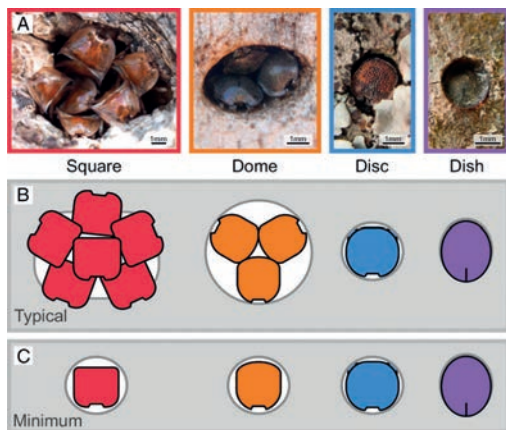




**Abb. 1** A Typische Nesteingänge und die Köpfe der vier Typen von Schildkrötenameisen.

**B** Schema der Verhaltensweisen der vier Typen: 1. Quadratische Köpfe zu mehreren im großen Eingang; 2. Köpfe kuppelförmig zu mehreren mit Mandibeln zum Rand hin in kleineren Eingängen; 3. Köpfe einzeln mit scheibenförmigem Kopf, der innen an den Rand der Öffnung gedrückt wird; 4. Köpfe einzeln mit schalenförmigem Kopf, dessen Rand von außen dem Nesteingang aufliegt und so angezogen wird, dass er die Öffnung wie ein Deckel verschließt. **C** Die minimal mögliche Größe der Öffnung und das dazu passende Verhalten der vier Kopftypen. (Aus POWELL et al. 2020, fair use)

Das Modell von CHOI & KIM (2020) führt also zu dem Schluss, dass die spezifischen Eigenheiten der Proteome von Archaeen, Bakterien, Pilzen, Pflanzen und Tieren sehr früh und in einem vergleichsweise kurzen Zeitraum auftauchen.

[CHOI J & KIM S-H (2017) A genome Tree of Life for the Fungi kingdom. Proc. Natl. Acad. Sci. 114, 9391–9396 • CHOI J & KIM S-H (2020) Whole-proteome tree of life suggest a deep burst of organism diversity. Proc. Natl. Acad. Sci., doi: 10.1073/pnas.1915766117 • JUN S-R, SIMS GE, WU GA & KIM S-H (2010) Whole-proteome phylogeny of prokaryotes by feature frequency profiles: An alignment-free method with optimal feature resolution. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 107, 133–138 • SIM GE, JUN S-R, WU GA & KIM S-H (2009) Alignment-free genome comparison with feature frequency profiles (FFP) and optimal resolutions. Proc. Natl. Acad. Sci. 106, 2677–2682] H. Binder

## ■ Schildkrötenameisen: Abruf vorhandener Optionen statt Evolution?

Die Welt der Ameisen ist ein erstaunlicher Kosmos für sich. Sie beeindruckt nicht nur mit einer schier unerschöpflichen Formenvielfalt, sondern auch mit überaus zahlreichen höchst ungewöhnlichen Verhaltensweisen. Einige davon haben wir in den letzten Jahren in diesem Journal vorgestellt, zum Beispiel die

Gärtnerei und einen Rettungsdienst (BRAUN 2017; 2018).

Bei den Schildkrötenameisen (Gattung *Cephalotes*) verrät schon der Name, dass ihr Aussehen nicht ganz „gewöhnlich“ ist. Ihre Benennung resultiert aus ihrer flachgedrückten Form. Sie sind in der Lage, durch die Luft zu gleiten und können dabei die Richtung bestimmen, wenn sie von einem Ast herunter fallen. Ungewöhnlich ist auch der große Kopf der Soldaten-Kaste; er ist bei verschiedenen Arten – je nach Art des Nesteingangs und der besiedelten Gänge – unterschiedlich geformt (Abb. 1). Mit den Köpfen decken die Ameisen den Eingang ab und verteidigen ihn als „lebende Türen“ gegen Eindringlinge. Die Ameisen graben die Gänge dabei nicht selbst, sondern besiedeln die von holzbohrenden Käfern ausgegrabenen Gänge.

Manche Köpfe ähneln Schacht-abdeckungen und können damit die Eingänge perfekt abschließen. Andere haben quadratische Köpfe, die sie zu Blockaden aus mehreren Mitgliedern zusammensetzen, gleich überlappenden Schilden. Bei anderen Formen erinnert der Kopf gar an die Batman-Maske (so „ameise23“ auf Youtube, <https://www.youtube.com/watch?v=wUadVEu36UY>).

Eine Forschergruppe hat kürzlich 89 Arten von Schildkrötenameisen der artenreichen Gattung *Cephalotes* auf ihre Kopfformen hin untersucht. Die Autoren unterscheiden vier Typen von Köpfen der Soldaten, die mit der Größe der Soldaten zusammenhängen: quadratisch, kuppel-, scheiben- oder schalenförmig (Abb. 1). Die Größe der Köpfe ist ebenfalls unterschiedlich. Auch eine Gruppe von Schildkrötenameisenarten, die keine Soldaten haben, wurde in die Untersuchung einbezogen. Unterschiede zeigen sich außer in Form und Größe des Kopfes auch im Verhalten beim Nestverschluss.

Aus evolutionstheoretischer Sicht wurde erwartet, dass die Veränderungen der Kopfform innerhalb der Gattung *Cephalotes* von einfach nach komplex erfolgte. Die ersten Schildkrötenameisen sollten demnach keine Soldaten gehabt haben, und die Evolution der Köpfe sollte allmählich in Richtung einer Spezialisierung

verlaufen sein – angefangen bei den unspezifisch geformten quadratischen Köpfen bis hin zu hohen maßgeschneiderten Tellerköpfen. Werden die Ameisen nach genetischen Ähnlichkeiten gruppiert, aus denen Abstammungsabfolgen erschlossen werden, ergibt sich jedoch ein unerwartetes Ergebnis. Die Analyse legt nahe, dass der älteste mutmaßliche gemeinsame Vorfahr wahrscheinlich einen quadratischen Kopf hatte. Davon stammt eine Reihe von Arten mit unterschiedlichen Spezialisierungsstufen ab, aber auch solche ohne Soldaten (die zuvor mutmaßliche Ausgangsform). Die Übergänge zu unterschiedlichen Ausprägungen müssen außerdem zwei- bis mehrfach erfolgt sein (Konvergenz); insgesamt ermittelten die Forscher 11 Übergänge, von denen drei zum Verlust der Soldatenkaste führten. Die Scheibenform des Kopfes, die früher als der am stärksten spezialisierte und abgeleitete Zustand angesehen wurde, scheint bis zu fünf Mal verloren gegangen bzw. in eine andere Form übergegangen zu sein (POWELL et al. 2020, 6610; vgl. Abb. 2). Somit kehrten also spezialisierte Arten später die Richtung um und entwickelten sich wieder zu allgemeineren Kopfformen – ein Zickzackkurs. Ein Verlauf von einfach zu komplex findet sich also bei den Schildkrötenameisen nicht.

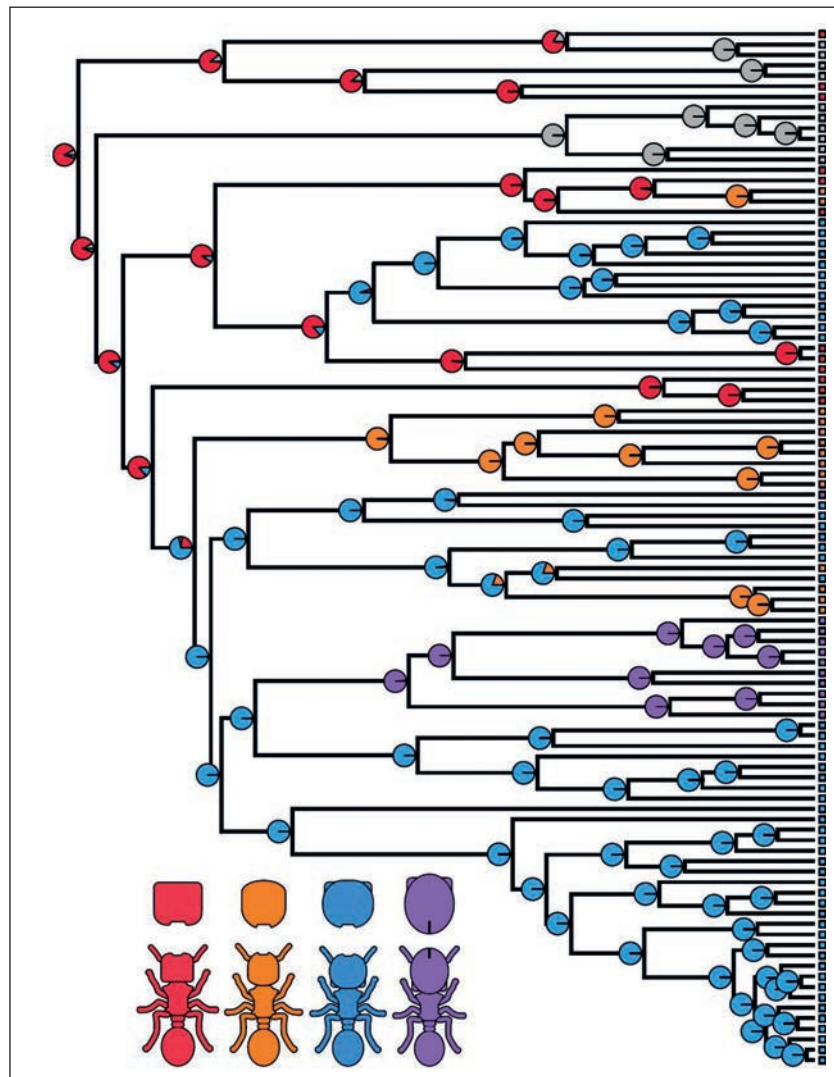
Die durchschnittliche Kopfbreite unterscheidet sich bei den Kuppel-, Scheiben- und Schalen-Kopfarten nicht signifikant. Nur der mutmaßlich ursprüngliche quadratische Kopf geht mit einem größeren Kopf einher, während die anderen Formen nicht mit einer bestimmten Kopfgröße gekoppelt sind (POWELL et al. 2020, 6611).

**Wie kann man diese Befunde interpretieren?** Üblicherweise wird angenommen, dass spezialisierte Arten in ihrer engen Nische verbleiben – Spezialisierung als Einbahnstraße. Die Schildkrötenameisen erweisen sich diesbezüglich jedoch als dynamisch und in verschiedene Richtungen als anpassungsfähig. Das Hin und Her lässt sich am besten so verstehen, dass innerhalb der Gattung *Cephalotes* verschiedene Optionen abrufbar sind, die entsprechend der jeweiligen Lebensweise genutzt werden können.

Diese Situation kann als Beispiel für Mendel'sche Artbildung interpretiert werden, wonach Artbildung auf prä-existent (bereits vorliegenden) genetischen Programmen beruht. Dies ermöglicht Änderungen innerhalb weniger Generationen, da Unterschiede zwischen den Arten nicht in langwierigen und zeitraubenden Mutations-Selektions-Zyklen aufgebaut werden müssen, sondern bereits angelegt sind (CROMPTON 2019; Details dort). Latente genetische Programme bieten auch eine gute Erklärung sowohl für mehrfach unabhängiges (konvergentes) Auftreten gleicher Merkmale und Merkmalsausprägungen als auch für die Rückkehr zu einfacheren Ausprägungen (durch erneutes „Verdecken“ bestimmter Merkmale und Merkmalsausprägungen). Dagegen ist mehrfaches konvergentes Auftreten von Merkmalen und Merkmalsausprägungen nicht zu erwarten, wenn die Basis dafür Zufallsmutationen wären. Die Veränderungen bewegen sich dabei aber nur innerhalb enger Formenkreise, die man als genetische Familien bezeichnen kann.

Die Autoren verweisen auf weitere Beispiele mit ähnlicher Befundlage. In diesem Journal haben wir einen vergleichbaren Befund bei Supersoldatinnen der Ameisengattung *Pheidole* vorgestellt (JUNKER 2012). Bei einigen wenigen Arten dieser Gattung gibt es neben zwei Arbeiterkassen noch eine sehr große Kaste von „Supersoldatinnen“ mit extrem großen Köpfen. Auch hier spricht die phylogenetische Analyse dafür, dass das genetische Potenzial für die Supersoldatinnen schon im gemeinsamen Vorläufer der Gattung *Pheidole* vorhanden war, mehrfach unabhängig auftritt und auch heute noch in vielen Arten abrufbar ist.

[CROMPTON N (2019) Mendel'sche Artbildung und die Entstehung der Arten. [https://www.wort-und-wissen.org/wp-content/uploads/b-19-3\\_mendel.pdf](https://www.wort-und-wissen.org/wp-content/uploads/b-19-3_mendel.pdf) • BRAUN HB (2017) Ant-Man als Plant-Man. Ameisen als Pflanzenzüchter. Stud. Integr. J. 24, 37–39 • BRAUN HB (2018) Neues vom Gesundheitssystem der Ameisen. Stud. Integr. J. 25, 92–93 • JUNKER R (2012) Am Anfang die Vielfalt? Stud. Integr. J. 19, 97–99 • POWELL S, PRICE SL & KRONAUER DJC (2020) Trait evolution is reversible, repeatable, and decoupled in the soldier caste of turtle ants. Proc. Natl. Acad. Sci. 117, 6608–6615.] R. Junker



**Abb. 2** Evolution der Soldaten-Morphotypen bei den Schildkrötenameisen, unter Einbeziehung von Daten zu Kopfbreiten heutiger Arten. Der Soldaten-Morphotyp ist farblich gekennzeichnet wie in Abb. 1 (unten links: rot für Morphotyp mit quadratischem Kopf, orange für Kuppel, blau für Scheibe und violett für Schale). Grau kennzeichnet das Fehlen einer Soldatenkaste. Man beachte das mehrfach unabhängige Auftreten verschiedener Morphotypen. Kuchendiagramme zeigen die Schätzungen der maximalen Wahrscheinlichkeit für ancestrale Formen des Morphotyps an den Knoten. Quadrate an den Spitzen zeigen die Morphotypen (farbig) oder die Abwesenheit (grau) einer Soldatenkaste bei den heutigen Arten. (Aus POWELL et al. 2020, fair use)

## ■ „Schnabeltier der Krabbenwelt“

Das kuriose Schnabeltier vereinigt in sich Merkmale, die typisch für verschiedene Gruppen von Lebewesen sind: Es hat ein Fell und Milchdrüsen (gehört daher zu den Säugetieren), legt aber Eier und hat einen entenartigen Schnabel, einen Ruderschwanz (das Tier lebt im Wasser) und einige spezielle Merkmale wie einen Giftsporn. Als evolutionäres Bindeglied kann es nicht interpretiert werden und wird daher auf einen eigenen Zweig in der Systematik der Säugetiere gestellt.

Nun wurde ein ähnlich ungewöhnliches „Mischwesen“ unter den fossilen Krabben (Brachyura) entdeckt (LUQUE et al. 2019). Neben

vielen anderen Krebsarten wurden etwa 70 vorzüglich erhaltene Exemplare der neuen, maximal nur münzgroßen fossilen Art in Ablagerungen der Oberkreide entdeckt (auf 90–95 Millionen radiometrische Jahre datiert), und zwar sowohl in Kolumbien als auch in den USA. Die neue Art erhielt den Namen *Callichimera perplexa*, was so viel bedeutet wie „schönes rätselhaftes Mischwesen“. Ungewöhnlich ist die Kombination von Merkmalen mehrerer Krebsformen: Die Art besaß Komplexaugen, die für Krebslarven typisch sind, ein garnelenartiges Maul mit dünnen Mundwerkzeugen, Scheren wie bei Froschkabben und einen hummerartigen spindelförmigen Panzer (vgl. Abb. 1). Und es besaß