



Abenteuer Stammbaum – Neuropterida zwischen Karussell und Seiltanz

ULRIKE ASPÖCK, SUSANNE RANDOLF, DOMINIQUE ZIMMERMANN & HORST ASPÖCK

Abstract: Phylogenetic trees – an adventure: Neuropterida between carousel and tightrope dance. Plausibility conflicts within and between morphology based and molecular based phylogenetic trees are demonstrated by mapping selected characters on selected phylogenetic trees. The helplessness of authors confronted with implausible results of phylogenetic analyses – though equipped with Mega-data and brilliant algorithms – is discussed.

Citation: ASPÖCK U., RANDOLF S., ZIMMERMANN D. & ASPÖCK H. 2020: Abenteuer Stammbaum – Neuropterida zwischen Karussell und Seiltanz. – Entomologica Austriaca 27: 255–267.

Präambel

Das Karussell symbolisiert die Schleudersitze, in denen Taxa im Ringelspiel ihre Position wechseln. Der Seiltanz ist unser Tanz über dem Abgrund, unsere fadenscheinigen, schwindelerregenden Argumente im Umgang mit Heterobathmie und Plausibilität. „Karussell“ und „Seiltanz“ haben es längst auch in wissenschaftliche Titel-Zeilen geschafft (U. ASPÖCK, H. ASPÖCK & HARING 2018, U. ASPÖCK 2019), die Neuropterida sind nur ein kleines, aber feines, Modell auf dem riesigen Jahrmarkt wuchernder widersprüchlicher Bäume.

Die drei Autorinnen konstituieren als Morphologinnen die „Wiener-Weiber-Werkstätte“, ihre Loge ist im Naturhistorischen Museum Wien. Der Autor ist als medizinischer Parasitologe und Neuropterologe bekannt, er wird immer wieder gefragt, ob er mit dem jeweils anderen verwandt ist. H. und U. & Aspöck sind auch Ko-Autoren molekularer Neuropterida-Analysen. Dem Konflikt, zwischen Brillanz hervorragender Algorithmen und Mega-Daten einerseits und mangelnder systematischer Plausibilität andererseits als Ko-Autoren und „Mittäter“ ausgeliefert zu sein, ist diese Arbeit gewidmet.

Die Protagonisten

Die Neuropterida als die Protagonisten umfassen drei Ordnungen, Raphidioptera mit zwei Familien und etwa 250 Arten, die Megaloptera mit zwei Familien und 380 Arten und die heterogenen Neuroptera mit 16 Familien und etwa 5900 Arten. Megaloptera und Neuroptera sind Schwesterguppen (U. ASPÖCK, HARING & H. ASPÖCK 2003, HARING & U. ASPÖCK 2004, U. ASPÖCK & H. ASPÖCK 2008, Misof et al. 2014, PETERS et al. 2014). Raphidioptera sehen für den unaufgeregten Betrachter alle recht ähnlich aus, Megaloptera punkten mit den gewaltigen Beiß-Mandibeln der Corydaliae, Sialidae sind global unansehnlich. Die 16 Familien der heterogenen Neuroptera würde man kaum als

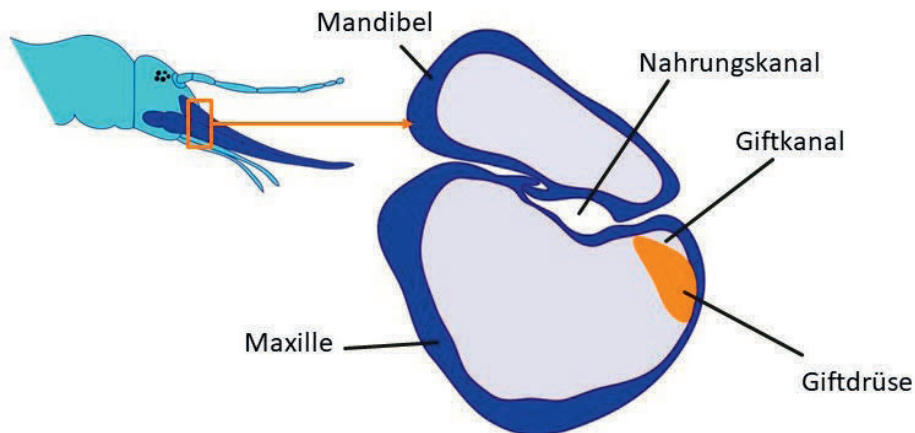


Abb. 1: *Osmylus fulvicephalus*, Larve, Kopf von lateral und rechtes Saugstilet, Querschnitt, verändert nach Gaumont (1976).

Monophylum wahrnehmen, gäbe es da nicht die komplizierte Konstruktion der Saugzangen der Larven als gewichtige Synapomorphie (ZIMMERMANN et al. 2019).

Coniopterygidae sind mit Vorderflügelängen von manchmal unter 2 mm die Zwerge unter den Neuroptera, die Myrmeleontidae mit Vorderflügelängen mit bis zu 80 mm sind die Riesen. Aber es gibt keinen Krieg zwischen Zwergen und Riesen – sie sind an den entgegengesetzten Enden der meisten Stammbäume.

Die Larven der Raphidioptera und der Megaloptera haben primitive kauende Mundwerkzeuge. Die sehr komplexen Saugzangen (Abb. 1) der Larven der Neuroptera – Mandibel und Elemente der Maxille bilden ein Saugrohr mit Nahrungs- und Giftkanal – sind nicht nur eine „Parade“-Synapomorphie, sondern auch ein differentialdiagnostisches Potential par excellence mit einer Formenfülle von zangenartig gekrümmten, stilettartig spitzen oder auch stumpf verkürzten Ausprägungen.

Die winzigen Larven der Coniopterygidae und die aquatischen Larven der Nevrothidae – als Zwerge und Nixen metaphorisch längst in die neuropterologische Literatur eingegangen (U. Aspöck & H. Aspöck 2017, 2018) – repräsentieren die Streitobjekte um die privilegierte Position als Adelphotaxon aller übrigen Neuroptera – eine schier endlose Geschichte. Davon nicht ganz unabhängig ergeben sich auch Konflikte zwischen den Positionen der jeweils übrigen 15 Familien.

Im Folgenden werden einige ausgewählte Merkmale jeweils im Kontext morphologischer und molekularer Stammbäume betrachtet.

Lebensweise der Larven

Raphidioptera und die meisten Familien der Neuroptera haben terrestrische Larven. Die Larven der Megaloptera und innerhalb der Neuroptera jene der Nevrothidae und Sisyridae sind aquatisch. Folgende evolutive Szenarien sind denkbar: i) Die Stammart der Neuropterida hatte aquatische Larven, jene der Raphidioptera wurden terrestrisch,

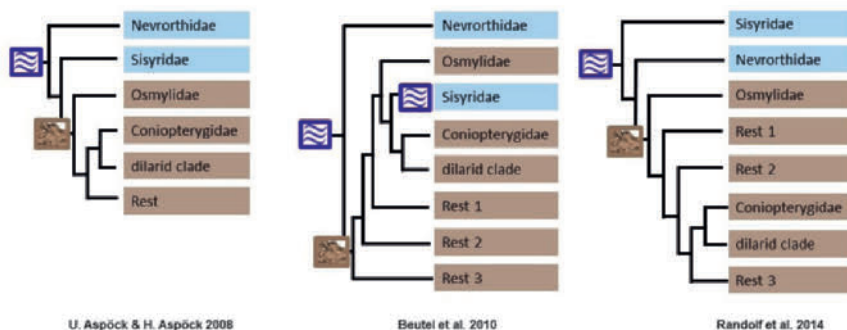


Abb. 2: Lebensweise der Larven in drei morphologisch erstellten Stammbäumen. Aquatisch: blau, terrestrisch: braun.

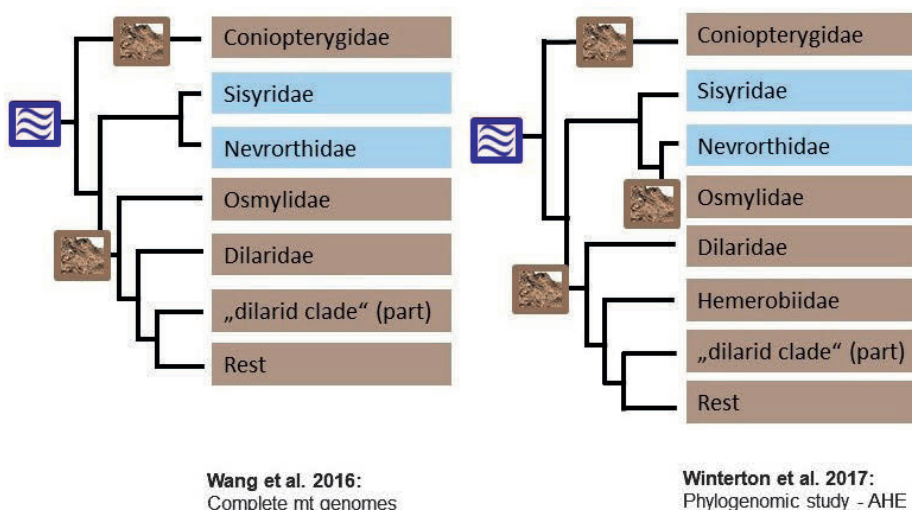


Abb. 3: Lebensweise der Larven in zwei molekulargenetisch erstellten Stammbäumen. Aquatisch: blau, terrestrisch: braun.

und auch innerhalb der Neuroptera wurde das Land einmal (U. ASPÖCK, HARING & H. ASPÖCK 2012) oder mehrmals unabhängig besiedelt. Allerdings spricht nichts dafür, dass die Larven der Raphidiopteren sekundär terrestrisch wurden, unter anderem auf Grund der Tatsache, dass sie keine Kryptonephrie (siehe unten) haben. ii) Die Stammart der Neuropterida hatte terrestrische Larven, die Larven der Raphidioptera blieben terrestrisch, die Larven der Stammart der Megaloptera + Neuroptera wurde aquatisch, die Megaloptera blieben aquatisch, innerhalb der Neuroptera blieben die Larven der Nevrothidae und Sisyridae aquatisch, die Larven der übrigen Familien gingen einmal oder mehrmals an Land. iii) Die Stammart der Neuroptera wurde terrestrisch, Nevrothidae und Sisyridae wurden sekundär aquatisch.

Im Kontext morphologischer Stammbäume (U. ASPÖCK & H. ASPÖCK 2008, RANDOLF et al. 2014, BEUTEL et al. 2010) gingen die terrestrischen Larven nur einmal an

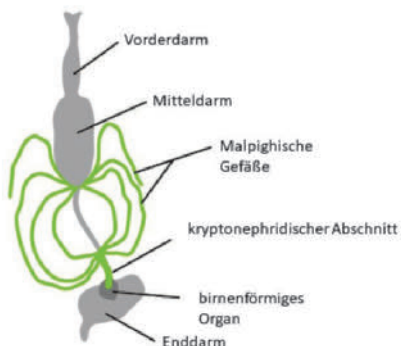


Abb. 4: Kryptonephrie. Larve von *Myrmeleon* sp., Darm und Malpighische Gefäße, verändert nach GAUMONT (1976).

Gefäßen mit dem Colon zur Reabsorption von H₂O sekundär terrestrisch gewordener Larven.

In den morphologischen Stammbäumen (U. ASPÖCK & H. ASPÖCK 2008, BEUTEL et al. 2010, RANDOLF et al. 2014) wurde die Kryptonephrie einmal, beziehungsweise zweimal „erfunden“ (Abb. 5), die aquatischen Larven der Nevrothidae haben ausschließlich fre endende Malpighische Schläuche. Die Larven der Sisyridae imponieren, obwohl sie aquatisch sind, mit (zwar nur) einem an den Colon gebundenen Malpighischen Schlauch (also einer schwachen Kryptonephrie) – das ist jedenfalls erklärungsbedürftig (HARING & U. ASPÖCK 2004). Dieses Phänomen könnte mit ihrem terrestrischen Intermezzo zwischen letzter aquatischer Larve und terrestrischer Puppe einhergehen. Bei den molekularen Stammbäumen (WANG et al. 2016, WINTERTON et al. 2017) wird die Kryptonephrie für die Stammart der Neuroptera und ein sekundärer Verlust bei Nevrothidae hypothesisiert (Abb. 6). Das entbehrt jeder Plausibilität.

Dass die Nevrothidae (U. ASPÖCK et al. 2017) als einzige Neuroptera-Familie eine aquatische Puppe haben (MALICKY 1984), alle übrigen (einschließlich der Sisyridae) eine terrestrische Puppe (Synapomorphie) – sei hier immerhin erwähnt.

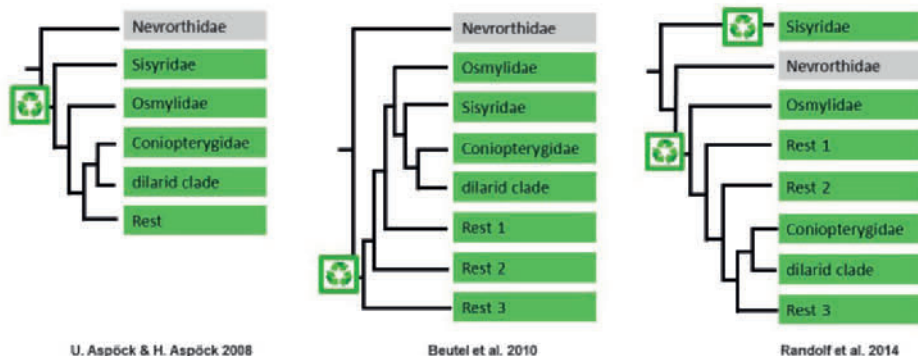


Abb. 5: Kryptonephrie (Recycling-Zeichen und grün) bei Larven von Neuroptera in drei morphologisch erstellten Stammbäumen.

Land, bei letzterem werden die Sisyridae allerdings sekundär aquatisch (Abb. 2). Im Kontext molekularer Bäume (WANG et al. 2016, WINTERTON et al. 2017) sind die Coniopterygidae die Schwestergruppe zum Rest und werden unabhängig von den übrigen Familien terrestrisch. Das bedeutet, dass im restlichen Stammbaum zusätzlich noch ein weiterer bzw. zwei weitere Landgänge nötig sind (Abb. 3).

Kryptonephrie bei Larven

Kryptonephrie (Abb. 4) ist die (komplex differenzierte) Verbindung von Malpighischen

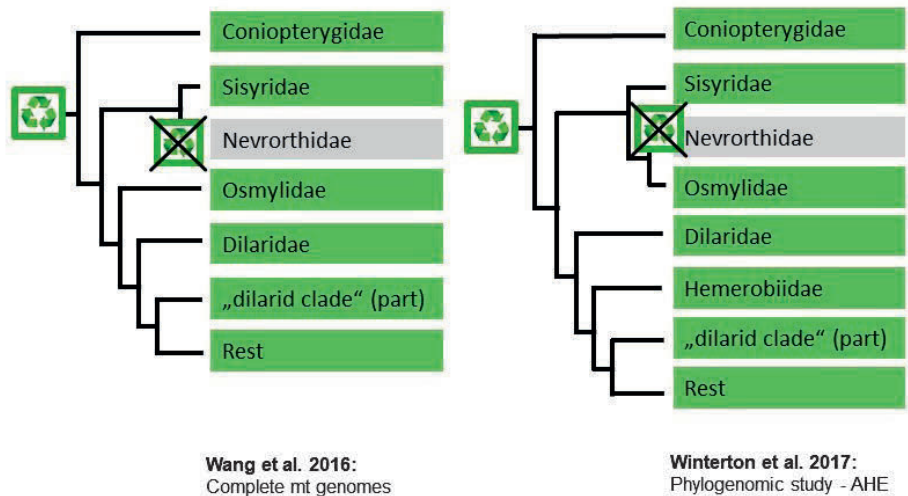


Abb. 6: Kryptonephrie (Recycling-Zeichen und grün) bei Larven von Neuroptera in zwei molekulargenetisch erstellten Stammbäumen.

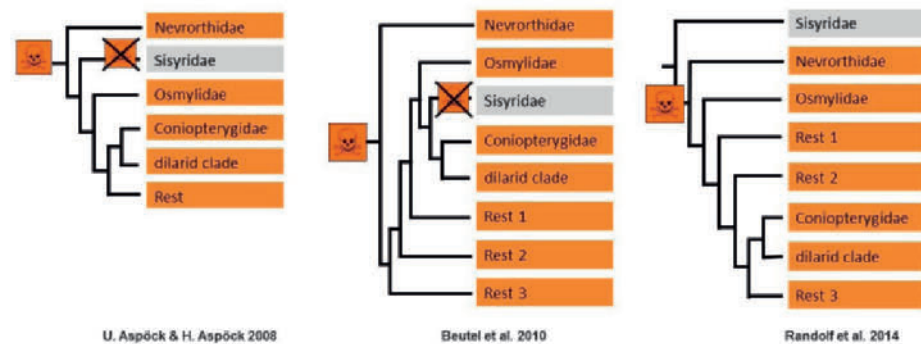


Abb. 7: Giftdrüse und Giftkanal (Totenkopf und orange) der Saugzangen der Larven von Neuroptera in drei morphologisch erstellten Stammbäumen.

Giftdrüse und Giftkanal der Saugzangen

Das Gift, das nach dem Einstich der Saugzangen (Abb. 1) die Beute lähmt, bewirkt auch eine extraintestinale Vorverdauung, sodass der Nahrungsbrei aufgesaugt werden kann. Dass die Giftdrüse und der Giftkanal zur Grundausrüstung der Saugzangen gehören, gemeinsam mit diesen evolvierten und nur bei den Sisyridae sekundär durch Anpassung an das Leben mit Schwämmen verloren gegangen sind (U. ASPÖCK & H. ASPÖCK 2008, BEUTEL et al. 2010), steht in Widerspruch zur Hypothese primär giftloser Sisyridae und Evolvierung des Gift-Systems als Synapomorphie der übrigen Familien (RANDOLF et al. 2014) (Abb. 7). (Hier geht ein Glaubenskrieg durch die „Wiener-Weiber-Werkstätte“.)

In den molekularen Stammbäumen (WANG et al. 2016, WINTERTON et al. 2017) ist die Obliteration des Gifts-Systems schlicht parsimonisch (Abb. 8).

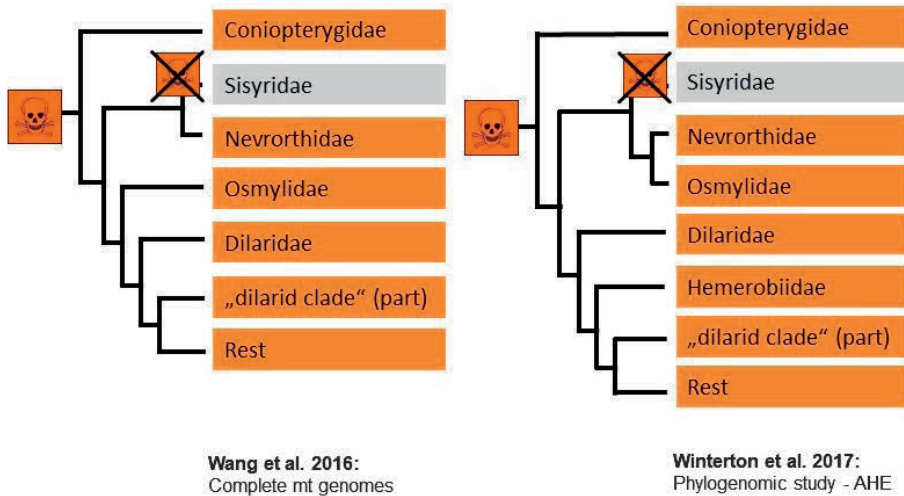


Abb. 8: Giftdrüse und Giftkanal (Totenkopf und orange) der Saugzangen der Larven von Neuroptera in zwei molekulargenetisch erstellten Stammbäumen.

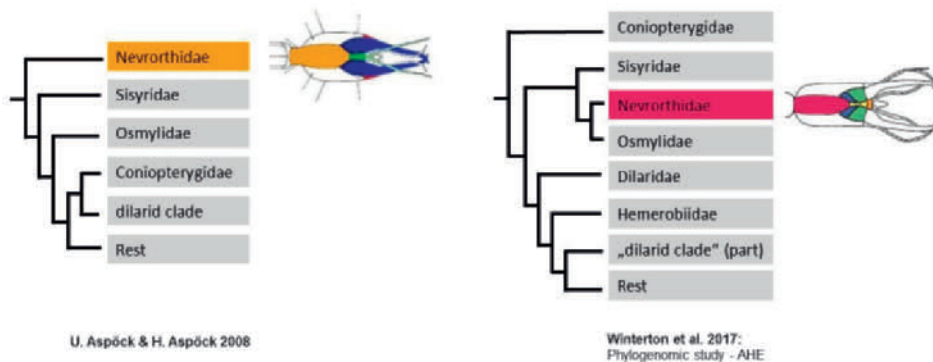


Abb. 9: *Nevrothus*. Larvale Gula. Orange als Teil der Grundausrüstung in morphologisch erstelltem Stammbaum, rot als Neubildung in molekulargenetisch erstelltem Stammbaum.

Die Gula des larvalen Kopfes von *Nevrothus*

Die Gula der *Nevrothus*-Larve – im Verband einer kompakten Kopfkapsel – wurde als „archaisch“ und homolog der Gula der Raphidioptera und Megaloptera interpretiert. Bei den übrigen Familien fehlt eine Gula oder sie ist zu einer winzigen Struktur reduziert (U. ASPÖCK 1992, U. ASPÖCK & H. ASPÖCK 2008) (Abb.9, links). WINTERTON et al. (2017) interpretieren – ihrem Stammbaum entsprechend – die larvale Gula von *Nevrothus* als Neuerfindung und lassen eine urtümliche Gula nur bei Raphidioptera und Megaloptera gelten (Abb. 9, rechts). Das ist weder plausibel noch morphologisch begründet.

Submentum-Drüse des adulten Kopfes von *Nevrothus* und *Osmylus*

Diese von RANDOLF et al. (2014) entdeckte Drüse ist bei *Nevrothus* und *Osmylus* identisch gebaut (Abb.10), mit einer Poren-Platte ausgestattet und ganz offensichtlich homolog.

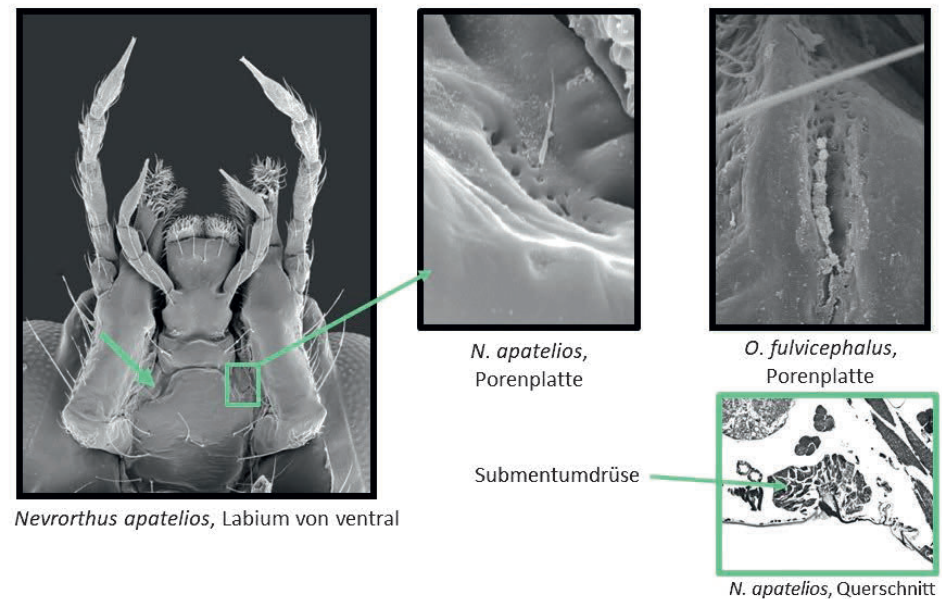


Abb. 10: Submentumdrüse bei *Neurothrus apatelios* und *Osmylus fulvicephalus*. Aus: RANDOLF et al. (2014).

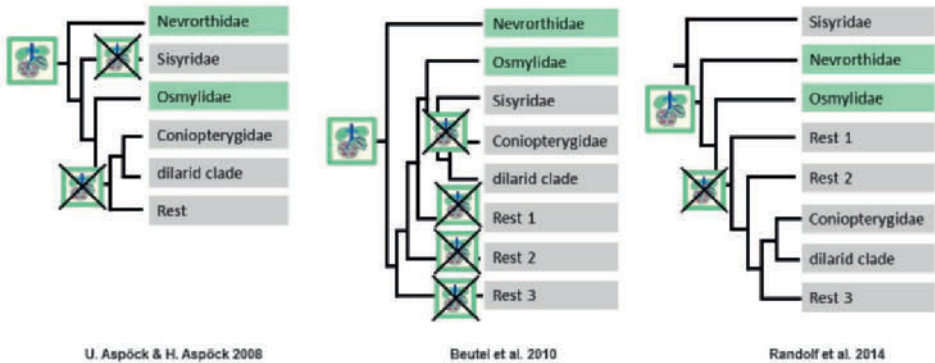


Abb. 11: Submentumdrüse (Symbol und grün) in drei morphologisch erstellten Stammbäumen.

Eine einmalige Entstehung dieses komplexen Organs bei der Stammart oder auf anderer Ebene mit einmaligem oder mehrmaligem Verlust (RANDOLF et al. 2014, U. ASPÖCK & H. ASPÖCK 2008, BEUTEL et al. 2010, WANG et al. 2016) sind als diverse Hypothesen allesamt weniger parsimonisch als die elegante Synapomorphie der beiden betroffenen Taxa in WINTERTON et al. (2017). Konfliktfrei ist das allerdings nicht – allein schon wegen der aquatischen bzw. terrestrischen Lebensweise der Larven (Abb. 11, 12).

Die Ozellen der adulten Osmylidae

Osmylidae sind die einzige Neuropteren-Familie mit Ozellen (Abb. 13) – eine Plesiomorphie (?) (U. ASPÖCK 2003.) In der Ordnung Raphidioptera hat nur die Familie Raphidiidae

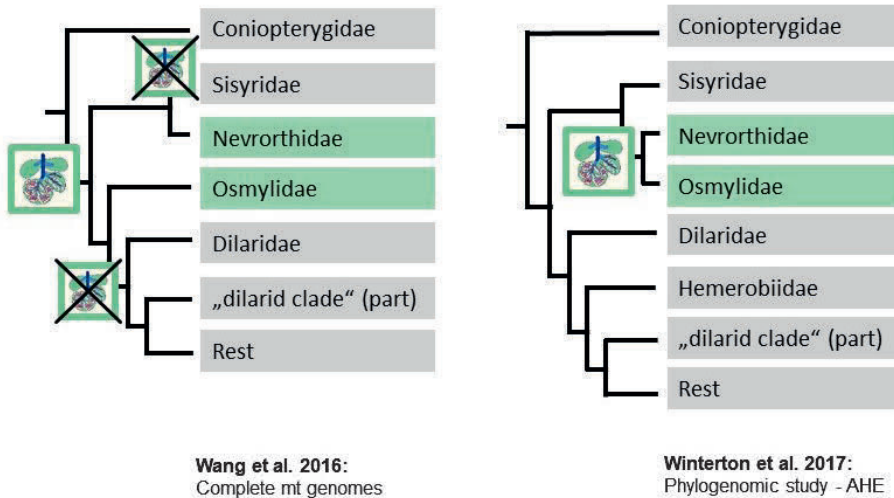


Abb. 12: Submentumdrüse (Symbol und grün) in zwei molekulargenetisch erstellten Stammbäumen.

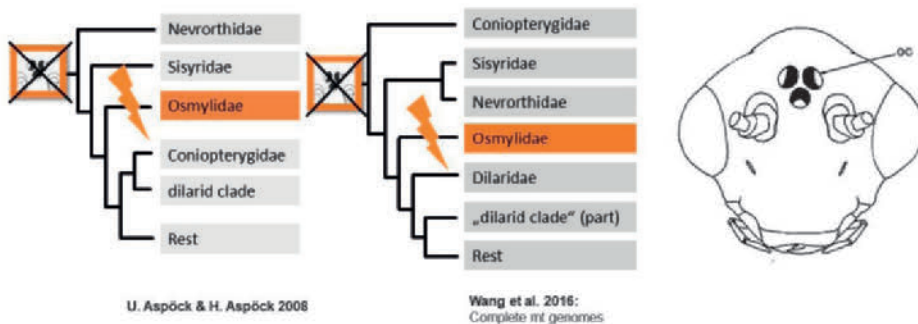


Abb. 13: Ozellen bei Osmylidae (Symbol und orange) in morphologisch erstelltem Stammbaum (links) und in molekulargenetisch erstelltem Stammbaum (rechts). Oc = Ocellus.

Ozellen, die Inocelliidae haben keine (mehr). In der Ordnung Megaloptera hat nur die Familie Corydalidae Ozellen, die Sialidae haben keine (mehr). In der Ordnung Neuroptera müssen die Ozellen, ganz unabhängig davon, welchen Stammbaum wir betrachten, mehrmals verloren gegangen sein. Wenn wir jedoch annehmen, dass schon die Stammart der Neuroptera die Ozellen verloren hat, sind die Ozellen der Osmylidae eine Re-expression und jedenfalls als „Deus ex Machina“ keine Plesiomorphie, sondern eine Apomorphie.

Paraglossen

Paraglossen bei adulten Neuroptera (RANDOLF et al. 2013, 2014) sind nach innen geklappte Anhänge des Labiums, die einen Speichel-Gang bilden und damit eine zielgenaue Landung des Speichels auf getrocknetem Honigtau und so dessen Auflösung ermöglichen (Abb.14). In den morphologischen Stammbäumen (z.B. RANDOLF et al. 2013, 2014) sind die Paraglossen allesamt eine Synapomorphie der Neuroptera (+ Megaloptera), die

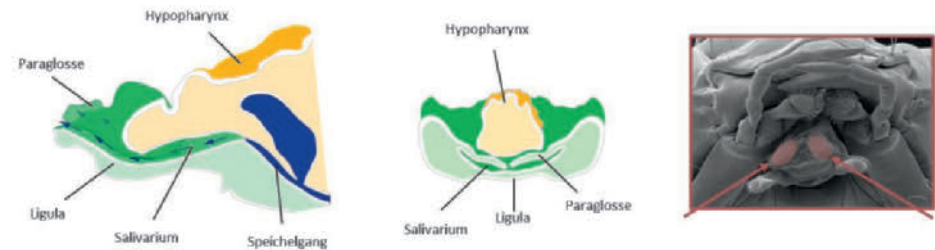


Abb. 14: Paraglossen des adulten Kopfes von *Sisyra terminalis* (links und Mitte), und von *Osmylus fulvicephalus* (rechts). RANDOLF et al. (2013).

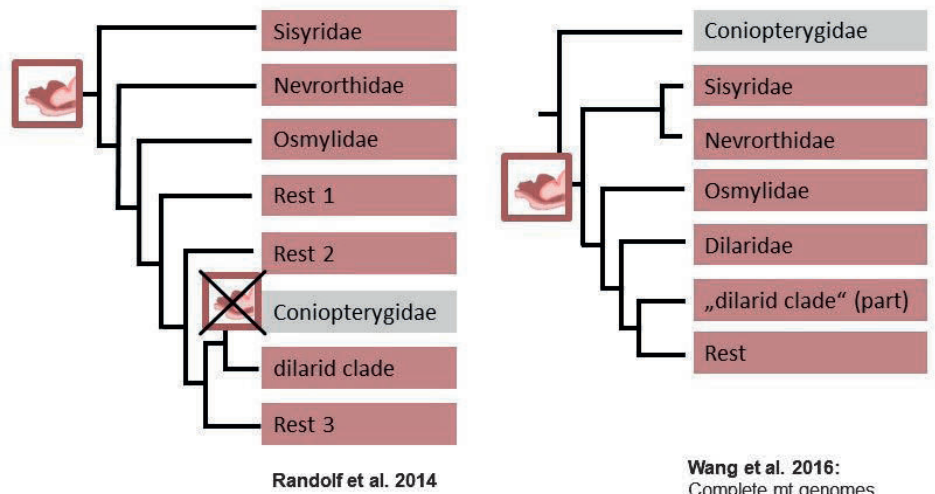


Abb. 15: Paraglossen bei Neuroptera (Symbol und rosa). Morphologisch erstellter Stammbaum (links) und molekulargenetisch erstellter Stammbaum (rechts).

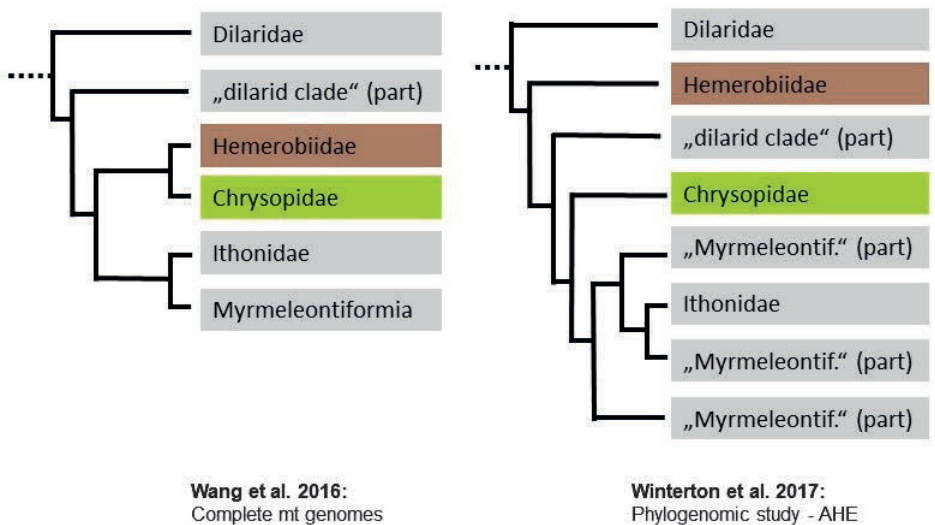


Abb. 16: Ausschnitte aus molekulargenetisch erstellten Stammbäumen, mt genomes (links), AHE (rechts): Hemerobiidae (braun) und Chrysopidae (grün).

nur bei den Coniopterygidae der Miniaturisierung zum Opfer gefallen ist (RANDOLF et al. 2017) (Abb. 15). In den molekularen Stammbäumen (z.B. WANG et al. 2016) sehen die Paraglossen aus wie eine (willkommene) Synapomorphie der Neuroptera exklusive der Coniopterygidae (Abb. 15). Ein Rarissimum! Allerdings ist der Verlust als ein Effekt der Miniaturisierung wahrscheinlich.

Hemerobiidae + Chrysopidae – die Unzertrennlichen

Hemerobiidae und Chrysopidae sind traditionelle Schwestergruppen in morphologischen Stammbäumen aber auch mitochondrial (U. ASPÖCK & H. ASPÖCK 2008, WANG et al. 2016). In der Mega-anchored-phylogenomics Analyse (WINTERTON et al. 2017) werden diese beiden Familien getrennt und nicht nachvollziehbar neu positioniert (Abb. 16).

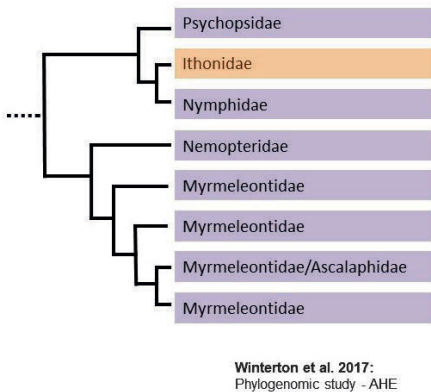


Abb. 17: Myrmeleontoidea nach WINTERTON et al. (2017). Ausschnitt aus dem molekulargenetisch (AHE) erstellten Stammbaum der Neuropterida. Lila: Myrmeleontiformia, ocker: Ithonidae, deren Schwestergruppe (U. ASPÖCK & H. ASPÖCK 2008, WANG et al. 2016).

Myrmeleontiformia – der Fels in der Brandung

Das durch die Familien Psychopsidae, Nymphidae, Nemopteridae, Myrmeleontidae und Ascalaphidae konstituierte, morphologisch aber auch mitochondrial gut begründete Monophylum (U. ASPÖCK & H. ASPÖCK 2008, BADANO et al. 2017, WANG et al. 2016) und dessen Schwestergruppe, die Ithonidae, werden in der Mega-anchored-phylogenomics Analyse (WINTERTON et al. 2017) zu einem Taxon Myrmeleontoidea, das ein Paraphylum Psychopsidae + (Ithonidae + Nymphidae) enthält (Abb. 17). Das ist – betrachtet man die Larven – gegen alle Plausibilität.

Was nun?

Das Karussell dreht sich weiter – wir können nur versuchen, eine Hypothese nach der anderen zu falsifizieren. Ob wir die einzig wahre Phylogenie jemals herausfinden werden, das ist die philosophische Frage.

Bleiben wir am Ball, seien wir verführerisch und bleiben wir verführbar für immer neue Hypothesen!

Literatur

- ASPÖCK U. 1992: Crucial points in the phylogeny of the Neuroptera (Insecta). – In: CANARAD M., ASPÖCK H. & MANSELL M.W. (Hrsg.): Current Research in Neuropterology. Proceedings of the 4th International Symposium on Neuropterology, Bagnères-de-Luchon, France: 63–73.
- ASPÖCK U. 2003: *Osmylus fulvicephalus* (SCOPOLI, 1763): Bilanz einer Karriere als Insekt des Jahres 2003. – Beiträge zur Entomofaunistik 4:129–131.

- ASPÖCK U. 2019: Towards a homologization of the male genital sclerites in Coniopterygidae (Neuroptera) – A tightrope dance. – In: WEIHRAUCH F., FRANK O., GRUPPE A., JEPSON J., KIRSCHHEY L. & OHL M. (Hrsg.): Proceedings of the XIII International Symposium on Neuropterology, 17.–22. Juni, Laufen, Deutschland: S. 63–78. – Verlag Osmylus.
- ASPÖCK U. & ASPÖCK H. 2008: Phylogenetic relevance of the genital sclerites of Neuropterida (Insecta: Holometabola). – Systematic Entomology 33: 97–127.
- ASPÖCK U. & ASPÖCK H. 2017: Coniopterygidae – die überschätzten Zwerge (Neuropterida: Neuroptera). – Entomologentagung Freising, 13.–16. März 2017, Programm und Zusammenfassungen: 60–61.
- ASPÖCK U. & ASPÖCK H. 2018: Der Kampf der Zwerge und der Nixen um die einzig wahre Phylogenie der Neuroptera (Insecta: Holometabola: Neuropterida). – DGaE (Deutsche Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie) Nachrichten 32 (1): 11–12.
- ASPÖCK U., ASPÖCK H. & HARING E. 2003: Phylogeny of the Neuropterida – Morphological Evidence and the Molecular Advocatus Diaboli. – In: KLASS, K.-D. (Hrsg.): Proceedings of the 1st Dresden Meeting on Insect Phylogeny: “Phylogenetic Relationships within the Insect Orders” – (Dresden, September 19–21, 2003) – Entomologische Abhandlungen 61 (2), 157–158.
- ASPÖCK U., ASPÖCK H. & HARING E. 2018: Neuropterida in the carrousel – Plausibility discussion of recent DNA-based trees. – In: PFAFF C., ZIMMERMANN D. & KRIWET J. (Hrsg.): Abstracts 19. Jahrestagung der Gesellschaft für Biologische Systematik, Wien, 11.–14. Februar 2018. – Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München: 6.
- ASPÖCK U., ASPÖCK H. & LIU X.-Y. 2017: The Nevrothidae, mistaken at all times: phylogeny and review of present knowledge (Holometabola, Neuropterida, Neuroptera). – Deutsche Entomologische Zeitschrift 64(2): 77–110.
- ASPÖCK U., HARING E. & ASPÖCK H. 2012: The phylogeny of the Neuropterida: long lasting and current controversies and challenges (Insecta: Endopterygota). – Arthropod Systematics & Phylogeny 70 (2): 119–129.
- BADANO D., ASPÖCK U., ASPÖCK H. & CERRETTI P. 2016: Phylogeny of Myrmeleontiformia based on larval morphology (Neuropterida: Neuroptera). – Systematic Entomology 42 (1): 94–117.
- BEUTEL R. G., FRIEDRICH F. & ASPÖCK U. 2010: The larval head of Nevrothidae and the phylogeny of Neuroptera (Insecta). – Zoological Journal of the Linnean Society 158: 533–562.
- HARING E. & ASPÖCK U. 2004: Phylogeny of the Neuropterida: a first molecular approach. – Systematic Entomology 29: 415–430.
- GAUMONT J. 1976: La appareil digestiv des larves de Planipennes. – Annales des Sciences Naturelles. Zoologie et Biologie Animale (12)18: 145–250.

- MALICKY H. 1984: Ein Beitrag zur Autökologie und Bionomie der aquatischen Netzflüglergattung *Neurorthus* (Insecta, Neuroptera, Neurorthidae). — Archiv für Hydrobiologie 101: 231–246.
- MISOFF B., LIU S., MEUSEMANN K., PETERS R.S., DONATH A., MAYER C., FRANDSEN P.B., WARE J., FLOURI T., BEUTEL R.G., NIEHUIS O., PETERSEN M., IZQUIERDO-CARRASCO F., WAPPLER T., RUST J., ABERER A.J., ASPÖCK U., ASPÖCK H., BARTEL D., BLANKE A., BERGER S., BÖHM A., BUCKLEY T.R., CALCOTT B., CHEN J., FRIEDRICH F., FUKUI M., FUJITA M., GREVE C., GROBE P., GU S., HUANG Y., JERMIIN L.S., KAWAHARA A.Y., KROGMANN L., KUBIAK M., LANFEAR R., LETSCH H., LI Y., LI Z., LI J., LU H., MACHIDA R., MASHIMO Y., KAPLI P., MCKENNA D.D., MENG G., NAKAGAKI Y., NAVARRETE-HEREDIA J.L., OTT M., OU Y., PASS G., PODSIADLOWSKI L., POHL H., VON REUMONT B.M., SCHÜTTE K., SEKIYA K., SHIMIZU S., SLIPINSKI A., STAMATAKIS A., SONG W., SU X., SZUCSICH N.U., TAN M., TAN X., TANG M., TANG J., TIMELTHALER G., TOMIZUKA S., TRAUTWEIN M., TONG X., UCHIFUNE T., WALZL M.G., WIEGMANN B.M., WILBRANDT J., WIPFLER B., WONG T.K., WU Q., WU G., XIE Y., YANG S., YANG Q., YEATES D.K., YOSHIZAWA K., ZHANG Q., ZHANG R., ZHANG W., ZHANG Y., ZHAO J., ZHOU C., ZHOU L., ZIESMANN T., ZOU S., LI Y., XU X., ZHANG Y., YANG H., WANG J., WANG J., KJER K.M., ZHOU X. 2014: Phylogenomics resolves the timing and pattern of insect evolution. — Science 346 (763): 763–767. With supplements.
- PETERS R. S., MEUSEMANN K., PETERSEN M., MAYER C., WILBRANDT J., ZIESMANN T., DONATH A., KJER K.M., ASPÖCK U., ASPÖCK H., ABERER A., STAMATAKIS A., FRIEDRICH F., HÝNEFELD F., NIEHUIS O., BEUTEL R.G. & MISOFF B. 2014. The evolutionary history of holometabolous insects inferred from transcriptome-based phylogeny and comprehensive morphological data. — BioMed Central Evolutionary Biology 14(1): 52
- RANDOLF S., ZIMMERMANN D., ASPÖCK U. 2013: Head anatomy of adult *Sisyra terminalis* (Insecta: Neuroptera: Sisyridae) – Functional adaptations and phylogenetic implications. — Arthropod Structure & Development 42: 565–582.
- RANDOLF S., ZIMMERMANN D., ASPÖCK U. 2014: Head anatomy of adult *Neurorthus apatelioides* and basal splitting events in Neuroptera (Neuroptera: Neurorthidae). — Arthropod Systematics and Phylogeny 72 (2): 111–136.
- RANDOLF S., ZIMMERMANN D. & ASPÖCK U. 2017: Head anatomy of adult *Coniopteryx pygmaea* Enderlein, 1906: Effects of miniaturization and the systematic position of Coniopterygidae (Insecta: Neuroptera). — Arthropod Structure and Development 46: 304–322.
- WANG Y., LIU X.-Y., GARZÓN-ORDUÑA I.J., WINTERTON S.L., YAN Y., ASPÖCK U., ASPÖCK H. & YANG D. 2016: Mitochondrial phylogenomics illuminates the evolutionary history of Neuropterida. — Cladistics 33 (6): 1–20.
- WINTERTON S. L., LEMMON A. R., GILLUNG J. P., GARZON I. J., BADANO D., BAKKES D. K., BREITKREUZ L.C.V., ENGEL M.S., LEMMON E.M., LIU X.-Y., MACHADO R. J., SKEVINGTON J. H. & OSWALD J. 2017: Evolution of lacewings and allied orders using anchored phylogenomics (Neuroptera, Megaloptera, Raphidioptera). — Systematic Entomology 43(2) 330–354.

ZIMMERMANN D., RANDOLF S. & ASPÖCK U. 2019: From chewing to sucking via phylogeny – from sucking to chewing via ontogeny: Mouthparts of Neuroptera. In: KRENN, H. (Hrsg.): Insect Mouthparts – Form, Function, Development and Performance. Zoological Monographs Vol. 5 – Springer International Publishing, 290 pp.

Anschriften der VerfasserInnen

Univ.-Prof. Dr. Ulrike Aspöck, Naturhistorisches Museum Wien, 2. Zoologische Abteilung, Burgring 7, 1010 Wien; Department für Evolutionsbiologie, Universität Wien, Althanstraße 14, 1090 Wien. E-Mail: ulrike.aspoeck@nhm-wien.ac.at, ulrike.aspoeck@univie.ac.at

Dr. Susanne Randolph, Naturhistorisches Museum Wien, 2. Zoologische Abteilung, Burgring 7, 1010 Wien. E-Mail: susanne.randolf@nhm-wien.ac.at

Dr. Dominique Zimmermann, Naturhistorisches Museum Wien, 2. Zoologische Abteilung, Burgring 7, 1010 Wien. E-Mail: dominique.zimmermann@nhm-wien.ac.at

Univ.-Prof. Dr. Horst Aspöck, Department of Medical Parasitology, Institute of Specific Prophylaxis and Tropical Medicine, Medical University of Vienna, Kinderspitalgasse 15, 1090 Wien. E-Mail: horst.aspoeck@meduniwien.ac.at

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Entomologica Austriaca](#)

Jahr/Year: 2020

Band/Volume: [0027](#)

Autor(en)/Author(s): Aspöck Ulrike, Randolph Susanne, Zimmermann Dominique,
Aspöck Horst

Artikel/Article: [Abenteuer Stammbaum – Neuropterida zwischen Karussell und Seiltanz 255-267](#)