Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft in Bern

Band: 78 (2021)

Artikel: Tyrannosaurus rex - König der Dinosaurier? : Exkursionsbericht: Besuch der Sonderausstellung am 10. März 2020

Autor: Menkveld-Gfeller, Ursula / Gerber, Christoph

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-976927

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Tyrannosaurus rex – König der Dinosaurier?

Exkursionsbericht: Besuch der Sonderausstellung am 10. März 2020

Autoren

Ursula Menkveld-Gfeller und Christoph Gerber

«Wer war er wirklich? Kennen wir ihn?» – Unter diesem Motto standen sowohl die NGB-Zeitreise durch die Sonderschau als auch die vom Natural History Museum London übernommene, vom Naturhistorischen Museum Bern adaptierte und vom 13. September 2019 bis am 15. März 2020 gezeigte Ausstellung selber. Alle glauben *Tyrannosaurus rex* zu kennen. Passt aber die gängige Vorstellung vom «König der schrecklichen Echsen» wirklich in allen Teilen zu den hier vorgestellten neusten Erkenntnissen der Forschung?

Ein arbeitsintensives Puzzle

Bis heute gibt es nur etwa 50 Funde von Überresten dieses Dinosauriers, wovon die wenigsten auch nur annähernd vollständig sind. Das «SUE» genannte Individuum ist mit ca. 90% das besterhaltene. Alle Fundstätten liegen im Westen der USA und Kanadas; *T. rex* hat ausschliesslich dort gelebt (Brusatte 2015 und 2018). Beim Eintritt in die Ausstellung zeigt ein von der Decke hängendes Mobile ein Puzzle aus Knochen. Die Besuchenden begehen den Grabungsplan von *T. rex* «STAN» und entdecken Knochen und Zähne des Mobiles in Fundlage wieder. Wer dieses Durcheinander von Knochen und Knochenfragmenten gesehen hat, begreift, warum es mehr als 30 000 Arbeitsstunden brauchte, bis jedes Knöchelchen freipräpariert und dem richtigen Ort im Skelett zugeordnet war. Die Fundlage verrät unter Umständen, wie und wo das Tier gestorben ist, und ob der Kadaver transportiert worden ist.

Das Gestein der Fundschicht und andere darin eingebettete Fossilien erlauben Rückschlüsse auf den Lebensraum und das Klima. Dieses war wohl feucht-warm mit milden Wintern und wenig ausgeprägten Jahreszeiten, vergleichbar mit jenem im heutigen nördlichen Florida (Hartmann et al. 2002). Der Lebensraum war geprägt von offenen Wäldern und weit verzweigten Flussläufen in der Ebene, im Hochland wechselten Wälder mit Geröllfeldern und Lavaströmen ab *(Abb. 1)*. Die meisten *T. rex*-Knochenreste wurden in flussnahen Ablagerungen entdeckt.

Neben Hartteilen werden selten auch andere Hinterlassenschaften von *T. rex* gefunden: So gibt es einige wenige versteinerte Hautreste, die zeigen, dass *T. rex* über eine schuppige Haut verfügte (Bell et al. 2017). Hinweise auf eine Befiederung oder auf Farbpigmente der Haut gibt es bisher keine. Es kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass Jungtiere mit einem Flaum befiedert waren, oder dass Erwachsene Prunkfedern trugen. Von nahen chinesischen Verwandten weiss man, dass kleine bis mittelgrosse Raptoren teils Protofedern trugen.

In unmittelbarer Nähe eines *T. rex*-Skeletts wurden auch fossile Exkremente *(Abb. 2)* entdeckt (Chin et al.

Abb. 1: Rekonstruktion des Lebensraumes von *T. rex*. ©Thea Sonderegger, NMBE.

1998), die mit grösster Wahrscheinlichkeit von einem *T. rex* stammen. Ein solcher Koprolith hat viele Informationen über das damalige Ökosystem und das Fressverhalten des Tieres gespeichert. So ist es nicht erstaunlich, dass dieser fossile Kot zur Hälfte aus Knochenfragmenten, die von pflanzenfressenden Dinosauriern stammen, besteht. Das Volumen des Haufens beträgt, obwohl durch die Fossilisation komprimiert, deutlich mehr als zwei Liter, die längsten Knochentrümmer im Kot messen fast vier Zentimeter. Dies spricht für eine happige Mahlzeit von *T. rex,* der mit seinen scharfen Zähnen fähig war, auch die Knochen seiner Beute durchzubeissen oder zu beschädigen, wie Funde von *Triceratops-* bzw. *Edmontosaurus-*Knochen mit Bissspuren von *T. rex* beweisen.

T. rex in der Systematik

Wo steht *T. rex* in der Systematik, mit wem ist er wie verwandt? Alle nichtfliegenden Dinosaurier sind vor 66 Millionen Jahren ausgestorben, als letzte lebende Vertreter dieser Gruppe gelten die Vögel. Die Analyse bestimmter Körpermerkmale führte 2017 dazu, dass die Lehrbücher umgeschrieben werden mussten (Baron et al. 2017a und b): Heute gehören die Theropoden (Raubsaurier) wie *T. rex* nicht mehr zu den Sauropodomorpha (den Echsenbecken-Dinosauriern), sondern bilden mit den Ornithischia (den Vogelbecken-Dinosauriern) eine gemeinsame Ordnung, die Ornithoscelida. Die langhalsigen Sauropoden sind neu die einzigen Vertreter der Sauropodomorpha.

T. rex ist ein Immigrant (Brusatte & Carr 2016). Obwohl mehrere andere Vertreter der Tyrannosaurier in der späteren Kreidezeit den Westen der USA durchstreift hatten, waren sie keine Vorfahren von *T. rex.* Vielmehr waren asiatische Arten wie *Tarbosaurus* und *Zhuchengtyrannus* seine engsten Verwandten. Er begann seine Laufbahn in China oder in der Mongolei, zog über die Bering-Landbrücke, anschliessend durch Alaska und Kanada ins Innere des heutigen Amerika und breitete sich bis New Mexico und Texas aus. Dabei vertrieb er alle anderen mittelgrossen bis grossen Raubdinosaurier. *T. rex* existierte gerade mal 3 Millionen Jahre lang, vor 68 bis vor 66 Millionen Jahren am Ende der Kreidezeit. Erdgeschichtlich gesehen kurz, denn Dinosaurier traten erstmals vor 235 Millionen Jahren, die ersten Theropoden vor 228 Millionen Jahren auf. Die Überfamilie der Tyrannosauroidea, zu der «Rex» zählt, tauchte vor 168 Millio-

Abb. 2: Koprolith von *T. rex* (Abguss). Das Original wurde in Kanada gefunden und wird im Royal Saskatchewan Museum in Kanada aufbewahrt. Objektbreite 37 cm. ©Ursula Menkveld, NMBE.

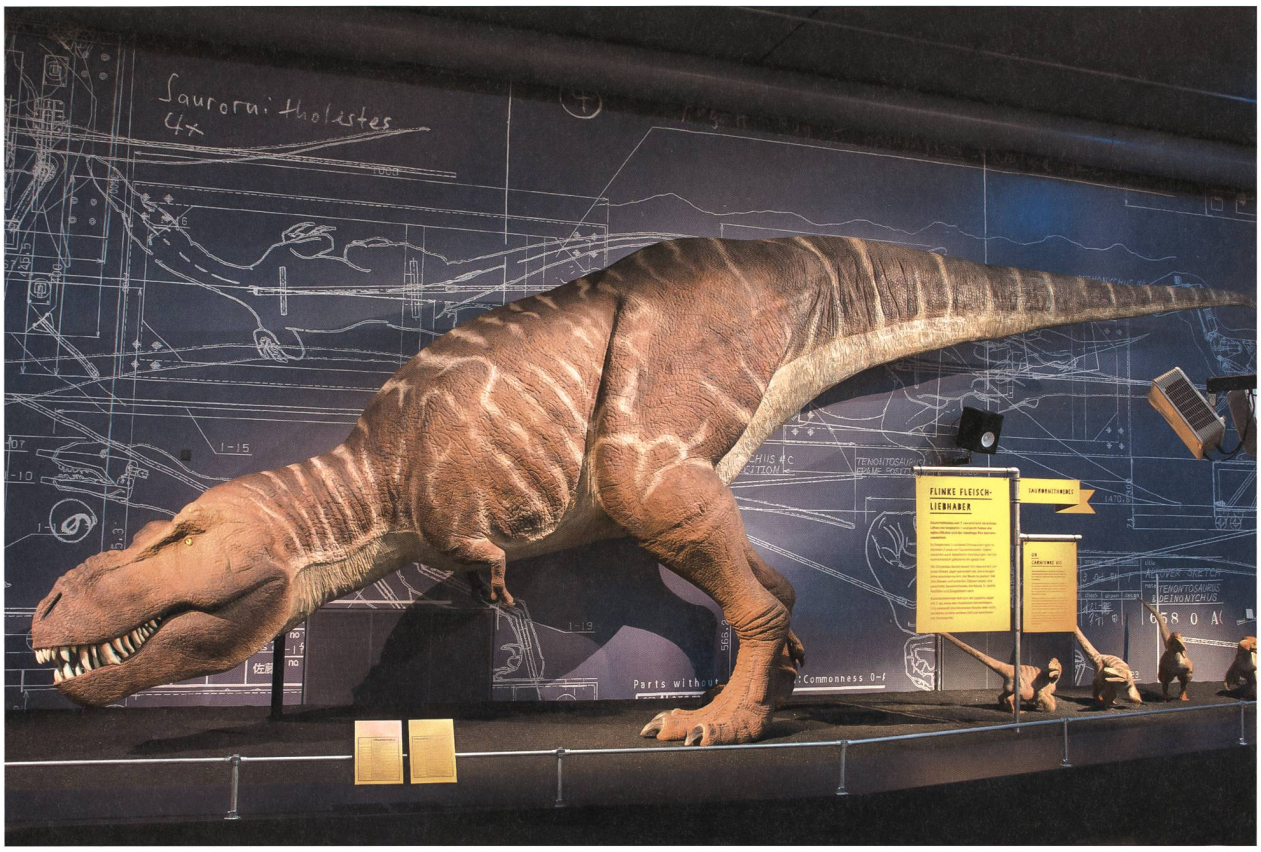


Abb. 3: Die Krönung der Ausstellung im NMBE.
©Lisa Schäublin, NMBE.

nen, seine engere Familie Tyrannosauroidae vor 105 Millionen Jahren auf. Im Vergleich dazu gibt es Hominiden seit 18 Millionen Jahren, die Gattung *Homo* seit 2.3 Millionen Jahren.

Apokalypse vor 66 Millionen Jahren

Was geschah vor 66 Millionen Jahren am Ende der Kreidezeit, als *T. rex,* aber auch fast 75% aller anderen Tier- und Pflanzenarten ausgelöscht wurden? Gemäss der heutigen Lehrmeinung sind der grosse Asteroideneinschlag auf Yucatan in Mexiko und zusätzlich Megavulkanismus (Ausbruch eines Plume, Dekkan Trapp) in Vorderindien, beide durch Gesteine gut dokumentiert (Koeberl 2007), die Ursache des riesigen Artensterbens. Durch den Meteoriteneinschlag und den starken Vulkanismus kam es zu einer dramatischen Abkühlung. Der Impakt erzeugte eine gewaltige Druck- und Hitzewelle, einen die ganze Erdkugel umrundenden Tsunami und glühende Auswürflinge, welche global die Wälder in Brand steckten. Feine Staubpartikel wurden bis in die Stratosphäre geschleudert und reduzierten die Sonneneinstrahlung für mehrere Jahrzehnte. So brach die Primärproduktion von Landpflanzen und Phytoplankton ein, die Nahrungskette wurde unterbrochen. Die Freisetzung grosser Mengen von Schwefeldioxid und Stickoxid führten zu saurem Regen, Sauerstoffmangel und Absinken des pH-Werts in Böden und im Wasser. Die Vegetationsdecke verkümmerte, die Meere versauerten. In Nordamerika ist durch Fossilfunde dokumentiert, dass spezialisierte Pflanzenfresser wie die Ceratopsier und die Hadrosaurier noch bis in die jüngste Kreidezeit neue Arten bildeten. Auch die Tyrannosaurier hatten sich bis ans Ende der Kreidezeit weiterentwickelt, und ganz zuletzt, vor 68 Millionen Jahren, erschien die Art *T. rex.* Das zeigt, dass es sich wohl nicht um eine allmähliche Abnahme der Dinosaurierdi-

Abb. 4: Schematische Darstellung einer Vogellunge mit Luftsäcken.
1: Lunge;
2: Luftsäcke
©Thea Sonderegger, NMBE.

versität handelt, sondern um ein plötzliches Aussterbeereignis. Allerdings kann «plötzlich» in diesem Zusammenhand schon einige Tausende bis Zehntausende Jahre bedeuten.

Geschwindigkeit früher überschätzt

«Wer war er wirklich? Kennen wir ihn?» Beim Eintreten in die grosse Ausstellungshalle standen die Besuchenden plötzlich Auge in Auge mit dem ausgewachsenen «König» *(Abb. 3)*: 12 Meter lang, 7.5 Meter hoch, 7 Tonnen schwer – ein riesiger Zweibeiner mit grossem Kopf, scharf bewaffnet mit 60 bis zu 18 cm langen spitzen Zähnen: die Nachbildung ist furchterregend!

Noch fast eindrücklicher erlebt man die imposante Grösse und Masse des *T. rex* anhand der Skelettrekonstruktion, die neben einem kleinen, leicht gebauten Skelett des agilen Raptors *Saurornithoides* gezeigt wird. Auch beim Skelett heisst es Spurenlesen, diesmal direkt an den Knochen. Die Ansatzstellen der Muskeln erlauben die Rekonstruktion der Muskulatur, was schliesslich eine Analyse der Art der Fortbewegung und der Nahrungsaufnahme ermöglicht.

Simulationen der Fortbewegung zeigten, dass *T. rex* kaum mehr als 30 Stundenkilometer erreicht hat; seine Beinknochen wären sonst durch die grosse Belastung einfach zerbrochen. Um ihm die Geschwindigkeit eines rennenden Pferdes zu ermöglichen, hätte mehr als 85 Prozent seiner Körpermasse in den Muskeln seiner Beine stecken müssen, und diese hätten absurd lang sein müssen, wie Wissenschaftler in verschiedenen Tests zeigen konnten (Hutchinson et al. 2011, Sellers & Manning 2007). So schnell, wie Steven Spielberg ihn im Film «Jurassic Parc» 1993 machte, war er mit Sicherheit nicht.

Die Art des Gebisses und der Zähne, die Lage des Kiefergelenks, die Muskulatur des

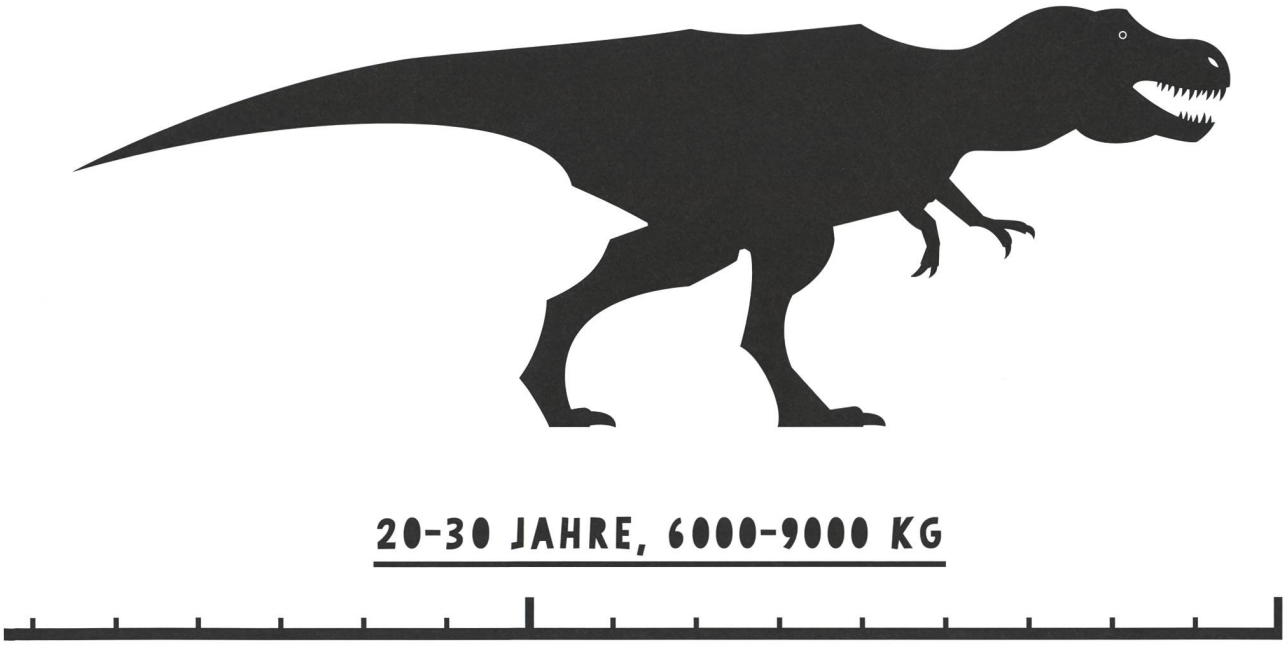
Kiefers und vor allem auch des Halses sowie Funde von Bissspuren ermöglichen eine Vorstellung des Beissverhaltens und der Beisskraft des «Königs» im Vergleich zu heutigen Tieren (Gignac & Erickson 2017, Bates & Falkingham 2012). Auf dem sehr beweglichen Hals zog er den Kopf weit zurück, bevor dieser mit grosser Wucht vorschnellte. Er grub die Zähne tief in seine Beute, welche er dann zurück an seine Brust riss. Davon zeugen Knochen mit tiefen, kreisförmigen Löchern, von denen eine längliche Rille ausgeht. Und obwohl die Zähne durch ihre Form und Grösse sehr stabil waren, blieb, wie Fossilfunde belegen, hie und da einer im Knochen des Opfers stecken.

Zu vielen Spekulationen Anlass gaben die fast lächerlich kurzen Arme des riesigen Dinosauriers. Lange hielt man sie für Rudimente wie die Flügel der Kiwis oder das Steissbein des Menschen. Neuere Untersuchungen der Muskelansatzstellen zeigten jedoch, dass die eh schon kräftigen Armknochen (Stanley 2017) ausgesprochen stark bemuskelt waren (Burch 2014). Langel & Bonnan (2018) konnten zeigen, dass die Handflächen sich beim Biegen der Ellbogen gegen innen drehten («Klatschen», nicht «Schlagen»). Er konnte sich also Beutetiere im wahrsten Sinne des Wortes zur Brust nehmen. Im Unterschied zu den andern Theropoden besass *T. rex* nicht drei, sondern nur zwei Finger an den beiden sehr kräftigen Händen. Dank der langen Krallen konnte er damit seinen Opfern – ob er auf ihrem Rücken sass oder in sie verbissen war – innert Sekunden klaffende Wunden von einem Meter Länge und mehreren Zentimetern Tiefe beibringen. Die Arme waren also trotz ihrer Kürze wichtige Mordwerkzeuge.

Raffinierte Atemorgane

Die eigentliche Geheimwaffe von *T. rex* war seine Lunge. Anders als die allermeisten Reptilien, deren Lunge als nicht besonders effizient gilt, verfügte er, ganz ähnlich wie seine heutigen Verwandten, die Vögel, über eine richtige Hightech-Lunge (Brusatte 2018, Brown et al. 1997, Maina 2000). Beim Einatmen füllte ein Teil der sauerstoffreichen Luft die Lunge, ein Teil floss direkt in spezielle, mit ihr verbundene Luftsäcke *(Abb. 4)*. Während beim Ausatmen die O_2-

Abb. 5: Individualentwicklung von *T. rex*. ©Thea Sonderegger, NMBE.



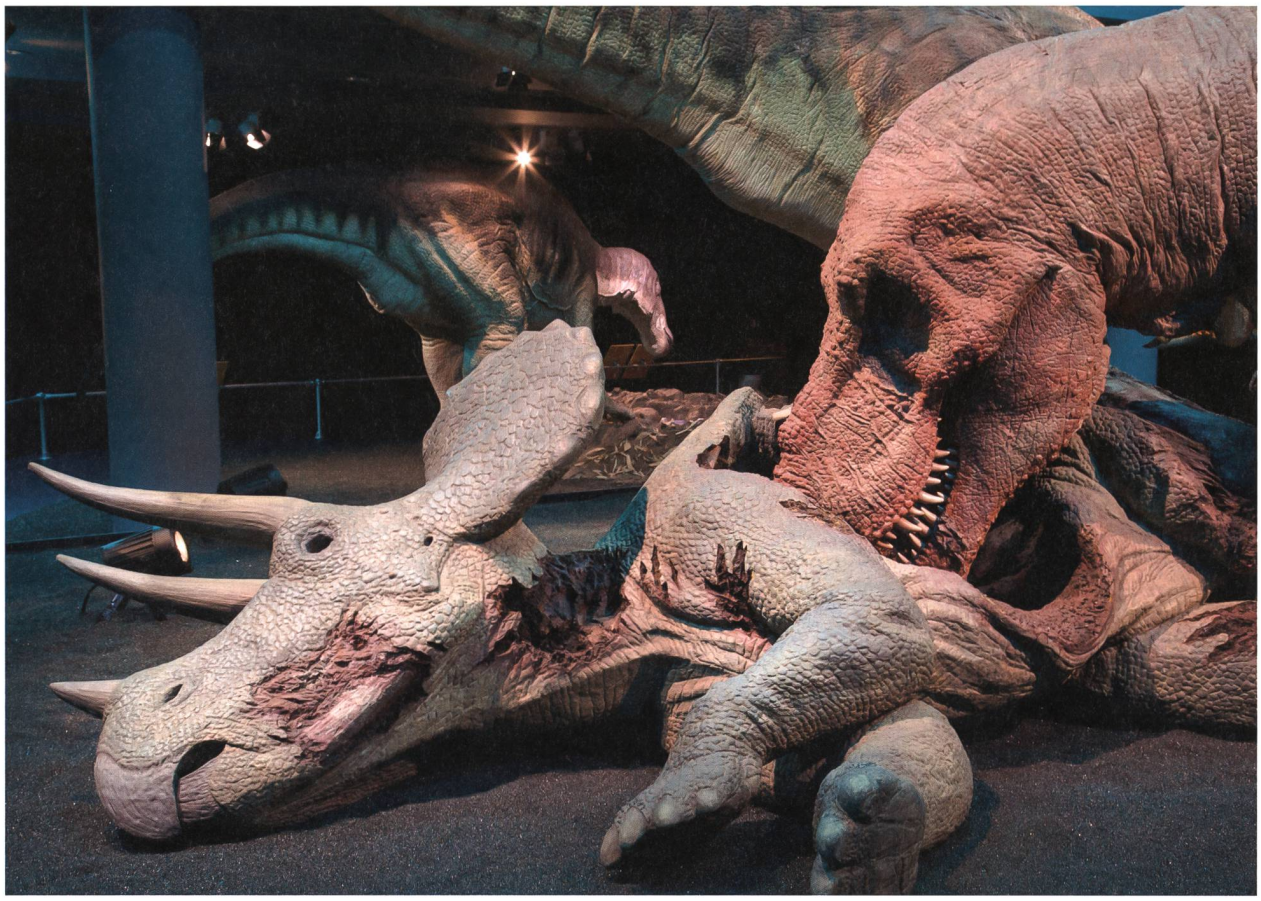


Abb. 6: *T. rex* tut sich an einem *Triceratops*-Kadaver gütlich.
©Lisa Schäublin, NMBE.

arme Luft die Lunge verliess, wurde diese gleichzeitig vom Inhalt der Luftsäcke durchströmt und mit Sauerstoff versorgt. Natürlich wurde nie eine versteinerte *T. rex*-Lunge gefunden; die Luftsäcke hinterliessen aber auf den Knochen deutlich sichtbare Abdrücke.

Erstaunlicherweise gibt es auch über die Sinnesleistungen des «Königs» recht gut gesicherte Erkenntnisse. Mittels Computertomographie gelang die Rekonstruktion der Form seines Gehirns. Dieses bildete einen langen Schlauch mit auffällig grossen Riechkolben (Witmer & Ridgely 2009, Zelenitsky et al. 2008), was verglichen mit heute lebenden Tieren auf eine relativ grosse Intelligenz und einen bemerkenswerten Riecher schliessen lässt. Die CT-Aufnahmen erlauben zudem einen Einblick ins Innenohr (Brusatte 2018, Birkhead 2013): die halbkreisförmigen Kanäle im oberen Bereich des Innenohrs – welche die Brezelform bilden – waren lang und gewunden und befähigten zu gut koordinierten Kopf- und Augenbewegungen. Der *Ductus cochlearis* (Gang in der Hörschnecke) war nicht wie bei Säugetieren eingerollt wie eine Schnecke, sondern langgestreckt, was auf ein gutes Gehör für Niederfrequenztöne hinweist. Zudem sah *T. rex* mit grosser Wahrscheinlichkeit «wie ein Adler»: Stevens (2006) spricht von einem ausgeprägten räumlichen Sehen bei Tyrannosauriern dank einer breiteren binokularen Sicht, als man sie bei heutigen Falken findet. Wenn der «König» den Kopf ca. 10% unter die Horizontale senkte, konnte er ein Gesichtsfeld von 55 Grad überblicken.

Mit 30 Jahren schon ein Greis

«Wer war er wirklich? Kennen wir ihn?» Aufgrund von Untersuchungen an Knochenfunden konnten viele Veränderungen nach-

gewiesen werden, die *T. rex* im Verlaufe seiner Individualentwicklung durchmachte. Obwohl bis heute keine Eier der Riesenechse gefunden wurden, gilt als gesichert, dass sie beim Schlüpfen ca. taubengross war. Funde von Jungtieren sind sehr selten. Dennoch zeichnen Hutchinson et al. (2011), Brusatte et al. (2010) sowie Erickson et al. (2004) ein recht deutliches Bild der Entwicklung *(Abb. 5)*: Als Teenager, also zwischen dem 10. und 20. Lebensjahr, legte ein *T. rex* um jährlich 760 Kilo zu, wuchs unglaublich schnell und entwickelte sich zum Erwachsenen. Dazu musste er je nach Berechnung etwa drei- bis viermal so viel Nahrung aufnehmen wie ein ausgewachsener Löwe. Nach dem 20. Lebensjahr war *T. rex* praktisch ausgewachsen – und 10 Jahre später schon ein Greis! Histologische Schnitte von Knochen beweisen, dass der «König» kaum viel älter als 30-jährig wurde (Erickson 2005), ein doch erstaunlicher Befund bei einem so grossen Tier. Möglicherweise spielt da der relativ kleine Stichprobenumfang – es wurden ja nur etwas über 50 Tiere gefunden – eine Rolle. Die Veränderungen des Kopfes im Verlauf der Individualentwicklung waren unglaublich: Anfangs war er lang und niedrig, mit weit vorgestreckter Schnauze, dünnen Zähnen und schwacher Kiefermuskulatur. Später, im Teenageralter, wurde der Schädel kräftiger, grösser und höher. Im ausgewachsenen Zustand waren die Nebenhöhlen – wohl um Gewicht zu verringern – stark erweitert, die Hörner an Augen und Wangen wurden markanter (Carr 1999, Carr & Williamson 2004). Die Gesamtgestalt veränderte sich im Verlauf seines Lebens dramatisch: als Kind eine geschmeidige Katze, als Teenager ein schlaksiger Sprinter und ausgewachsen eine regelrechte Schreckensgestalt. Vergleiche mit *Albertosaurus* und *Tarbosaurus* (Currie & Eberth 2010) lassen den Schluss zu, dass, obwohl bisher noch kein Massengrab mit *T. rex* entdeckt worden ist, wohl auch er in einer altersdurchmischten Familiengesellschaft gelebt und gejagt hat. Als flinke, leichtgebaute Raptoren konnten junge Familienmitglieder in kleinen Gruppen dem lauernden «König» grössere Dinosaurier zutreiben, damit dieser zubeissen konnte.

Dass *T. rex* gejagt hat, belegen zahlreiche Knochenfunde von grossen pflanzenfressenden Dinos, welche verheilte Angriffs- und Bissspuren des grossen Fleischfressers aufweisen. Auch verheilte Verletzungen wie Wadenbeinbrüche (Brochu 2003) an *T. rex*-Knochen bezeugen, dass er kein Risiko scheute, wenn er hungrig war. Dass sich der «König» aber zwischendurch, wie das auch heutige Grossraubtiere tun, an einem Kadaver sattfrass *(Abb. 6)*, wird kaum mehr bezweifelt.

Fazit: Wer war er wirklich?

Entspricht der hier vorgestellte Theropode nun «Ihrem» *T. rex*? Die Ausstellung über den bekanntesten aller Dinosaurier hat manches Aussergewöhnliche ans Licht gebracht – kannten Sie ihn oder haben auch Sie die eine oder andere Überraschung erlebt?

Zukünftige Funde werden zusätzliche Informationen liefern; ohne Zweifel wird sich das Bild des «Königs» weiter wandeln.

Dank

Die Autoren danken Peter Herren für das sorgfältige Durchlesen der Arbeit und seine konstruktive Kritik.

Literatur

Baron, M.G., Norman, D.G. and Barrett, P.B. (2017a) A new hypothesis of dinosaur relationships and early dinosaur evolution. Nature, Vol. 543, p. 501–506.

Baron, M.G., Norman, D.B. and Barrett, P.B. (2017b) Reply. Nature, Vol. 551, p. E4–E5.

Bates, K.T. & Falkingham. P.L. (2012) Estimating maximum bite performance in Tyrannosaurus rex using multi-body dynamics. Biology letters Vol. 8, Nr. 4, 2012, p. 660–664.

Bell, P.R., Campione, N.E., Persons, W.S., Currie, P.J., Larson, P.L., Tanke, D.H. and Bakker, R.T. (2017) Tyrannosaurid integument reveals conflicting patterns of gigantism and feather evolution. Biol. Lett. Vol. 13, 20170092.

Birkhead, T. (2013) Bird sense: What it's like to be a Bird. Bloomsbury, London, 288 p.

Brochu, C.A. (2003) Osteology of Tyrannosaurus Rex: Insights from a Nearly Complete Skeleton and High-Resolution Computed Tomographic Analysis of the Skull. Journal of Vertebrate Paleontology, Vol. 22, Issue sup 4, Memoir 7, p. 1–138.

Brown, R.E., Brain, J.D. and Wang, D. (1997) The avian respiratory system: a unique model for studies of respiratory toxicosis and for monitoring air quality. Environmental Health Perspektives Vol. 105, p. 188–200.

Brusatte, S.L. (2015) Dinosaur Paleobiology. Wiley-Blackwell, 336 p.

Brusatte, S.L. (2018) Aufstieg und Fall der Dinosaurier. Eine neue Geschichte der Urzeitgiganten. Piper Verlag, 416 p.

Brusatte, S.L. & Carr, T.D. (2016) The phylogeny and evolutionary history of tyrannosauroid dinosaurs. Scientific Reports 6, 20252, February 2016, DOI: 10.1038/srep20252.

Brusatte, S.L., Norell, M.A., Carr, T.D., Erickson, G.M., Hutchinson, J.R., Balanoff, A.M., Bever, G.S., Choiniere, J.N., Makovicky, P.L. and Xu, X. (2010) Tyrannosaur Paleobiology: New research on ancient exemplar organisms. Science, Vol. 329, 1481, DOI: 10.1126/science.1193304.

Burch, S.H. (2014) Osteological, myological, and phylogenetic trends of forelimb reduction in nonavian theropod dinosaurs. Society of Vertebrate Paleontology Annual Meeting, Berlin, Germany (Platform presentation).

Carr, T.D. (1999) Craniofacial ontogeny in Tyrannosauridae (dinosauriea, Coelurosauria). Journal of Vertebrate Paleontology, Vol. 19, Nr. 3, p. 497–520.

Carr, T.D. & Williamson, T.E. (2004) Diversity of late Maastrichtian Tyrannosauridae (Dinosauria: Theropoda) from western North America. Zoological journal of the linnean society, Vol. 142, p. 479–523.

Chin, K., Tokaryk, T.T., Erickson, G.M. and Calk, L.C. (1998) A king-sized theropod coprolite. Nature, Vol. 393, p. 680–682.

Currie, P.C. & Eberth, D.A. (2010) On gregarious behavior in Albertosaurus. Canadian Journal of Earth Sciences, Vol. 47, Nr. 9, p. 1277–1289.

Erickson, G.M. (2005) Assessing dinosaur growth patterns: a microscopic revolution. Trends in Ecology and Evolution, Vol. 20, Nr. 12, p. 677–684.

Erickson, G.M, Makovicky, P.J., Currie, P.J., Norell, M.A., Yerby, S.A. and Brochu, C.A. (2004) Gigantism and comparative life-history parameters of tyrannosaurid dinosaurs. Nature, Vol. 430, p. 772–775.

Gignac, P.M. & Erickson, G.M. (2017) The Biomechanics behind extreme osteophagy in Tyrannosaurus rex. Scientific reports, Vol. 7, 2012, p. 1–10.

Hartmann, J.H., Johnson, K.R. and Nichols, D.J. (eds.) (2002) The Hell Creek Formation and the Cretaceous–Tertiary Boundary in the Northern Great Plains: An Integrated Continental Record of the End of the Cretaceous. Geological Society of America, Boulder. 520 p.

Hutchinson, J.R., Bates, K.T., Molnar, J., Allen, V. and makovicky, P.J. (2011) A computational Analysis of Limb and Body dimensions in Tyrannosaurus rex with implications for locomotion, ontogeny and growth. PLoS ONE, Vol. 6, Issue 10, e26037, p. 1–20.

Koeberl, Ch. (2007) Massensterben und Impaktereignisse in der Erdgeschichte. Denisia 0020 und Kataloge der oberösterreichischen Landesmuseen, Neue Serie, Vol. 66, p. 97–114.

Langel, Ch. & Bonnan, M. (2018) Hail the Lizard King: T. Rex's Puny Arms Were Useful After All. www.livescience.com (18.12.2020).

Maina, J.N. (2000) Comparative respiratory morphology: Themes and principles in the design and construction of the gas exchangers. The anatomical report, Vol. 261, p. 25–44.

Stanley, S.M. (2017) Evidence that the arms of Tyrannosaurus rex were not functionless but adapted for vicious slashing. GSA Annual

Meeting in Seattle, Washington, USA. GSA Abstracts with Programs. Vol. 49, Nr. 6.

Stevens, K. (2006) Binocular vision in theropod dinosaurs. Journal of Vertebrate Paleontology, Vol. 26, Nr. 2, p. 321–330.

Sellers W.I. & Manning P.L. (2007) Estimating dinosaur maximum running speeds using evolutionary robotics. Proc. R. Soc. B 274, p. 2711–2716.

Witmer, L.M. & Ridgely, R.C. (2009) New Insights Into the Brain, Braincase,and Ear Region of Tyrannosaurs (Dinosauria, Theropoda), with Implications for Sensory Organization and Behavior. The Anatomical Record, Vol. 292, p. 1266–1296.

Zelenitsky, D., Therrien, F. and Yoshitsugu, K. (2008) Olfactory acuity in theropods: Palaeobiological and evolutionary implications. Proceedings of the Royal Society of London, Serie B, Biological Sciences, Vol. 276, p. 667–673.

Ursula Menkveld-Gfeller

Seit 2002 Kuratorin für Paläontologie am Naturhistorischen Museum Bern (NMBE). Sie hat im Kernteam des NMBE mitgeholfen, die Touring Exhibition «T.rex: The Killer Question» vom Natural History Museum London zu überarbeiten und war dabei verantwortlich für die wissenschaftlichen Inhalte der Ausstellung.
Seit 2010 amtet sie für die NGB als 1. Aktuarin und Informationsbeauftragte.

Kontakt: ursula.menkveld@nmbe.ch

Christoph Gerber

Biologe im Ruhestand. Seit seiner Jugend begeisterter Hobby-Paläontologe. Führte mehrmals Gruppen durch die *T. rex*-Ausstellung.
Verstärkt seit 2016 das Team Paläontologie am Naturhistorischen Museum Bern als Research Associate bei der Arbeit an der Sammlung.

Kontakt: gerber.chris@bluemail.ch