜNTHER, Eisenacher Straße 25, D-6507 Ingelheim.



a



b

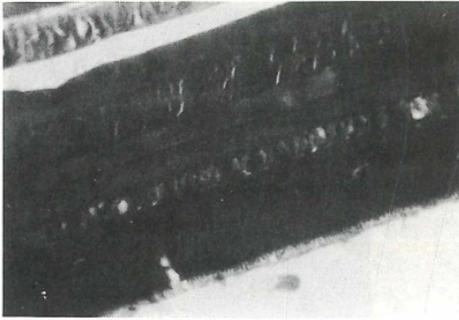


c



d

Abb. 1: Wasserwanzen mit unterschiedlichen Atmungsweisen.
 a) Plastronatmung bei der Grundwanze *Aphelocheirus aestivalis*,
 b) Atmung mit periodisch erneuerter Luftblase unter den Flügeln bei einem Rückenschwimmer (*Notonecta glauca*)
 und c) einer Ruderwanze (*Corixa punctata*),
 d) Atmung mit Atemrohr beim Wasserskorpion (*Nepa cinerea*).



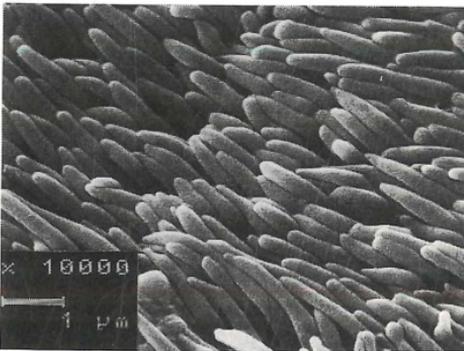
2



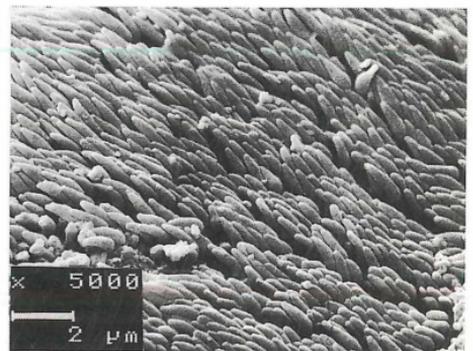
3

Abb. 2: *Aphelocheirus aestivalis*: Schnitt durch die Kutikula des 5. Abdominalsegments. Die helle Zone unten ist die Plastronschicht. Vergr. 1:2000.

Abb. 3: *Aphelocheirus aestivalis*: Abdominalsternit V. Schnitt durch das Integument und Aufsicht auf die Plastron-Haare.



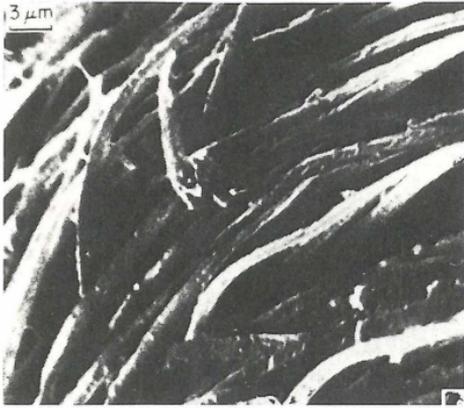
4



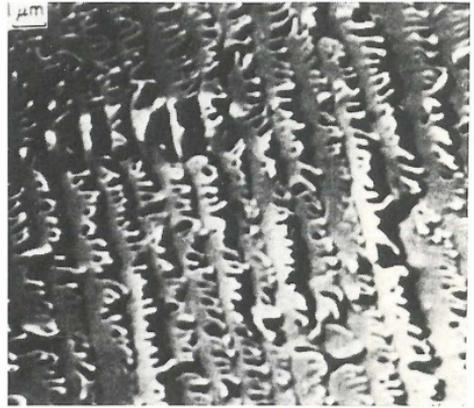
5

Abb. 4: *Aphelocheirus aestivalis*: Abdominalsternit V. Aufsicht auf das Plastron der Ventralseite.

Abb. 5: *Aphelocheirus aestivalis*: Abdominaltergit V. Aufsicht auf das Plastron der Dorsalseite.



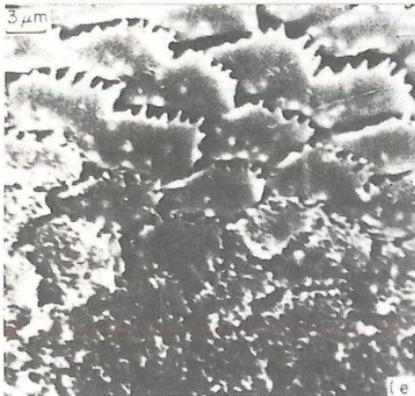
6



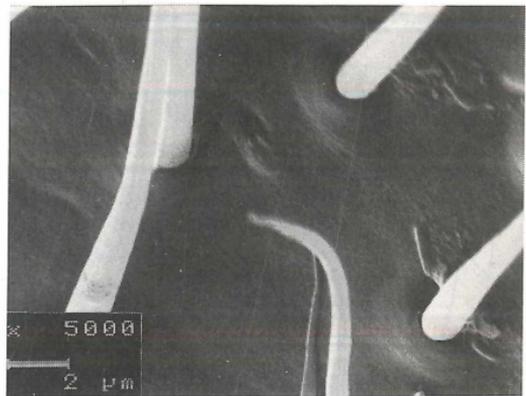
7

Abb. 6: *Phanoceroides aquaticus* (Myxophaga): Plastronstrukturen. (Aus HINTON, 1969).

Abb. 7: *Ptyopteryx britskii* (Myxophaga: Torridincolidae) aus Brasilien. Plastronstrukturen. (Aus HINTON, 1969).



8



9

Abb. 8: *Torridincola rhodesica* (Myxophaga: Torridincolidae) aus Afrika. Plastronstrukturen. (Aus HINTON, 1969).

Abb. 9: *Sigara lateralis* (Corixidae). Abdominalsternit ohne Plastronstrukturen.

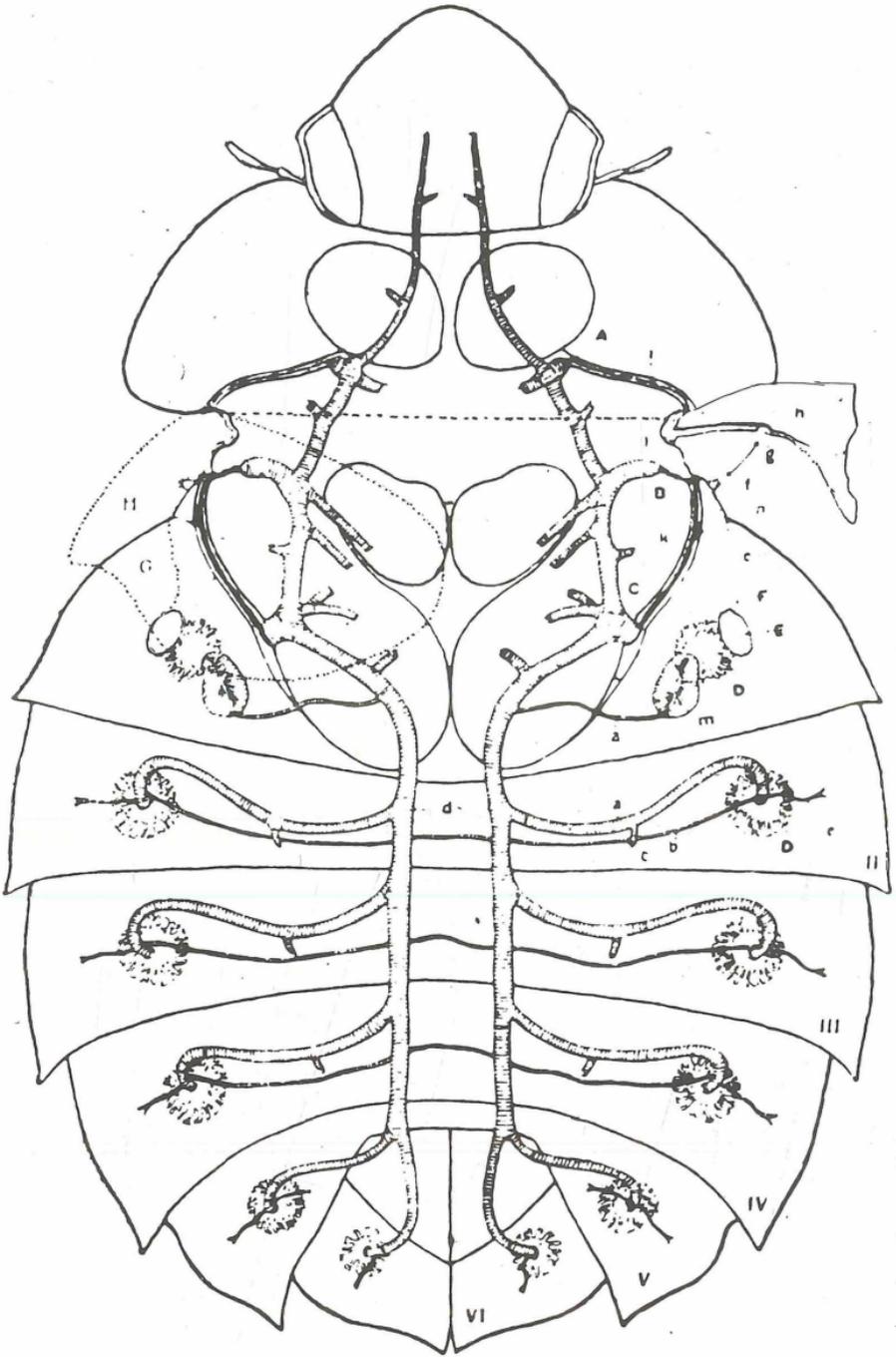


Abb. 10: *Aphelocheirus aestivalis*: Tracheensystem. (Aus WESENBERG-LUND, 1943).

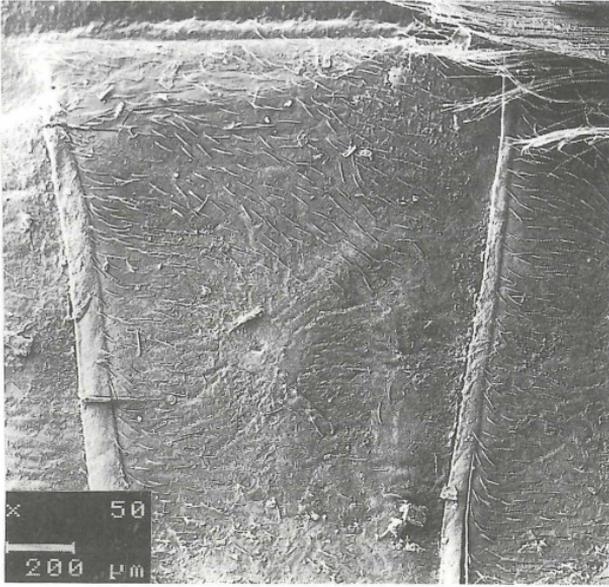


Abb. 11: *Aphelocheirus aestivalis*: Abdominalsternit V mit Stigma und Rosette.

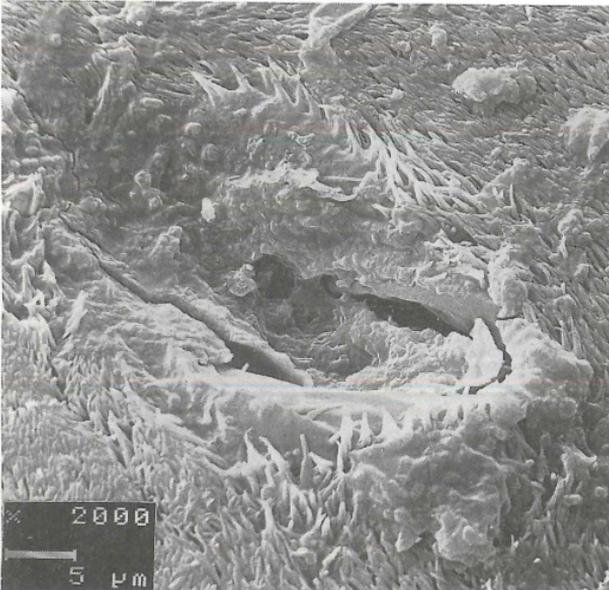


Abb. 12: *Aphelocheirus aestivalis*: Abdominalsternit V. Vergrößerte Ansicht der Stigmenöffnung.

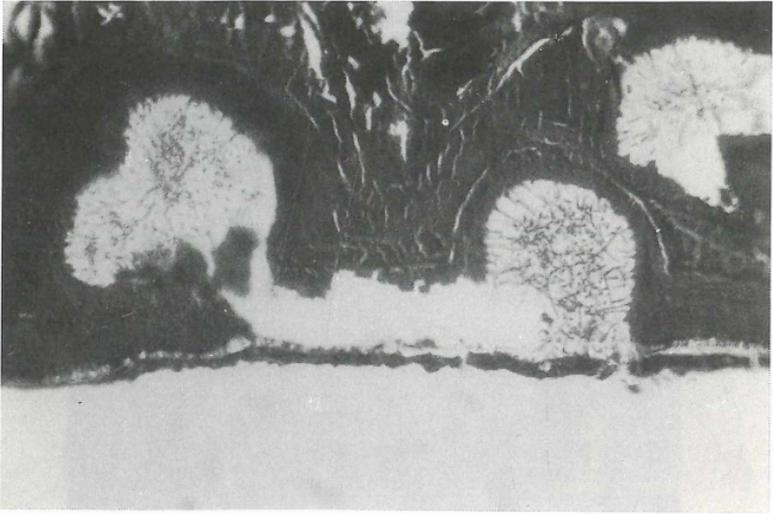


Abb. 13: *Aphelocheirus aestivalis*. Schnitt durch Rosettenkanäle mit Plastronstrukturen.

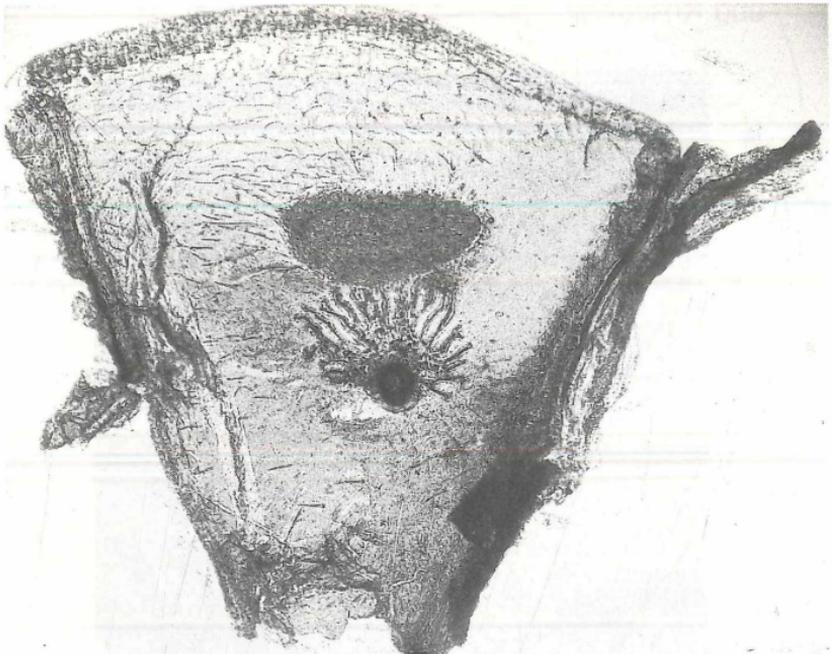


Abb. 14: *Aphelocheirus aestivalis*: Abdominalsternit II Innenseite. Stigma mit Rosette und distaler Porenplatte. Lichtmikroskop.

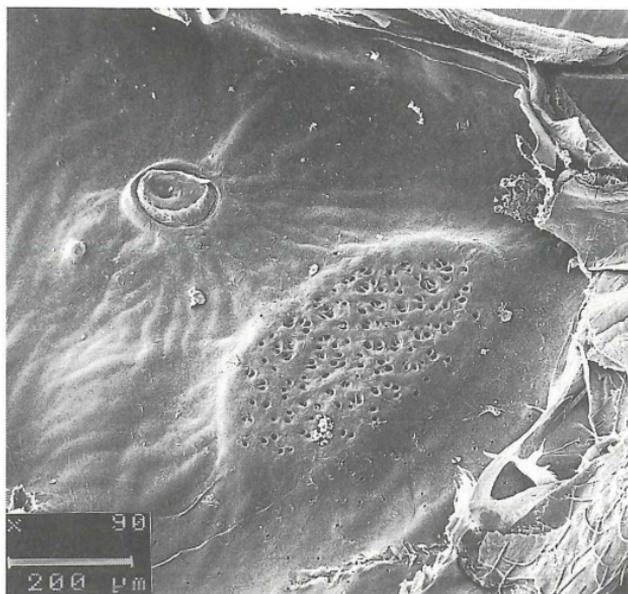


Abb. 15: *Aphelocheirus aestivalis*: Abdominalsternit II Innenseite. Von der Stigmenöffnung ausgehend ist das Relief der Rosettenkanäle zu sehen, die zur Porenplatte ziehen.

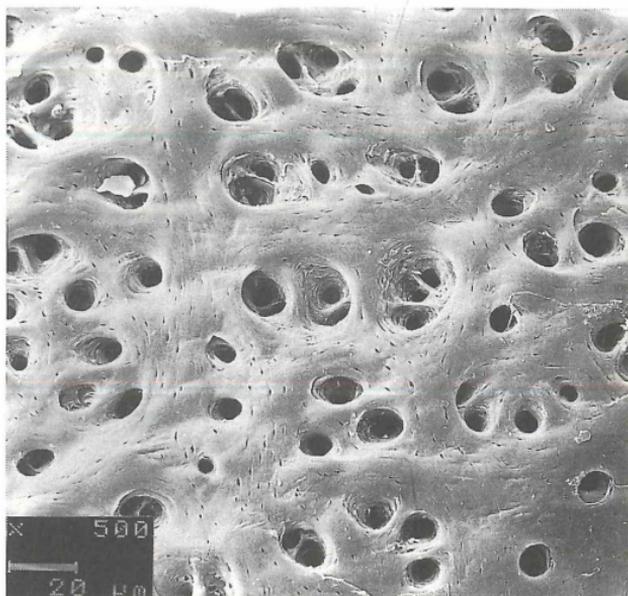


Abb. 16: *Aphelocheirus aestivalis*: Poren in der Porenplatte des 2. Abdominalsternits. Innenseite, KOH-behandelt.

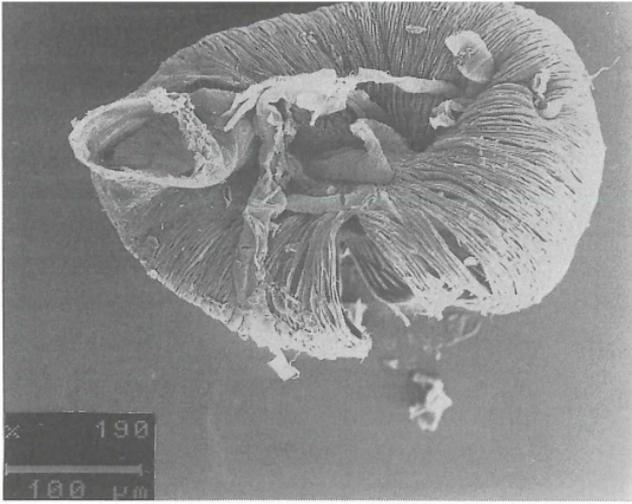


Abb. 17: *Aphelocheirus aestivalis*: 'Luftsack' des Stigmas im Abdominalsternit II. Die Wand ist wie die großer Tracheen gebaut.

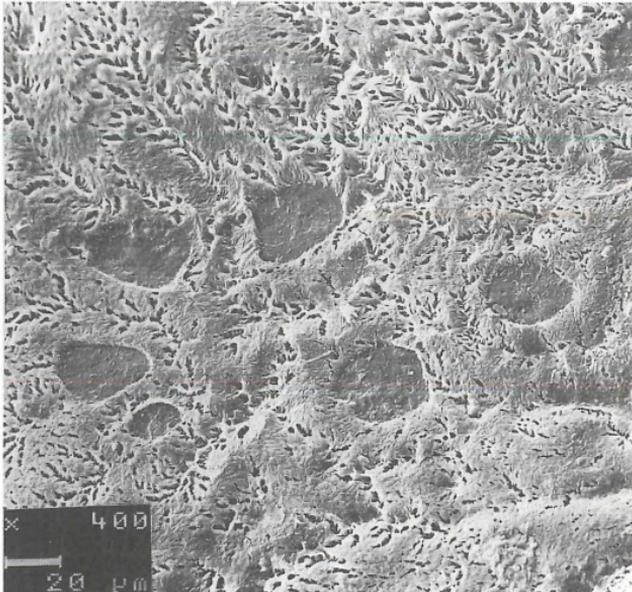


Abb. 18: *Aphelocheirus aestivalis*. Plastronfreie Felder auf den Abdominalsterniten.

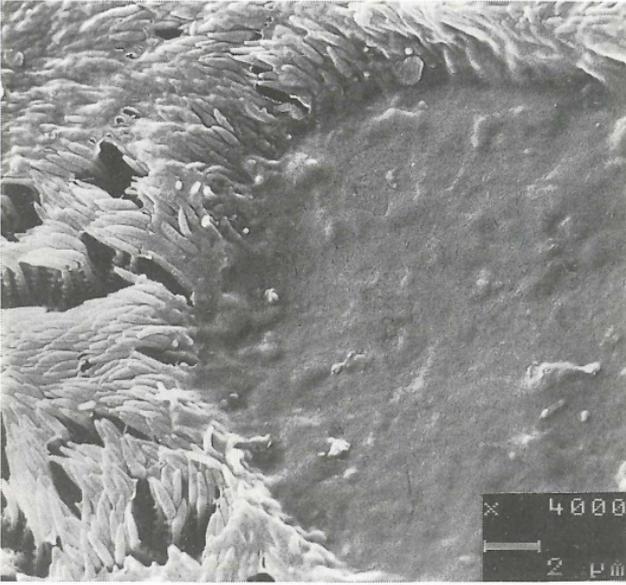


Abb. 19: *Aphelocheirus aestivalis*: Plastronfreies Feld auf Abdominalsternit. Stärker vergrößert.



Abb. 20: *Aphelocheirus aestivalis*: Abdominaltergit IV mit Bakterien und schleimbedeckten Plastronpartien.



Abb. 21: *Halosalda lateralis* (Saldidae). Ventralsternit einer Uferwanze.

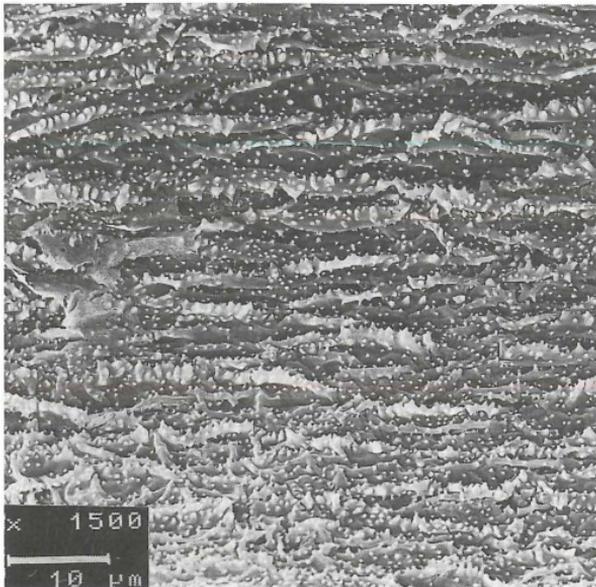


Abb. 22: *Halosalda lateralis* (Saldidae). Plastronstrukturen auf den Abdominaltergiten.

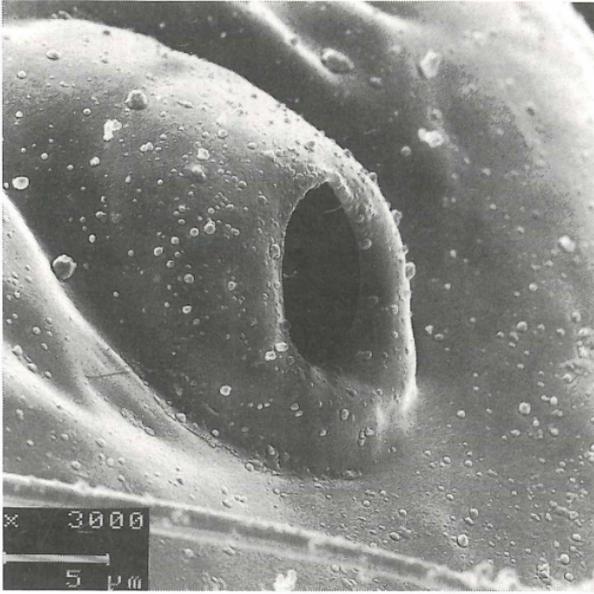


Abb. 23: *Halosalda lateralis*: Abdominalstigma einer Uferwanze.

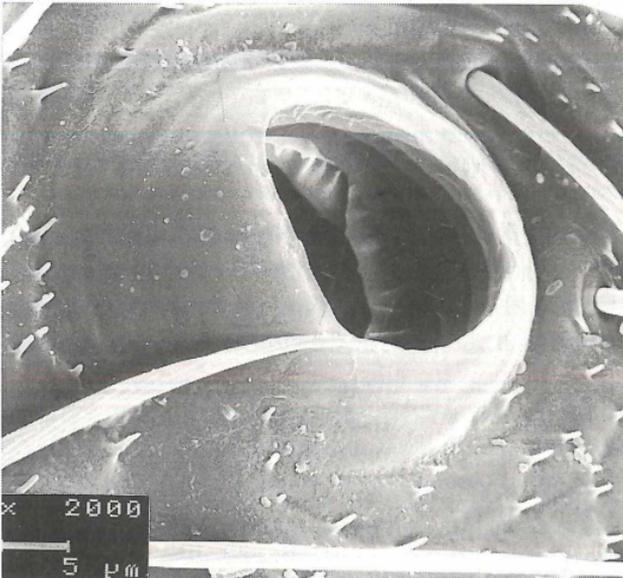


Abb. 24: *Rhyarochromus vulgaris* (Lygaeidae). Abdominalstigma einer Bodenwanze.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des Internationalen Entomologischen Vereins](#)

Jahr/Year: 1992

Band/Volume: [17 4 1992](#)

Autor(en)/Author(s): Günther Hannes [Johannes]

Artikel/Article: [Atmungsbiologie von Wasserinsekten 169-189](#)