

Fallbeispiel Plattentierchen

Sprachtradition und Internationalisierung in Zoologie und Evolutionsbiologie

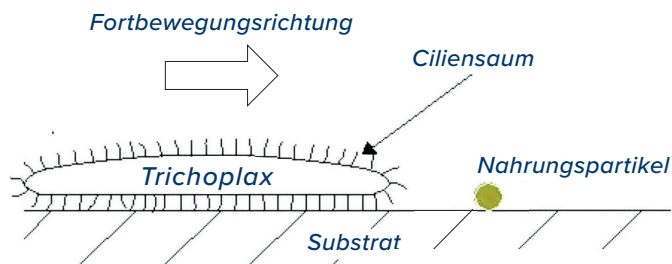
Tareq Syed

Trichoplax adhaerens (F. E. Schulze 1883) ist der am einfachsten gebaute Vielzeller des Tierreiches. Seine ungewöhnliche Erforschungsgeschichte bietet, ohne dass es bisher bemerkt wurde, starke Argumente gegen eine Total-Anglisierung des Hochschulbetriebes und vorgeblich exzellenzsichernde „Internationalisierungs“-Rituale.

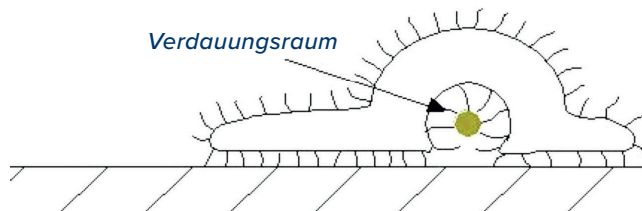
1883 publizierte der deutsche Zoologe Franz Eilhard Schulze die Beschreibung einer neuen Meerestierart, deren potenzielle evolutionsbiologische Bedeutung unübersehbar war.¹ Es handelte sich um millimeterkleine, kriechende Organismen, die gerade einmal aus drei übereinanderliegenden Zellschichten bestanden. Oberste und unterste Zellschicht waren komplett bewimpert; ähnliche Gewebe sind aus dem gesamten Tierreich bekannt. Ungewöhnlich hingegen wirkte die mittlere Zellschicht:

Es handelte sich um ein Netzwerk sternförmig verzweigter Zellen, die später „Faserzellen“ genannt wurden. Mittels dieses hoch kontraktiven Faserzellenverbandes konnten die Tiere ihren scheibenförmigen Körperriss stark verändern. Aufgefallen war die bislang unbekannte Lebensform an den Glaswänden von Meerwasseraquarien, wo sie sich durch Teilung vermehrte – Schulze vergab den wissenschaftlichen Namen *Trichoplax adhaerens*, was soviel wie „anhaltende Haarplatte“ bedeutet.

Trichoplax adhaerens: Schema zu Fortbewegung und Nahrungsaufnahme



1. Bewegung in Richtung eines Nahrungspartikels



2. Bildung eines Verdauungsraumes, Aufnahme des Nahrungspartikels und Verdauung

Quelle: wikimedia commons / Teuteul und Achim Raschka

Eine fünfzigjährige Forschungsunterbrechung

In den Folgejahren versuchte man, mehr über Aufbau, Verhalten und natürliches Vorkommen von Trichoplax herauszufinden. Alle maßgeblichen Arbeiten entstammten dem deutschen Sprachraum. Der Heidelberger Zoologe Otto Bütschli schlug 1884 ein neues Modell zur Evolution vielzelliger Tiere vor, das sich als „Placula-Theorie“ bis heute in den Lehrbüchern findet (Übergang von Einzellern zu Vielzellern aus plättchenförmigen Zellkolonien). Dann aber kam die frühe Erforschungsgeschichte unter unglücklichen Umständen zum Erliegen. Thilo Krumbach behauptete 1907, dass Trichoplax keine eigene Tierart sei, sondern eine entwicklungsgestörte Larvenform. Glaubwürdig war dies insofern, da bis dahin jeglicher Hinweis auf sexuelle Fortpflanzung fehlte. Nach 1918 verfestigte das von Krumbach bearbeitete, einflussreiche „Handbuch der Zoologie“ die Larventheorie, und angesichts der allgemein schwierigen Nachkriegssituation fiel Trichoplax völliger Nichtbeachtung anheim.

Erst Anfang der 1960er-Jahre begannen neue, ernsthafte Untersuchungen, nachdem hiesige Zellforscher Trichoplax als attraktiven „Labororganismus“ wiederentdeckten. Den Beginn machte Willy Kuhl am Institut für Kinematische Zellforschung in Frankfurt, gefolgt von Karl G. Grell (Tübingen). Etwas später kam August Ruthmann (Bochum) hinzu. Grell und Ruthmann gelangten in den 1970er-Jahren große Erkenntnisfortschritte: Unter anderem wurden Keimzellen und Embryonalentwicklungsprozesse bei Trichoplax beschrieben. Zwar starben die Embryonen spätestens im 64-Zell-Stadium ab, da ihre Zellkerne fragmentierten, doch hatte man Krumbachs Larventheorie praktisch widerlegt. Grell ordnete Trichoplax einem neuen Tierstamm zu, den er Placozoa („Plattentierchen“) nannte. Diese Sichtweise hat bis heute Bestand, denn auch auf genetischer Ebene ist Trichoplax eindeutig von allen anderen Hauptstammlinien des Tierreiches getrennt.

Fehlerhafte Bauplan-Beschreibungen

Obwohl der Stamm Placozoa den einfachsten Bauplan des Tierreiches repräsentiert, kam es Anfang der 1990er-Jahre in zwei vielgenutzten deutschen Zoologielehrbüchern zu fehlerhaften Bauplanbeschreibungen. Eigentlich sollte dies undenkbar sein, denn den Artikeln der zuvor genannten deutschen Trichoplax-Bearbeiter (die sowohl auf Deutsch als auch auf Englisch publizierten) war der korrekte Aufbau der Tiere ja direkt zu entnehmen.

Auffälligerweise ähnelten die misslungenen Lehrbuchdarstellungen solchen aus US-amerikanischen Lehrbüchern, die zuvor erschienen waren. Man darf hier also eine Beziehung vermuten; in jedem Fall lohnt sich hinsichtlich der Bedeutung von Sprache und sprachlichen Transferprozessen ein genauerer Blick.

Gegenstand der Fehldarstellung war die mittlere Zellschicht von Trichoplax, also die Faserzellen. In einem seinerzeit nicht nur in den USA sehr bekannt gewordenen Übersichtswerk von Margulis und Schwartz² wurde das Faserzell-Zwischengewebe der Placozoa wie folgt beschrieben:

„Between the dorsal and ventral layers of cells, there is a middle layer of fluid that harbors scattered cells [...]“³

Korrekt hieran ist, dass der Raum zwischen oberster und unterster Zellschicht Flüssigkeit (fluid) enthält. Unglücklich wirkt aber die Darstellung der Faserzellen als darin „verstreut“ (scattered), da dies nur bei vereinzelter Zellen sinnvoll wäre, nicht aber bei einem Netzwerk fusionierter Zellen. Interessanterweise zeigte eine Querschnittsgrafik auf der Folgeseite eine ansatzweise richtige Darstellung: seitlich untereinander verbundene Zellen, von denen zusätzliche Fortsätze in Richtung der oberen und unteren Deckschicht ausgehen. Die Autorinnen hatten sie aber falsch beschriftet: Das Zellplasma wurde zur „fluid-filled cavity“, die tatsächlichen Interzellularräume zum „Mesenchyme“ (also zu vermeintlichen Einzelzellen). Besagte Grafik ist zeichnerisch minderwertig. Die Verwechslung mag auf einer Art Vexierbildefekt beruhen. Als Ursache für eine Fehlbeschreibung im Text wäre dies kurios genug; daher sei eine zweite Möglichkeit erwähnt: Der russische Forscher Artemii Ivanov hatte 1973⁴ in einem Querschnittsbild die Faserzellen so dargestellt, dass diese als Einzelzellen der unteren Zellschicht entstammen und sodann „verstreut“

in den flüssigkeitsgefüllten Zwischenraum übergehen.⁵ Interessant ist auch, dass Ivanov diese vereinzelter Faserzellen „amöboid“ nannte, wie zwei Jahre zuvor schon der Amerikaner Miller in einer kurzen Mitteilung.⁶ Der irreführende Begriff fand sich später in einem amerikanischen Nachschlagewerk, dessen Bedeutung sogar noch höher einzustufen ist als Margulis und Schwartz.⁷ Es handelt sich um das „Invertebrates“-Lehrbuch⁸ der Brüder Brusca, mittlerweile so etwas wie ein moderner Klassiker der Invertebratenzoologie. In der Erstauflage von 1990 las man zu den Faserzellen von Trichoplax:

„Between these two epithelial sheets is a mesenchymal layer of stellate ameboid cells embedded in a supportive gel matrix.“⁹

Wie bei Miller und Ivanov werden also die Faserzellen als „amöboid“ bezeichnet, was für vereinzelter Zellen sinnvoll wäre, kaum aber bei einem ausgeprägten Netzwerk. Höchst beachtlich ist zudem der sogleich folgende, unzweideutige Fehler, den man bei Margulis und Schwartz¹⁰ noch nicht las: Die Faserzellen sollen in eine „gel matrix“ eingebettet sein. Gemeint ist eine kollagenfaserreiche, extrazelluläre Matrix, die tatsächlich eine typische Zwischengewebskomponente bei vielzelligen Tieren darstellt: nur eben bei Trichoplax nicht! Wie von Margulis und Schwartz¹¹ richtig wiedergegeben, sind bei diesem die zellfreien Zwischenräume flüssigkeitsgefüllt.

Die fälschliche Behauptung, das Körperinnere von Trichoplax sei von einer extrazellulären Faser-Matrix verfüllt, findet sich in noch mindestens einem weiteren US-amerikanischen Übersichtswerk dieser Jahre.¹² Wie es speziell zu diesem Fehler kommen konnte, ist unklar. Denkbar ist aber ein sprachliches Missverständnis: Der im deutschen Sprachraum geprägte Begriff „Faserzellen“ könnte so ausgelegt worden sein, dass diese Zellen Kollagenfasern produzieren und nach außen abgeben – denn genau solche faserproduzierenden Zellen sind unentbehrlich für Tiere, die eine extrazelluläre Matrix aufbauen. Man hätte es hier also mit einer sinnentstellenden Deutung zu tun, basierend auf einem naheliegenden Analogieschluss: Da fast alle Tiere faserproduzierende Zwischengewebszellen besitzen, glaubte man – bestärkt durch den deutschen Begriff „Faserzellen“, den man als „fiber cells“ übertrug –, dies müsse bei Trichoplax genauso sein.

Präzise rekonstruieren lassen sich die tatsächlichen Fehlerquellen in besagten englischsprachigen Lehrbüchern nicht mehr. Was den möglichen Einfluss der genannten russischen Quelle angeht, so wurde diese im deutschen Sprachraum jedenfalls rezipiert und von Karl Grell,¹³ der – im Gegensatz zu den oben genannten Lehrbuchautoren – ja direkt an Trichoplax arbeitete, wie folgt zurückgewiesen:

„Ivanov [...] hält die Zwischenschicht für ein Parenchym aus amoeboiden Zellen, die aus dem ventralen Epithel hervorgehen. Wir können weder die amoeboid Natur der Faserzellen bestätigen, noch gibt es einen Beweis für die Ableitung dieser Zellen aus dem Ventral-epithel.“¹⁴

Trotzdem ging Anfang der 1990er-Jahre die Fehldarstellung separierter Faserzellen in ein deutschsprachiges Standardwerk¹⁵ ein, wo man solche „amöboide Zellen“ nicht nur behauptete, sondern sogar bildlich darstellte.¹⁶ Und auch der zweite vorgenannte Fehler, die angebliche Existenz einer extrazellulären Matrix, fand sich zeitgleich in einem bekannten Lehrbuch, der vierten Auflage der „Systematischen Zoologie“.¹⁷

Besagte deutschsprachige Lehrbuchfehler persistierten danach in den Folgeauflagen. Sie hätten leicht vermieden werden können, wenn ihre Verfasser auf die inhaltlich korrekten, ursprünglich deutschsprachigen Originalquellen zurückgegriffen hätten. Dass eine Missachtung der eigensprachlichen Forschungstraditionen genau dieser Art birgt, versteht sich eigentlich von selbst. Trotzdem ist zu befürchten, dass Befürworter einer Total-Anglisierung des Hochschulbetriebes ob solcher „Einzelbeispiele“ nicht innehalten werden, glauben sie doch, „Internationalisierung“ als „exzellenzsichernd“ zu erkennen.

Gerade am Beispiel Trichoplax lässt sich eines aber belegen: Die Internationalisierungsbemühungen der vergangenen beiden Jahrzehnte haben im deutschsprachigen Raum nicht zu einer Verbesserung, sondern zu einer Verschlechterung in der Darstellung dieses Forschungsobjektes geführt. Stand der Dinge ist nämlich, dass die bislang letzte ausführliche, deutschsprachige Lehrbuchdarstellung aus dem Jahr 2013 inakzeptabel genannt werden muss, und dies – wie im Folgenden zu zeigen – gleich auf mehreren Ebenen.

Trichoplax im Zeitalter der Molekularbiologie

Die Jahrtausendwende markierte für die gesamte Biologie den Eintritt in das „genomische“ Zeitalter. Hoher apparativer Aufwand und internationale Kooperationen gerieten zur Selbstverständlichkeit. Ein öffentliches Dokument aus dieser Zeit, datiert auf den 10. Oktober 2002, schildert das Vorhaben, im Rahmen einer US-amerikanisch-englisch-deutschen Zusammenarbeit das Genom von Trichoplax adhaerens zu sequenzieren.¹⁸ Auf diese Weise fand man die beteiligte Tierärztliche Hochschule (= TiHo) Hannover respekt-einflößenden Einrichtungen wie Yale und Oxford zur Seite gestellt.

Rein fachlich aber muss befremden, was von besagtem Trichoplax Genome Consortium bis heute in aller Öffentlichkeit zu lesen ist. Ausgehend von der Feststellung, dass die Beteiligten über mehrere Trichoplax-Kulturlinien verfügen, heißt es über im Labor beobachtete Embryonalentwicklungsprozesse:¹⁹

„While these embryos arrested at the 16-cell stage, we are optimistic that experimentation with environmental conditions will permit us to complete the life cycle.“

Wohlgemerkt: Diesen Angaben nach liegt der betreffende Forschungsverbund mit Embryonen von maximal 16 Zellen weit unter der Marke von maximal 64 Zellen, wie man sie bis dahin aus der Spezialliteratur kannte. Trotzdem verkündet man optimistisch, den gesamten Lebenszyklus von Trichoplax aufklären zu können – also das, was hervorragenden Zellforschern wie Karl Grell und August Ruthmann über Jahrzehnte nicht gelungen war. Die Unlogik ist evident.

Dass die vollständige Embryonalentwicklung von Trichoplax bis heute unbekannt geblieben ist, verwundert halbwegs Informierte kaum. Interessant ist aber, was das oben genannte „Consortium“, und zwar dessen deutsche Vertreter, in den Folgejahren hierzu vermeldeten. Die Sequenzierung des Trichoplax-Genoms im Jahr 2008 war natürlich eine Publikation in „Nature“ wert.²⁰ Dort las man in einer Nebenbemerkung zu Trichoplax-Eizellen Erstaunliches:

„These large cells have been observed to undergo cleavage [...] up to a 256-cell stage before degenerating (M. Eitel and B. Schierwater, unpublished observations).“²¹

Sechs Jahre nach der anfänglich rapportierten, reichlich bescheidenen 16-Zell-Zahl ist man also auf Embryonen im 256-Zell-Stadium vorgestoßen. Zoologisch betrachtet wäre diese Vervierfachung eines über Jahrzehnte persistierenden 64-Zellen-Höchstwertes wenn schon nicht sensationell, so doch mindestens gesondert zu publizieren, aber der Arbeitsgruppe von Bernd Schierwater beziehungsweise der TiHo Hannover schien der historische Erfolg nicht einmal eine kleine online-Meldung wert gewesen zu sein!

Und damit nicht genug der Eigenartigkeiten, denn Mitautor Michael Eitel behauptet in der Zusammenfassung seiner 2010 eingereichten Dissertationsschrift, dass erstmals der bekannte Höchstwert von 64 auf nunmehr 128 Zellen verdoppelt worden sei.²² Unverständlicherweise übergeht er die zwei Jahre zuvor unter seinem Namen in „Nature“ vermeldete 256-Zellen-Beobachtung gänzlich. Bei Eitels Dissertationsschrift handelt es sich um eine kumulative Arbeit aus sieben Publikationen, zwei davon als submitted gekennzeichnet.²³ Die Behauptung, ein 128-Zellen-Stadium beobachtet zu haben, entstammt einem Artikel, der bei den Proceedings of the National Academy of Sciences (bekannt als PNAS) eingereicht wurde (Autoren Michael Eitel, Loretta Guidi, Maria Balsamo und Bernd Schierwater). Offenbar bei PNAS abgelehnt, erschien der Aufsatz ein Jahr später – und kaum verändert – im multidisziplinären Online-Journal PLOS ONE (Autorenteam vergrößert um Heike Hadrys für „contributed reagents / materials / analysis tools“).²⁴ Die Gründe der Ablehnung bei PNAS können nur vermutet werden, doch festzuhalten ist: Das angebliche 128-Zellen-Stadium ist praktisch nicht dokumentiert. Im krassen Kontrast zur historischen Bedeutung eines solchen Befundes wird hierzu nur ein einziges Foto angeboten;²⁵ es handelt sich jedoch um eine fluoreszenzmikroskopische Aufnahme, die als solche nicht von den bisher beobachteten, maximal 64 Zellen aufweisenden Embryonalstadien unterscheidbar ist.

Die gesamte Publikationsgeschichte ist unseriös zu nennen, da man unerklärlicherweise keine standard-fotografischen Mittel nutzte, um ein 128-Zellen-Stadium in unterscheidbarer Weise einem 64-Zellen-Stadium gegenüberzustellen (was übrigens auch genaue Angaben zu morphogenetischen Prozessen erlaubt hätte, die in diesem Frühstadium keine Seltenheit sind). Obwohl forschungsgeschichtlich überaus bedeutsam, wird keine Jahreszahl / Datumsangabe genannt, wann und von wem erstmals 128 Zellen beobachtet wurden,

geschweige denn, bei welchen genauen Haltungskonditionen. Letzteres ist umso unglaublicher, als frühere Trichoplax-Experten wie Grell und Ruthmann ausdrücklich darauf hingewiesen hatten, dass sie mit ausgedehnten Variationsreihen der Parameter Belichtung, Salinität und Wassertemperatur nie verhindern konnten, dass ihre Embryonen auf dem Stand von spätestens 64 Zellen degenerierten. Eitel und andere Autoren²⁶ hingegen geben nur Wassertemperaturen von „23 °C or more“ als kritischen Faktor an. Ohne jedes Bilddokument bleibt zudem ihre (unklar formulierte) Behauptung, Embryonen „beyond the 64-cell stage“ würden das Muttertier verlassen und ins freie Wasser übergehen²⁷ – obgleich der Eindruck erweckt wird, man habe all dies regelmäßig bei einer bestimmten Kulturlinie beobachten können.

Die Repräsentation in aktuellen Lehrbüchern

Obwohl objektiverweise festgestellt werden muss, dass keinerlei glaubwürdige Dokumentation eines 128-Zellen-Stadiums für Trichoplax-Embryonen existiert, findet man diesen Zahlenwert nunmehr in neueren Lehrbüchern deutscher Herausgeber. Eitel wurde zum Mitverfasser des Placozoa-Kapitels im traditionsreichen (und mittlerweile anglierten) „Handbuch der Zoologie“²⁸, wo – wie immer ohne Angabe genauer Jahreszahlen oder vergleichsfähigen Bildmaterials – einerseits die Höchstzahl von 128-Zell-Embryonen behauptet, andererseits die lange etablierte Marke von 64 Zellen nicht mehr thematisiert wird.²⁹

Noch weitaus schlimmer zu nennen ist die Überarbeitung des Placozoa-Kapitels im vielgenutzten Lehrbuch „Spezielle Zoologie – Teil 1“. Für die ersten beiden Auflagen wurde es vom anerkannten Experten August Ruthmann verfasst. Nach Ruthmanns Tod 2010 ließen die Herausgeber der dritten Auflage es drei Jahre später zu, besagtes Kapitel von Bernd Schierwater bearbeiten zu lassen – befremdlicherweise aber mit der Autorenangabe „Bernd Schierwater und August Ruthmann“.³⁰

Die suggerierte Koautorenschaft ist schon deshalb moralisch verwerflich zu nennen, weil Ruthmann auf diese Weise zum Mitverfasser nicht nur der angeblichen 128-Zell-Embryonen wird, sondern etlicher weiterer Merkwürdigkeiten – fast alle Eingriffe in seinen ursprünglichen Text weisen Ungereimtheiten, wenn nicht glatte Fehler auf: Gleich zu Beginn behauptet Neubearbeiter Schierwater beispielsweise, Trichoplax

sei „neuerdings“ auch in zwanzig Meter Wassertiefe nachgewiesen worden – obwohl dies schon seit 1989 der Literatur zu entnehmen ist. Bleibt man beim Punkt Embryonen, so verrät eine Reihe von vier Fotos³¹ im Grunde alles: Die gezeigte Bildfolge endet, ohne dass der Leser hierüber informiert wird, bei einem 64-Zellen-Stadium. Was einmal mehr die Frage aufwirft, warum Schierwater und Eitel immer wieder vermieden, brauchbare Vergleichsfotos des behaupteten 128er-Stadiums zu offerieren.

Ein Weckruf als Fazit

Trichoplax adhaerens, im deutschen Sprachraum entdeckt und aus diesem heraus über Jahrzehnte maßgeblich erforscht, ist bis in die 1980er-Jahre in der deutschsprachigen Literatur fachlich sauber dargestellt worden. Anfang der 1990er-Jahre kamen grob inkorrekte Lehrbuchbeschreibungen auf, welche vorangegangenen Fehlern englischsprachiger Texte korrespondierten. Die unverständliche Missachtung der originalsprachlichen Beschreibungstradition, mehr aber noch wissenschaftlicher Vorgängerleistungen, hat seit der Jahrtausendwende mit hochschulpolitisch beförderten „Internationalisierungs“-Ritualen eine weitere, unbedingt diskutierenswerte Steigerung erfahren.

Aktuell sind aus Deutschland stammende Lehrbuchdarstellungen der Gattung *Trichoplax* wissenschaftlich inakzeptabel zu nennen, der Umgang mit verstorbenen und durchaus ehrwürdigen Forscherpersönlichkeiten wie August Ruthmann oder Otto Bütschli³² nicht mehr vorbildlich. *Trichoplax* ist zum Modellorganismus geworden – leider in anderer Form, als er es in einem gesunden Forschungsbetrieb sein sollte.



Dr. phil. nat. Tareq Syed

Freier Wissenschaftsautor, Studium der Biologie an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main. Er wurde 2006 mit einer Arbeit zur morphologischen Nachvollziehbarkeit der sogenannten „New Animal Phylogeny“ promoviert, respektive einer organismisch-evolutionsbiologischen Ausdeutung rein molekular- und entwicklungs-genetisch begründeter Stammbaumrekonstruktionen.

Anmerkungen:

- 1 Schulze, Franz Eilhard: *Trichoplax adhaerens* nov. gen. nov. spec., in: *Zoologischer Anzeiger* 6/1883, S. 92-97.
- 2 Margulis, Lynn / Schwartz, Karlene V.: *Five Kingdoms: An Illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth*, San Francisco 1982, S. 2.
- 3 Ebd., S. 166.
- 4 Ivanov, Artemii V.: *Trichoplax adhaerens*, a Phagocytella-like Animal, in: *Zoologicheskoy Zhurnal* 52/1973, S. 1117-1131.
- 5 Ebd., S. 1123.
- 6 Miller, Richard L.: *Trichoplax adhaerens* Schulze, 1883: return of an enigma, in: *Biological Bulletin* 2/1971, S. 374.
- 7 Margulis / Schwartz: *Five Kingdoms*.
- 8 Brusca, Richard C. / Brusca, Gary J.: *Invertebrates*, Sunderland 1990.
- 9 Ebd., S. 172.
- 10 Margulis / Schwartz: *Five Kingdoms*.
- 11 Ebd.
- 12 Raff, Rudolf A.: *The Shape of Life*, Chicago 1996.
- 13 Grell, Karl G.: Placozoa, in: *Lehrbuch der Speziellen Zoologie*, Band I/1: Einführung, Protozoa, Placozoa, Porifera, hrsg. von Hans-Eckhard Gruner, Stuttgart 1993, S. 247-250.
- 14 Ebd., S. 248.
- 15 Wehner, Rüdiger / Gehring, Walter: *Zoologie*, Stuttgart / New York 1991.
- 16 Ebd., S. 621.
- 17 Storch, Volker / Welsch, Ulrich: *Systematische Zoologie*, Stuttgart / New York 1991, S. 36.
- 18 A Case for Sequencing the *Trichoplax* Genome, <https://www.genome.gov/Pages/Research/Sequencing/SeqProposals/TrichoplaxSEQ021203.pdf>
- 19 Ebd., S. 3.
- 20 Srivastava, Mansi u. a.: The *Trichoplax* genome and the nature of placozoans, in: *Nature* 454/2008, S. 955-960.
- 21 Ebd., S. 955.
- 22 Eitel, Michael: *Phylogenetic Position, Biodiversity, Phylogeography and Biology of the Placozoa*, Dissertationsschrift Leibniz Universität, Hannover 2010.
- 23 Vgl. ebd., S. 21.
- 24 Eitel, Michael u. a.: New insights into placozoan sexual reproduction and development, in: *PLOS ONE* 6/2011, vgl. S. 8.
- 25 Ebd., S. 5.
- 26 Ebd., S. 2.
- 27 Ebd., S. 4.
- 28 Voigt, Oliver / Eitel, Michael: Placozoa, in: *Handbook of Zoology. Miscellaneous Invertebrates*, hrsg. von Andreas Schmidt-Rhaesa, Berlin / Boston 2019, S. 41-53.
- 29 Ebd., S. 47.
- 30 Schierwater, Bernd / Ruthmann, August: Placozoa, in: *Spezielle Zoologie – Teil 1*, hrsg. von Wilfried Westheide und Gunde Rieger, Berlin / Heidelberg 2013, S. 103-107.
- 31 Ebd. S. 106.
- 32 Oben kritisierte Dissertationsschrift profitierte von einem „Otto Bütschli scholarship“ der TiHo Hannover.