

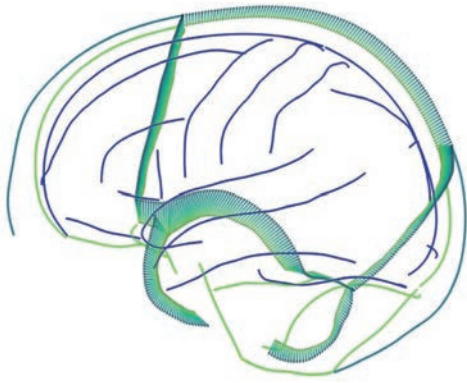


Abb.1 Visualisierung der topografischen Beziehungen von Strukturen des Gehirns (blau), des Innenschädels (hellgrün) und des Außenschädels beim Menschen (dunkelgrün). (Nach WARREN 2019, Fig. S5)

Frage zu beantworten, in welchem Ausmaß strukturelle Variationen des Neurocraniums (Hirnschädel) mit strukturellen Variationen des Gehirns innerhalb und zwischen den beiden untersuchten Taxa korrelieren (Abb. 1). Die Ergebnisse lassen dann auch die Beantwortung der Frage zu, ob bei fossilen Homininen von Hirnschädelmerkmalen auf die Merkmale des schon lange verwesten Gehirns geschlossen werden kann.

WARREN et al. (2019) kommen zum Ergebnis, dass die räumlichen Beziehungen zwischen den Hirnstrukturen und den Strukturen des Hirnschädels bei Mensch und Schimpanse verschieden sind. Beispielsweise kreuzen beim Schimpansen der Sulcus praecentralis und die Sutura coronalis (Kranz- oder Scheitellaht) in ihrer mittleren Region, während beim Menschen der Sulcus praecentralis in ganzer Länge vor der Sutura coronalis lokalisiert ist. Das Tentorium cerebelli (Kleinhirnzelt) und die Sutura lambdoidea sind bei Mensch und Schimpanse ähnlich lokalisiert, das Foramen magnum (Großes Hinterhauptsloch) und die Fossa cerebellaris (Kleinhirnschädelgrube) befinden sich beim Menschen aber mehr vorn.

Das bedeutet, dass von Merkmalen des Hirnschädels nicht sicher auf die Hirnstruktur geschlossen werden kann.

Es gibt nicht nur wenig Korrelation zwischen den Hirnschädelstrukturen und den Gehirnstrukturen bei Mensch und Schimpanse, sondern auch innerhalb beider Taxa.

Interessant ist auch das weitere Ergebnis der neuen Studie, dass der Hirnschädel des Menschen zwar mehr kugelig konfiguriert ist als der des Schimpansen, dass aber das Gehirn des Menschen nicht gleichermaßen eine kugelige Form aufweist. Der Unterschied zwischen der Form des Schädels und der des Gehirns ist nach WARREN et al. (2019) durch einen größeren Raum zwischen Gehirn und Schädel, wahrscheinlich durch einen voluminöseren Sinus sagittalis (venöse Blutleiter), beim Menschen bedingt.

Spezifische Merkmale des menschlichen Hirnschädels – die relative Vergrößerung des Parietalknochens und die charakteristische kugelige Form beim modernen Menschen sowie die mehr vordere Position des Großen Hinterhauptloches und der hinteren Schädelgrube im Vergleich zum Schimpansen – reflektieren nach WARREN et al. (2019) am wahrscheinlichsten das große Hirnvolumen und/oder die Beziehung zwischen Hirnschädel und Gesicht im Zusammenhang mit der Fortbewegung.

Es bleiben noch die manchmal in den inneren Schädelknochen eingedrückten Hirnfurchen, von denen auf die Gehirnstruktur geschlossen wird. Auch hier führen die Ergebnisse von WARREN et al. (2019) zu einer Ernüchterung. FALK et al. (2018) haben mit Hilfe der Magnetresonanztomografie beim Schimpansen eine viel größere interindividuelle Variation der Hirnfurchen im Stirnappen nachgewiesen als bisher bekannt. Dabei stellten sie fest, dass auch bei Schimpansengehirnen ein menschlicher Sulcus frontalis medius zu finden ist. Außerdem können Schimpansengehirne im Bereich der unteren Stirnappenwindung ein dreieckiges Rindenareal mit einem vorn und hinten begrenzenden kleinen Sulcus am oberen Ende des Sulcus fronto-orbitalis aufweisen und damit die menschentypische Pars triangularis mit Ramus anterior und Ramus ascendens der Fissura lateralis imitieren. Die Pars triangularis ist Teil des Sprachgebietes nach Broca.

WARREN et al. (2019) haben nun in diesem Bereich eine weitere Verwechslungsmöglichkeit aufgedeckt. Der Ramus ascendens des

Sulcus lateralis, der die Pars triangularis des Menschen von hinten begrenzt, und der inferiore Anteil des Sulcus praecentralis des Schimpansen können eine ähnliche Position und Ausrichtung aufweisen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass Hirnfurchen des Schimpansen den Hirnfurchen des Menschen im Bereich des Sprachgebietes nach Broca zum Verwechseln ähnlich sein können. Die Ergebnisse von WARREN et al. (2019) weisen auf eine weitere Einschränkung der Interpretation von Sulcusimpressionen auf fossilen homininen Endocasts bei der Beurteilung großaffenähnlich versus menschenähnlich hin. Derzeit kann lediglich der Nachweis des Sulcus fronto-orbitalis auf Schädelinnen- ausgüssen fossiler Homininen als sicheres großaffentypisches Merkmal gewertet werden (siehe BRANDT 2019). Wird auch dieses Kriterium noch eine Relativierung erfahren?

[BRANDT M (2019) *Australopithecus* – Vörmensch oder Großaffe?. Alte Hypothesen und neue Befunde zur Hirnstruktur. W+W Special Paper B-19-1, 1-19 • FALK D, ZOLLIKOFER CPE et al. (2018) Identification of in vivo sulci on the external surface of eight adult chimpanzee brains: Implications for Interpreting early hominin endocrasts. Brain Behav. Evol. 91, 45–58 • WARREN JLA, PONCE DE LEÓN MS, HOPKINS WD & CPE ZOLLIKOFER (2019) Evidence for reindexing brain and neurocranial reorganization during hominin evolution. <https://doi.org/10.1073/pnas.1905071116>] M. Brandt

■ **Asfaltovenator vialidadi** – ein Dinosaurier so seltsam wie sein Name

Fossilfunde, die zeitlich, d.h. in der geologischen Schichtenabfolge, im Bereich der Basis einer größeren Gruppe stehen, besitzen häufig Merkmale, die insgesamt für diese Position nicht passen (vgl. den Beitrag über *Parmastega* in dieser Ausgabe). Von einem weiteren solchen Fund – *Asfaltovenator vialidadi* – berichten der Münchner Paläontologe Oliver RAUHUT und der argentinische Paläontologe Diego POL. Es handelt sich um einen gut erhaltenen Dinosaurier aus mitteljurasischen Schichten, der zur Gruppe der Tetanurae gestellt wird und zu deren geologisch ältesten Fossilfunden

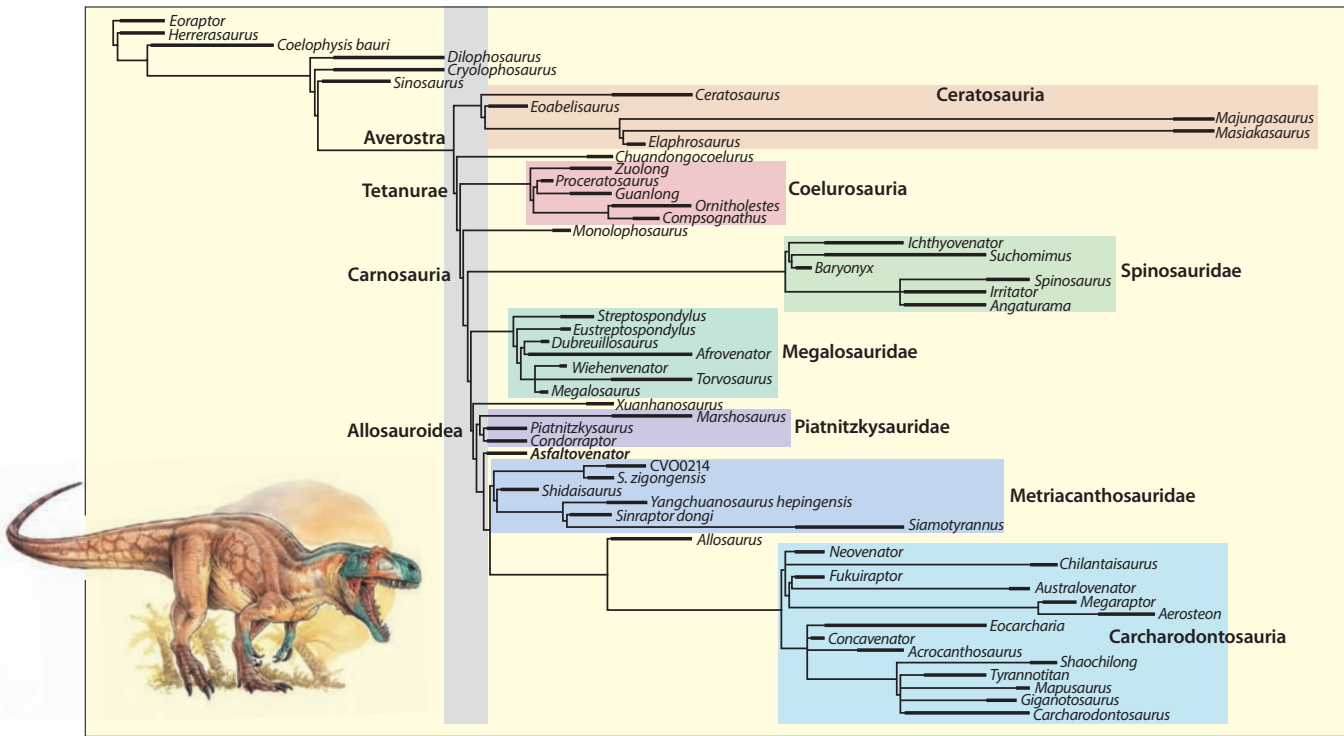


Abb. 1 Rekonstruktion von *Asfaltovenator* (Zeichnung: Gabriel Lio) und ein Cladogramm der Tetanuren-Dinosaurier. Demnach muss evolutionstheoretisch eine sehr schnelle Aufspaltung verschiedener Dinosaurier-Formen angenommen werden (graue Unterlegung). (Nach RAUHUT & POL 2019)

gehört. „Tetanurae“ bedeutet „starre Schwänze“, eine größere Gruppe zweibeiniger Dinosaurier, zu denen bekanntere Formen wie *Tyrannosaurus rex*, *Allosaurus* oder *Velociraptor* gehören; aus dieser Gruppe sollen auch die Vögel entstanden sein. *Asfaltovenator* war etwa 8 m lang; erhalten sind außer dem 80 cm langen Schädel die gesamte Wirbelsäule, vollständige Arme und Teile der Beine.

Ungewöhnlich und für die Wissenschaftler überraschend ist die Kombination von Merkmalen, die bisher als apomorph (evolutionär abgeleitet, spezialisiert) für verschiedene Gruppen gehalten wurden. So vereinigt *Asfaltovenator* Merkmale der Megalosauroidae, der Allosauroidae und verschiedener einzelner Gattungen (RAUHUT & POL 2019, 6). Eine Gattung, die an die Basis einer Gruppe gestellt wird, sollte aus evolutionstheoretischer Sicht jedoch idealerweise nur primitive (ursprüngliche) Merkmale besitzen. Und von diesen beginnend sollten sich in verschiedenen Linien allmählich unterschiedliche abgeleitete Merkmale entwickeln, aus denen die Abstammungsverhältnisse erschlossen werden. Stattdessen findet sich bei *Asfaltovenator* eine zusammengewürfelte Mischung von abgeleiteten Merkmalen ver-

schiedener Gruppen. In Beziehung zur Verteilung der Merkmale bei anderen Gattungen erfordert der Befund die Annahme extrem häufiger Konvergenzen und Parallelismen bei den verschiedenen Dinosauriergruppen (RAUHUT & POL 2019, 7). Das heißt: Viele Merkmale müssten sich mehrfach unabhängig in verschiedenen Linien entwickelt haben. Ihre Verteilung stellt sich ziemlich unsystematisch dar. Folge ist einmal mehr, dass Ähnlichkeiten keine sicheren Indizien hinsichtlich eines gemeinsamen Vorfahren sind. Das liegt daran, dass manche Ähnlichkeiten, die bisher für homolog (abstammungsbedingt) gehalten wurden, nun als konvergent (unabhängig entstanden) eingestuft werden müssen. Die Autoren stellen selber fest, dass diese Situation es schwierig mache, Abstammungszusammenhänge an der Basis größerer Linien zu ermitteln. Verlässliche Rückschlüsse auf die stammesgeschichtlichen Beziehungen der Hauptgruppen und ihrer Untergruppen seien derzeit nicht möglich. Und dies sei auch bei anderen Hauptgruppen der Wirbeltiere verbreitet der Fall.

RAUHUT & POL (2019) vermuten schnelle, fast explosive Evolutionsprozesse (Abb. 1) infolge eines vorangegangenen Aussterbeereignisses (des

sog. „Toarcian Anoxic Event“) als Ursache dieser eigenartigen Merkmalsverteilung. Aufgrund der freigegebenen Lebensräume und damit einhergehender geringerer Selektionsdrücke habe es als Resultat eine experimentelle Phase der Evolution gegeben. Bemerkenswert ist auch, dass die in Abb. 4A ihrer Arbeit gezeigte chronostratigraphische Tabelle nicht nur das explosive Auftreten zeigt, sondern auch, dass Phylogenie (vermutete Abstammungsbeziehungen) und Stratigraphie (fossiles Auftreten in der Schichtenfolge) weithin nicht zusammenpassen. **Kommentar.** Weder verursachen unbesetzte Nischen oder geringe Selektionsdrücke evolutive Neuheiten noch gibt es im Rahmen von Evolution „Experimente“. Solche Begriffe und Mutmaßungen kaschieren ein grundsätzliches evolutionstheoretisches Problem: Warum sollten auf der Basis ungerichteter Prozesse vielfach ähnliche Bauplanmodule entstehen, die unsystematisch auf verschiedene Linien verteilt sind? Genau solche Befunde werden evolutionstheoretisch nicht erwartet (deshalb sind sie für die Wissenschaftler überraschend). Es ist keine neue kausale Theorie der Evolution als Lösung in Sicht, die eine solche durch vielfache Konvergenzen ge-

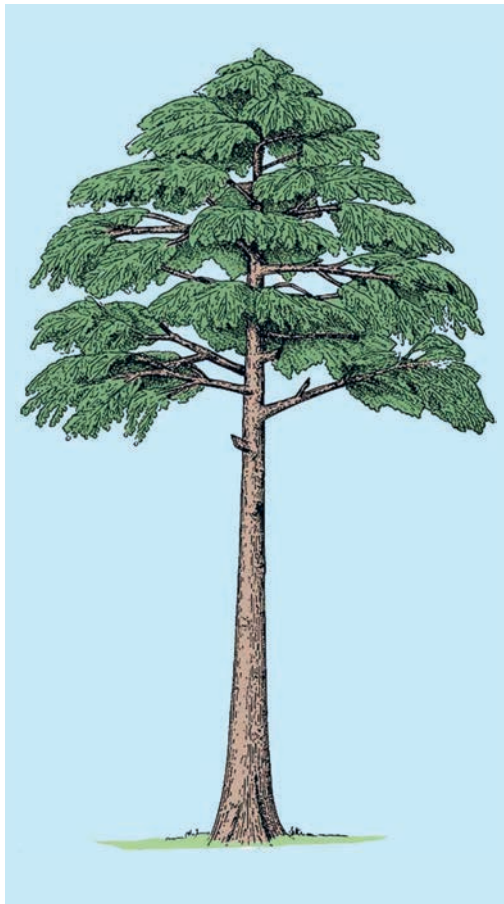


Abb. 1 Rekonstruktion von *Archaeopteris*, einem bestandsbildenden Baum der Wälder des Oberdevons. (Nach SCHWEITZER 1990, verändert)

prägte Merkmalsverteilung erklären könnte.

Dagegen könnten solche Befundkonstellationen recht gut zum Konzept polyvalenter Grundtypen im Rahmen eines Schöpfungsmodells passen. Ausgehend von Tiergruppen mit einem großen Potenzial bereits angelegter Merkmalsausprägungen könnten schnelle Radiationen im Rahmen einer Neubesiedlung katastrophisch zerstörter Ökosysteme verständlich gemacht werden. Das wäre dann aber kein evolutiver Prozess im klassischen Sinne, sondern ein Ausschöpfen bereits vorhandener Anlagen, ausgelöst möglicherweise durch Umweltreize. Dafür gibt es aus der heutigen Biologie empirisch nachvollziehbare Beispiele (vgl. CROMPTON 2019).

[CROMPTON N (2019) Mendel'sche Artbildung und die Entstehung der Arten. Internetartikel, http://www.wort-und-wissen.de/artikel/sp/b-19-3_mendel.pdf • RAUHUT OWM & POL D (2019) Probable basal allosauroid from the early Middle Jurassic Cañadón Asfalto Formation of Argentina highlights phylogenetic uncertainty in tetanuran theropod dinosaurs. Sci. Rep. 9:18826; doi:10.1038/s41598-019-53672-7] R. Junker

■ Noch älter: der mutmaßlich älteste Wald

In den vergangenen Jahren wurden einige Entdeckungen über erdgeschichtlich früh etablierte Wälder bzw. Bäume gemacht, die als „überraschend“ bezeichnet wurden – überraschend bzw. überraschend schnell im Rahmen des evolutionären Paradigmas. So wurden vor wenigen Jahren im unteren Oberdevon Chinas Baumstümpfe der ausgestorbenen Pflanzengruppe der Cladoxylopsida entdeckt, deren Stämme komplexer gebaut waren als die Stämme aller anderen fossil bekannten oder heutigen Bäume (XU et al. 2017); zugleich gehören diese Bäume fast zu den stratigraphisch ältesten Bäumen. Einige Jahre zuvor hatte sich herausgestellt, dass der noch etwas älter datierte Gilboa-Wald aus dem Mitteldevon Nordamerikas mit unterschiedlichen Gehölzen sehr viel komplexer war als zuvor angenommen (STEIN et al. 2012).

Nun berichten STEIN et al. (2019) von einem neuen „Altersrekord“ eines fossil erhaltenen mutmaßlichen Waldes. In mitteldevonischen Schichten bei der Kleinstadt Cairo im US-Bundesstaat New York wurde ein ausgedehntes Wurzelsystem von Bäumen entdeckt, dem durch Korrelation mit anderen geologischen Formationen ein Alter von 385 Millionen radiometrischen Jahren zugewiesen wurde und das teilweise anders zusammengesetzt war als der Gilboa-Wald. Bis heute wurden etwa 3.000 m² Oberfläche des sedimentierten Wurzelsystems freigelegt. Die Fundstelle in Cairo beherbergt drei einzigartige Wurzelsysteme, weshalb STEIN und sein Team diesen mutmaßlichen Mitteldevon-Wald als ähnlich heterogen wie heutige Wälder einstufen. Zum einen wurde ein System aus relativ einfachen Wurzeln mit kurzer Reichweite entdeckt, das zur Gattung *Eospermatopteris* (Cladoxylopsida) gehörte, die auch aus dem oben erwähnten Gilboa-Wald bekannt ist und einen den Samenfarne ähnlichen palmenähnlichen Wuchs besaß. Die Wurzeln waren nach Einschätzung der Forscher kurzlebig. Des Weiteren wurden

mutmaßlich langlebige unterirdische Organe entdeckt, die typisch sind für *Archaeopteris*, einen großen Baum, der zur ausgestorbenen Pflanzengruppe der Progymnospermen gestellt wird (Abb. 1). Die Arten dieser Gruppe pflanzten sich einerseits wie Farne mit Sporen fort (nicht durch Samen) und hatten andererseits eine Reihe von Merkmalen mit heutigen Samenpflanzen gemeinsam (Blätter, Bau des Holzes; Wurzelsystem).

Die Forscher beschreiben die Wurzeln als hoch entwickeltes Wurzelsystem, das im Wesentlichen mit modernen Samenpflanzen vergleichbar ist: „Die Wurzelsysteme ... scheinen sich im Wesentlichen nicht von denen zu unterscheiden, die bei modernen Samenpflanzen beobachtet werden können“ (STEIN et al. 2019, 9). Schließlich konnten die Forscher – allerdings nur bei einem einzelnen Fund – ein drittes Wurzelsystem nachweisen, das Stigmarien glich; das sind charakteristische basale Organe, die von den vor allem im Karbon bekannten Schuppenbäumen, aber auch von den kleineren Isoetales bekannt sind, die zur Klasse der Bärlappgewächse gehören. Dieser Fund war besonders überraschend, und weitere Funde wären zur Bestätigung wünschenswert.

Die Bäume der devonischen Wälder sind insgesamt sehr verschieden von heutigen Bäumen; sie sind zwar nicht „primitiver“, jedoch in mancher Hinsicht anders gebaut. Mit der neuen Fundstelle wird das evolutionäre Problem des sehr schnellen Auftretens von Bäumen und Wäldern weiter verschärft. Man muss sich vor Augen halten, dass in unterdevonischen Schichten vorwiegend krautige Landpflanzen fossil überliefert sind. Die Mitte des 20. Jahrhunderts von AXELROD (1959) diskutierte Hypothese, dass es sich bei den devonischen Lebensräumen nicht um Evolutionsstadien, sondern um ökologische Abfolgen und Einwanderungen in Überlieferungsgebiete handeln könnte, sollte nach wie vor bedacht werden. Dazu kommt, dass nach STEIN et al. (2019, 2) alle im Mitteldevon fossil überlieferten Bäume „unsichere evolutionäre