

**Rainer Foelix
Ben Pabst
René Kindlimann**

Die Saurier in Frick



Rainer Foelix, Ben Pabst & René Kindlimann: Die Saurier in Frick

Early dinosauria from Frick (Switzerland)

The locality of Frick (Switzerland) is an important fossil site for the triassic dinosaur *Plateosaurus* (Prosauropoda). Over the last 50 years, one complete skeleton and about 30 partial skeletons have been unearthed from the clay quarry „Gruhalde“. While the first finds were mostly accidental, there were also several systematic diggings (1976, 1985, 1988 and 1995); yet only after 2004 were excavations planned and executed on an annual basis. From the rich material collected recently, a better picture of the anatomy and the possible life style of *Plateosaurus* emerges. At present, the interpretation of a bipedal plant eater seems most likely; this is also supported by dinosaur tracks found in the Upper Triassic of the Swiss alps. The high density of partial skeletons in so-called „bone beds“ is probably the result of many animals that got stuck in mud holes and were unable to free themselves („Miring hypothesis“). Smaller carnivorous dinosaurs (*Coelophysis*, Theropoda) must have lived there as well, as is documented by their characteristic curved teeth and also by a partially articulated skeleton that was found in 2006. Overall, Frick can be considered as one of the richest fossil sites for early dinosaurs in Europe. New insights into the evolution of theropods and prosauropods can be expected in the future, due to the regular excavations in the highly accessible clay quarry „Gruhalde“.

1. Einleitung

„Herr Dr. Engelhardt in Nürnberg brachte zur Versammlung der Naturforscher in Stuttgart einige Knochen von einem Riesenthier aus einem Breccien-artigen Sandstein des oberen Keupers seiner Gegend ... Dieser Fund ist von großem Interesse. Die Knochen rühren von einem der massigsten Saurier her, welcher infolge der Schwere und Hohlheit seiner Gliedmaßenknochen dem Iguanodon und Megalosaurus verwandt ist ... Diese Reste gehören einem neuen Genus an, das ich Plateosaurus nenne; die Species ist Plateosaurus Engelhardti. Das Ausführliche darüber werde ich später bekannt machen.“

schrieb der bekannte Paläontologe Hermann von MEYER am 4. April 1837 in einem Brief an die Zeitschrift „Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie“. Der Chemielehrer Dr. Engelhardt hatte die „Riesenechsen“-Knochen bereits 1834 in einer Tongrube bei Nürnberg (Heroldsberg) gefunden. Eine ausführlichere Beschreibung mit Abbildungen wurde aber erst viel später publiziert (Meyer, 1855). Besonders bemerkenswert ist die Tatsache, dass zur Zeit der Entdeckung bzw. Benennung von *Plateosaurus* der Begriff „Dinosaurier“ noch gar nicht existierte – dieser Terminus wurde erst 1841 durch den englischen Anatomen Richard Owen eingeführt. *Plateosaurus* war somit einer der ersten Dinosaurier, die mit einem eigenen Namen bedacht wurden – zuvor hatte es nur vier andere Saurier-Gattungen gegeben. Ebenfalls bemerkenswert ist, dass es sich bei *Plateosaurus* um sehr alte (ursprüngliche) Dinosaurier handelt, die noch aus der Trias-Zeit (Keuper, ca. 210 Mio Jahre) stammen; entsprechend sind sie viele Millionen Jahre älter als die bekannteren Dinosaurier der Jura- und Kreide-Zeit (Abb. 1). Im 19. Jahrhundert wurden im fränkischen Raum noch viele weitere Fundstellen von Plateosauriern bekannt, allerdings waren es meist nur einzelne Knochen. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts

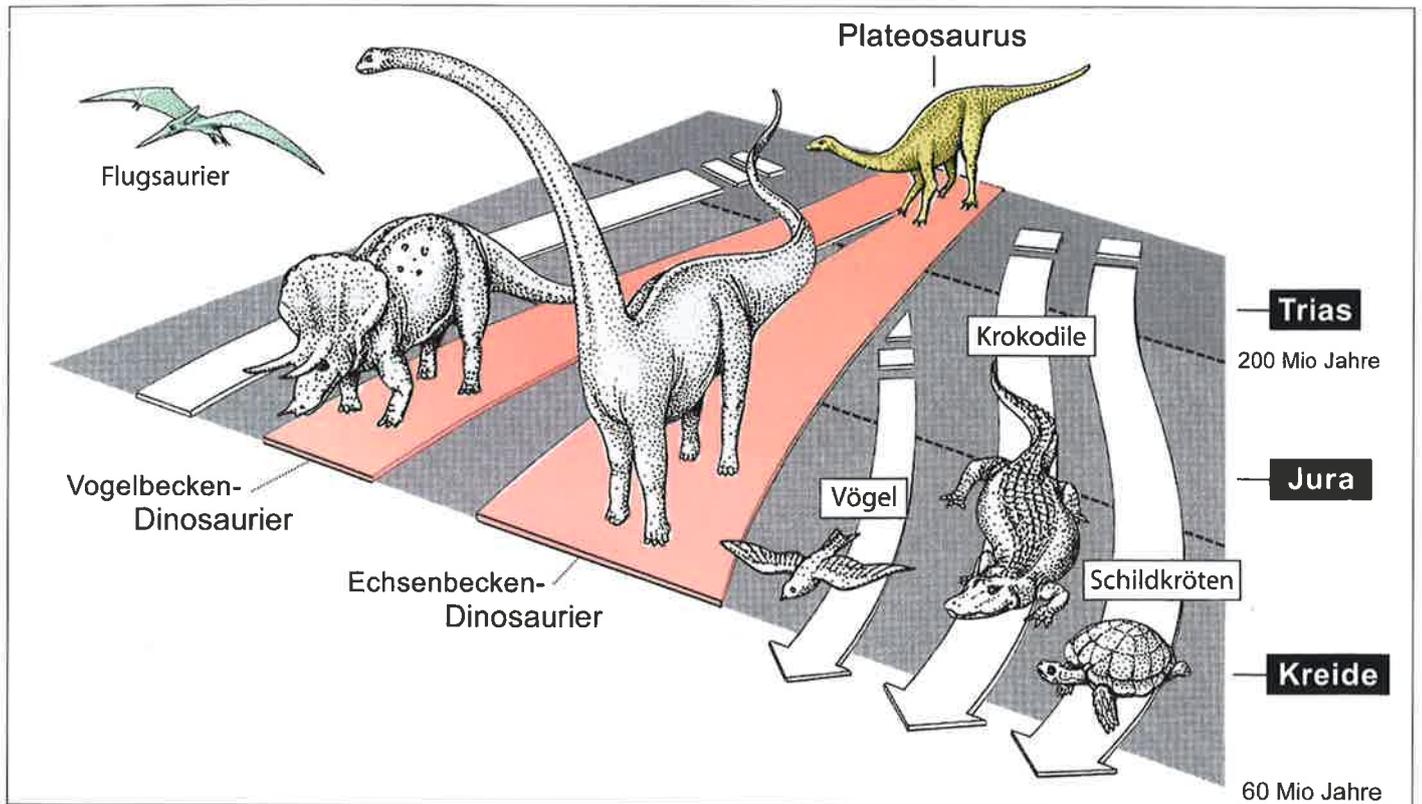


Abb. 1: Plateosaurus lebte in der Oberen Trias, vor mehr als 200 Mio Jahren - er steht somit an der Basis der Dinosaurier-Entwicklung, kurz nachdem sich die Echtenbecken-Saurier von den Vogelbecken-Sauriern getrennt haben. Grafik: R. Kindlimann, Sauriermuseum Frick

stieß man dann in den entsprechenden Keuper-Schichten von Trossingen (Württemberg) und Halberstadt (Sachsen-Anhalt) auf Massenvorkommen von Skelettresten und z. T. auch auf vollständige Skelette von Plateosauriern. Bevor wir näher auf diese Funde eingehen, wollen wir aber zuerst über die Entdeckung der Plateosaurier in der Schweiz berichten.

2. Die Entdeckung der Fricker Saurier

In der Tongrube Gruhalde in Frick werden seit langem Tone und Mergel für die Backstein- und Ziegelherstellung abgebaut (Abb. 2). Um eine gute Ziegelqualität zu gewährleisten, muss darauf geachtet werden, dass möglichst wenig Kalk beige-mengt ist. Diese Kontrolle lag weitgehend in den Händen von Ernst Wälchli, dem Laborchef der Tonwerke Keller AG (Abb. 3). Im Jahr 1962 fielen Wälchli eigenartig blau-violette Gesteinsstücke auf. Als passionierter Mineralien- und Fossiliensammler erkannte er darin rasch eine Knochenstruktur. Nachdem sich etliche Knochenfragmente angesammelt hatten, wandte sich

Wälchli an die Universität Zürich (Paläontologie); dort zeigte man sich zwar interessiert, riet aber von einer Bergung ab, weil das Knochenmaterial „zu bröckelig“ sei. Immerhin vermittelte Dr. K. Hünemann vom Paläontologischen Institut den Kontakt zum Staatlichen Museum für Naturkunde in Stuttgart. Bei einem Besuch in Stuttgart (1972) stellte der Saurierexperte Dr. Rupert Wild relativ rasch die Diagnose: „Plateosaurus-Knochen“.

Natürlich wurde dies auch an der Universität Zürich bekannt und so erfuhr es auch der dortige paläontologische Präparator Urs Oberli, der bald mit Ernst Wälchli zusammen traf. An Pfingsten 1976 zeigte ihm Wälchli in der Tongrube eine vielversprechende Stelle in den Oberen Bunten Mergeln, wo seine Söhne David und Samuel bereits einige Saurierknochen entdeckt hatten. Dort legte Oberli zusammen mit Ben Pabst einen Hinterfuss mit grossen Krallen frei (Abb. 12b). Ein paar Tage später kamen einige Schädelstücke und ein halbes Skelett zum Vorschein – die andere Hälfte war bereits unerkannt zu Backsteinen verarbeitet worden!

Obwohl diese Funde beträchtliches Aufsehen erregten, konnte sich weder die Universität Zürich noch der Kanton Aargau zu einer offiziellen Ausgrabung (bzw. deren Finanzierung) auf-

raffen. Erst als ein rühriger Lokalpolitiker zusammen mit dem Lions Club das Patronat für eine systematische Grabung übernahm, konnte dies im Sommer 1977 unter der Leitung von Urs Oberli umgesetzt werden. Dabei kamen ein Schädel, mehrere Wirbelsäulen und grosse Extremitätenknochen zum Vorschein. Schon damals bestand die Idee, diese Saurierfunde auszustellen, und ein erstes provisorisches Museum wurde bereits 1978 in den Tonwerken Keller durch Ben Pabst eingerichtet. Es dauerte allerdings noch etliche Jahre bis man sich für ein richtiges Sauriermuseum entscheiden konnte: dieses wurde nach nur 6-monatiger Bauzeit im Herbst 1991 in der umgebauten Turnhalle des Schulhauses 1912 eröffnet.

Die ersten offiziellen Grabungen wurden ab 1983 durch das Geowissenschaftliche Atelier Imhof (Trimbach) im Auftrag der Universität Zürich (Prof. H. Rieber) durchgeführt. Nach einigen Sondierungsgrabungen stiess man 1985 auf ein ganzes Skelett – bisher das einzige vollständige Skelett eines Dinosauriers in der Schweiz. Es wurde später in Fundlage im Sauriermuseum wieder aufgebaut und ist dort auch heute noch die Hauptattraktion.

Im Jahr 1988 führten Dr. M. Sander und Carole Gee (Universität Zürich) zusammen mit 80 Freiwilligen der Organisation Earthwatch weitere Grabungen durch (Sander & Gee, 1989). Dabei ging es weniger darum, möglichst viele neue Saurierknochen zu finden, sondern man wollte mehr über die Entstehung dieser fossilen Ablagerungen erfahren. So wurden z. B. Kleinfossilien aus der Saurierschicht herausgewaschen, u. a. auch isolierte Zähne von Plateosauriern und von Raubsauriern.

Eine kurze, aber erfolgreiche Grabung erfolgte 1995 durch das Aargauische Naturmuseum (Dr. R. Foelix) und das Geowissenschaftliche Atelier Imhof, als im Rahmen einer Projektwoche der Neuen Kantonsschule Aarau (Dr. H. Moor) den SchülerInnen die Gelegenheit geboten wurde, selber aktiv auf Saurier-



Abb. 3: Der Entdecker der Fricker Plateosaurier, Ernst Wälchli (oben rechts), während der Sauriergrabung 1995 in der Tongrube Gruhalde. Beim Eingippen der Gesteinsblöcke die Präparatoren Thomas Imhof (links; Geowiss. Atelier Trimbach) und Heinz Lanz (rechts; Universität Zürich). Photo: R. Foelix



Abb. 4: SchülerInnen der Neuen Kantonsschule Aarau beim Freilegen von Plateosaurier-Knochen während der Grabung 1995. Neben Langknochen, Wirbeln und Rippen kamen auch Kieferbruchstücke mit Zähnen (Inset) zum Vorschein. Photo: R. Foelix



Abb. 2: Die Tongrube Gruhalde in Frick, aus der Luft gesehen. Das Bahnhofsareal liegt unten im Bild, die Tonwerke Keller AG rechts. Die Saurierfundstelle ist durch das Saurier-Signet gekennzeichnet. Photo: Desair Schweiz

suche zu gehen (Abb. 4). Als Hauptfund kam ein relativ grosser Schädel (knapp 40 cm Länge) zutage, der zwar vollständig, aber seitlich stark komprimiert war.

Seit 2004 werden im Auftrag der Saurierkommission Frick jedes Jahr systematische Grabungen in der Saurierschicht vorgenommen, jeweils kurz bevor die Tonwerke Keller diese Horizonte maschinell abbauen. Das Grabungsteam (Leitung Dr. B. Pabst) kann dann jeweils alle Saurierreste retten, die ansonsten verloren gingen. Dieses Vorgehen hat sich sehr bewährt: In wenigen Jahren kam nicht nur ein Dutzend Teilskelette von Plateosauriern zum Vorschein, sondern auch Rumpfskelett und Schädel eines Raubdinosauriers, und kürzlich auch eine grosse Schildkröte (s. u.).

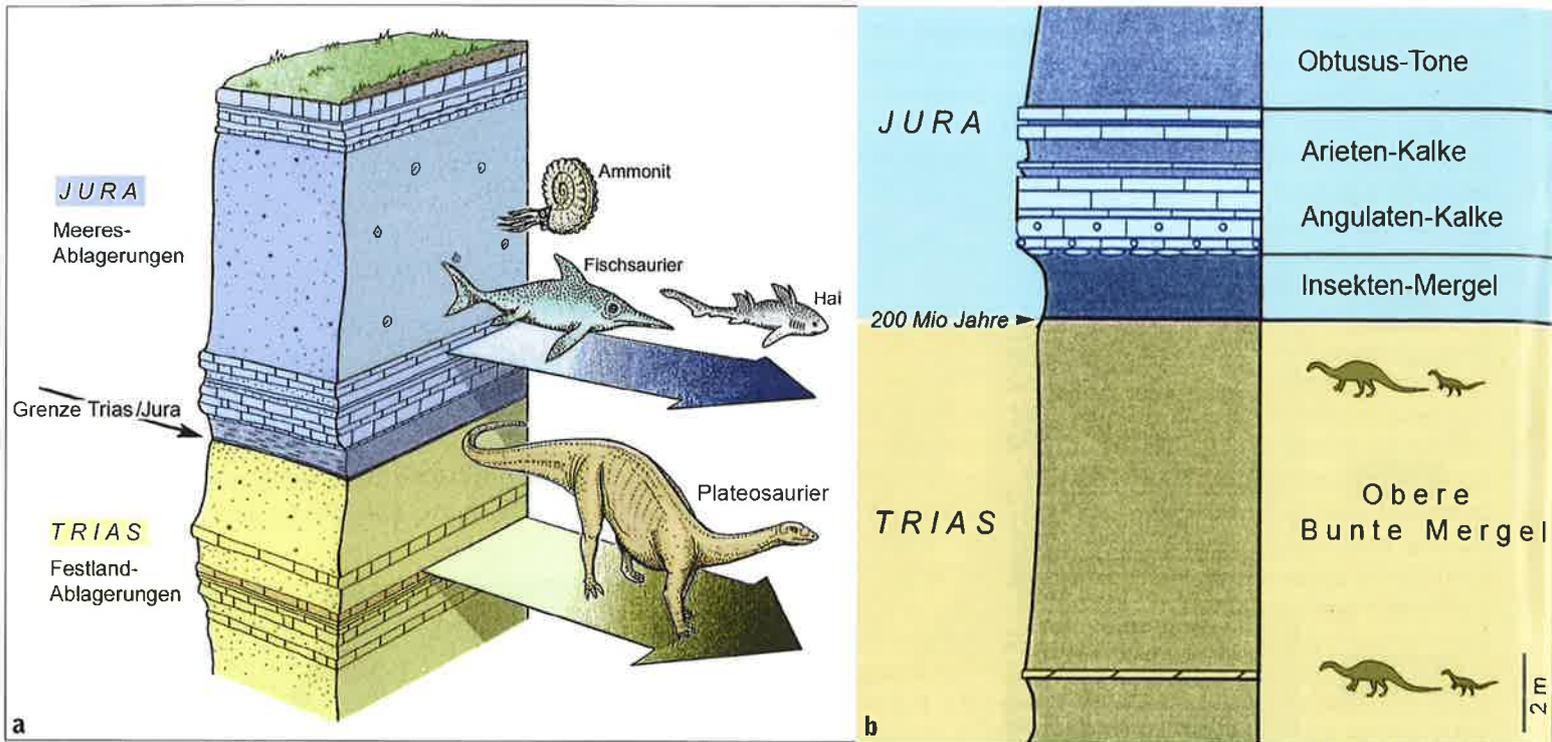


Abb. 5: a) Blockdiagramm der Trias- und Jura-Schichten in der Fricker Tongrube. Plateosaurier-Reste kommen nur in den Landablagerungen der Oberen Trias vor, während in den darüber liegenden Schichten des Schwarzjuras ausschliesslich Fossilien des Jurameeres gefunden werden. Grafik: R. Kindlimann, Sauriermuseum Frick; b) Ausschnitt der Schichtenfolge an der Grenze von Trias- und Jura-Ablagerungen. Die Saurierschicht ist auf einen schmalen Horizont in den Oberen Bunten Mergeln beschränkt. Grafik: Nach H. Furrer, aus Meyer & Furrer, 1995

2.1 Lokalisation der Saurierknochen (Saurierschicht)

Die Plateosaurierknochen sind auf einen spezifischen Abschnitt innerhalb der Oberen Bunten Mergel (Mittelkeuper) beschränkt, der im Grabungsjargon einfach „Saurierschicht“ genannt wird (Abb. 5, 6). Im süddeutschen Raum werden diese Schichten als „Knollenmergel“ oder „Feuerletten“ (wegen der roten Farbe) bezeichnet, in der Schweiz als „Steinmergelkeuper“. Auch in Fricker Aufschlüssen sind die horizontal verlaufenden roten Bänder deutlich ausgeprägt (Abb. 6). In Franken wurde diese Schichten früher auch als „Zanclodon-Breccie“ beschrieben, benannt nach den *Zanclodon*-Schreckensauriern, welche damals „mit ihren Schwänzen die Sumpfwasser peitschten“ (Scherzer, 1920).

Bis vor einigen Jahren ging man in Frick nur von einem einzigen Horizont von 1-2 m Mächtigkeit aus, doch seit 2006 werden auch in einem etwas höher gelegenen Horizont Saurierknochen gefunden. Insgesamt dürfte die Saurierschicht eine Mächtigkeit von etwa 10 m haben. Interessanterweise sind die Knochen in der unteren Saurierschicht bläulich-violett gefärbt (durch das Mineral Vivianit), in der oberen Schicht dagegen



Abb. 6: Aufschluss der Knollenmergel in der Tongrube Gruhalde. Saurierreste werden etwa 1m über dem roten Band in der sog. Unteren Saurierschicht (*) gefunden. Photo: R. Foelix

schwarz. Ein entsprechender Farbunterschied wurde übrigens schon bei den ersten Plateosaurier-Funden in Franken bemerkt: dort waren alle Knochen, die südlich des Flusses Pegnitz gefunden wurden, bläulich, alle nördlich davon gefundenen dagegen schwarz (Blanckenhorn, 1898; Huene, 1907). Die Ursache

der Schwarzfärbung liegt sehr wahrscheinlich in der Einlagerung von Sulfidkristallen (v. a. Pyrit, FeS_2 , aber auch Kupferkies, CuFeS_2 , Bleiglanz, PbS , und Zinkblende ZnS).

Natürlich ist die Saurierschicht über einen längeren Zeitraum hinweg entstanden. In Trossingen, wo man ebenfalls eine obere und untere Saurierschicht unterscheidet, rechnet man mit einer dazwischen liegenden Zeitspanne von mindestens 150'000 Jahren; in Frick dürfte es sich sogar um mehrere Millionen Jahre handeln, da die unterste datierte Schicht (Gansinger Dolomit) mit 224 Mio Jahren und die Grenze zum Lias mit 200 Mio Jahren angesetzt wird.

2.2 Verteilung von Plateosaurierfunden in der Schweiz

Plateosaurier-Reste kamen nicht nur in der Tongrube Gruhalde zum Vorschein, sondern auch am Nordrand der Gemeinde Frick (Frickberg), wo ebenfalls die Oberen Bunten Mergel anstehen. Solche Funde werden natürlich nur dort registriert, wo der Untergrund gerade frei gelegt wird (z. B. bei Bauarbeiten), und nur dann, wenn jemand ein „offenes Auge“ dafür hat. Derzeit sieht es so aus, dass sich der Fricker „Dinosaurier-Friedhof“ über mehrere Quadratkilometer erstreckt, und sicher sind die meisten Saurierknochen noch gar nicht entdeckt worden. Nach den reichhaltigen Funden der letzten Jahre darf ohne Übertreibung gesagt werden, dass Frick heute zu den ergiebigsten Dinosaurierfundstellen Europas zählt (Brinkmann & Stössel, 2010). Vereinzelt sind Plateosaurierknochen („*Gresslyosaurier*“) auch in anderen Landesteilen gefunden worden, z. B. im Kanton Baselland.

2.3 Plateosaurierfunde ausserhalb der Schweiz

Wie schon einleitend erwähnt wurde, stammen die ersten Plateosaurier-Funde aus dem süddeutschen Raum. Allein in der fränkischen Gegend (v. a. um Nürnberg) sind über 20 Fundstellen bekannt, allerdings fanden sich meist nur Einzelknochen oder Skelettreste. Wesentlich umfangreichere Funde wurden 1962 in Ellingen (Bayern) gemacht (über 1000 Einzelknochen und teilarthikulierte Skelette), die jedoch erst später genauer beschrieben wurden (Wellnhofer, 1994; Moser, 2003).

Die bekanntesten Fundorte in Deutschland sind Trossingen in Württemberg und Halberstadt in Sachsen-Anhalt. In Halberstadt gab es zwar zwischen 1910 und 1914 umfangreiche Grabungen (Jaekel, 1912; 1913/14), doch wurde die Fundstelle später überbaut und ist heute nicht mehr zugänglich.

In Trossingen wurden die ersten Knochen schon 1904 gefunden, die ersten Grabungen begannen aber erst ab 1911 unter der Leitung von Eberhard Fraas. Neben vielen isolierten Knochen fand man auch zwei vollständige (arthikulierte) Skelette und 1913 konnte in Stuttgart das erste komplette Skelett eines Plateosauriers montiert werden (Fraas, 1913). Eine zweite Gra-

bung erfolgte von 1921-23 durch Friedrich v. Huene, unter Beteiligung des American Museum of Natural History (New York); dabei wurden insgesamt etwa 12 Skelette geborgen (Huene, 1926; 1928). Schliesslich wurde unter Reinhold Seemann (1933) eine dritte Grabung durchgeführt, doch leider wurde 2/3 des Fundmaterials durch den 2. Weltkrieg zerstört. Immerhin blieben die genauen Skizzen und Aufzeichnungen Seemanns erhalten. Erst in den letzten Jahren erneut Grabungen in Trossingen aufgenommen (Leitung Dr. Rainer Schoch) und 2009 konnte ein ganzes Skelett eines ca. 8 m grossen Plateosauriers geborgen werden. Insgesamt gilt Trossingen mit ca. 60 Skelettfunden als die bedeutendste Fundstelle von Plateosauriern.

Auch im benachbarten Frankreich wurden mehrfach Plateosaurier gefunden, z. B. in der Gegend von Poligny (Burgund). Erste Funde datieren bereits aus dem 19. Jahrhundert (Pidancet & Chopard, 1862), und auch später (1982) stiess man auf Skelettreste bei Lons-le-Saunier; vor dem dortigen Archäologischen Museum ist sogar eine lebensgrosse Rekonstruktion eines Plateosauriers aufgebaut.

In Norwegen ist man bei Erdölbohrungen 2600 m unter dem Meer (Nordsee) auf einzelne Knochen in den oberen Keuperschichten gestossen, und es ist wahrscheinlich, dass sie ebenfalls der Gattung *Plateosaurus* angehören (Hurum et al., 2006). Vermutlich war *Plateosaurus* in der Oberen Trias in ganz Europa verbreitet, eng verwandte Gattungen sogar auf allen Kontinenten, ausser Australien. Diese fast weltweite Verbreitung ist verständlich, wenn man bedenkt, dass in der Trias-Zeit ja noch alle Kontinente einen einzigen „Urkontinent“ (*Pangea*) bildeten. In Südamerika (Argentinien) lebten zu dieser Zeit relativ grosse Verwandte wie *Riojasaurus* und *Lessemsaurus*, die bis zu 12 m lang wurden, und bereits an die noch grösseren Sauropoden der Jura-Zeit erinnern.

3. Beschreibung von Plateosauriern

3.1 Anatomie und Erscheinungsbild

Da wir von den Plateosauriern praktisch nur Skelettreste kennen, ist es schwierig, sich ein Bild davon zu machen, wie die Tiere wirklich ausgesehen haben. Anhand von ganzen (noch artikulierten) Skeletten kann man immerhin folgende Angaben machen: Es handelte sich um 6-8 m lange Echsen mit kleinem Schädel, aber langem Hals und langem Schwanz (Abb. 7). Auffallend sind zudem die Grössenunterschiede zwischen Vorder- und Hinterbeinen: Die Hinterbeine sind etwa doppelt so lang wie die Vorderbeine. Die nahe liegende Frage, ob die Tiere auf allen Vieren oder nur auf den Hinterbeinen gelaufen sind, lässt sich nicht ohne Weiteres beantworten, wird aber im Unterkapitel 3.1.2 näher erörtert.

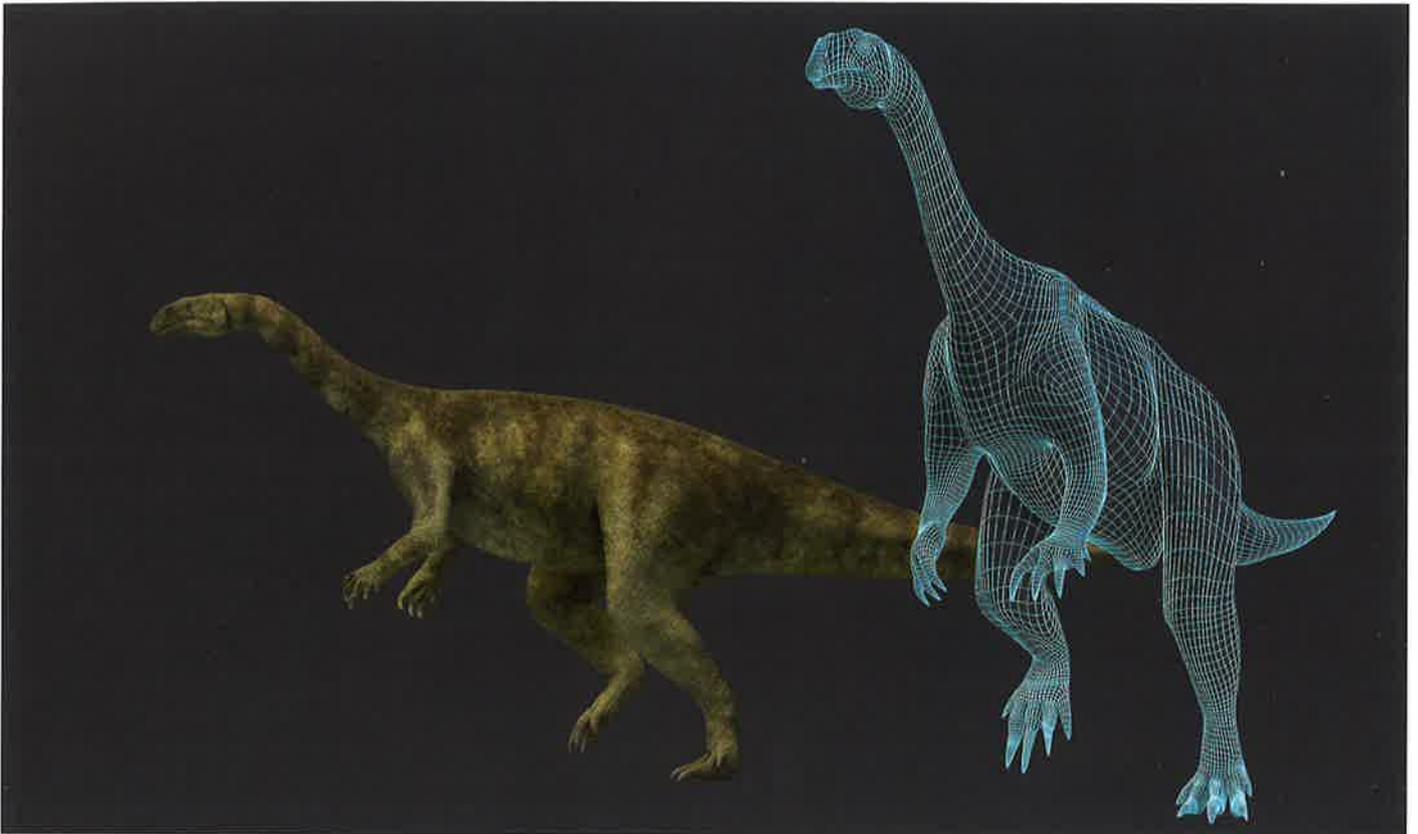


Abb. 7: 3D-Rekonstruktion der Körperform von Plateosaurus mittels Computer-Programmen. Typisch sind der lange Hals und Schwanz sowie die unterschiedliche Grösse von Vorder- und Hinterbeinen. Grafik: D. Schürch

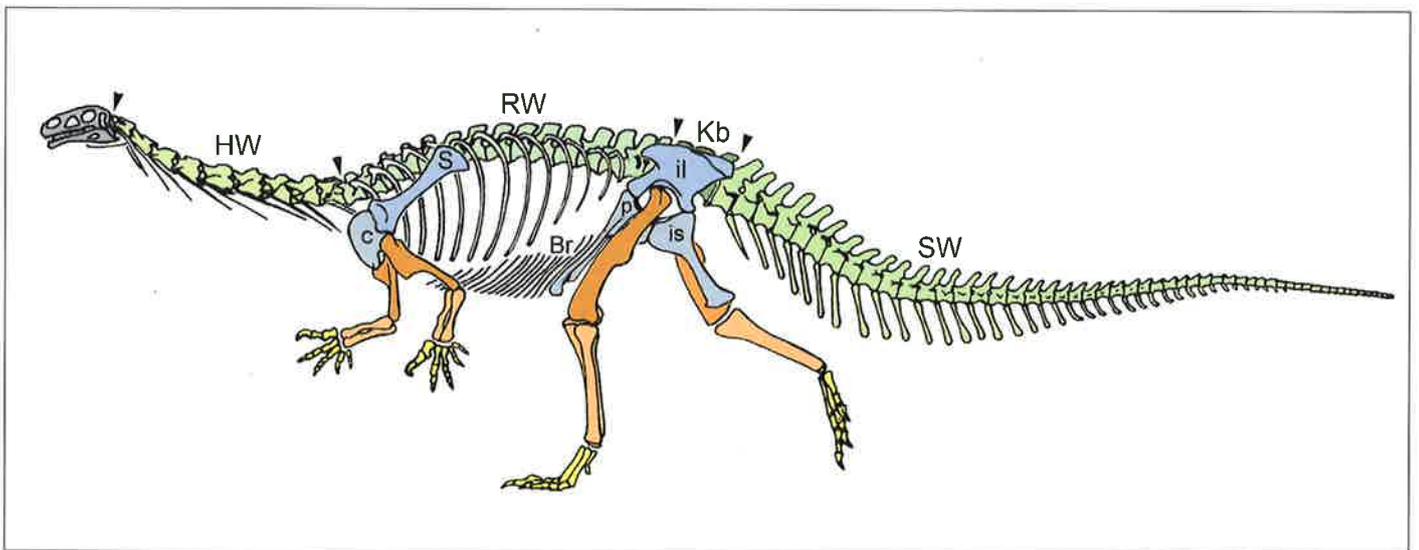


Abb. 8: Skelettelemente eines Plateosauriers in Seitenansicht (nach Galton 1990). In der langen Wirbelsäule lassen sich Halswirbel (HW), Rückenwirbel (RW), Kreuzbeinwirbel (Kb) und Schwanzwirbel (SW) unterscheiden. Der Schultergürtel besteht aus Schulterblatt (S) und Coracoid (c), das Becken aus Darmbein (ii), Sitzbein (is) und nach vorne gerichtetem Schambein (p). Br = Bauchrippen.

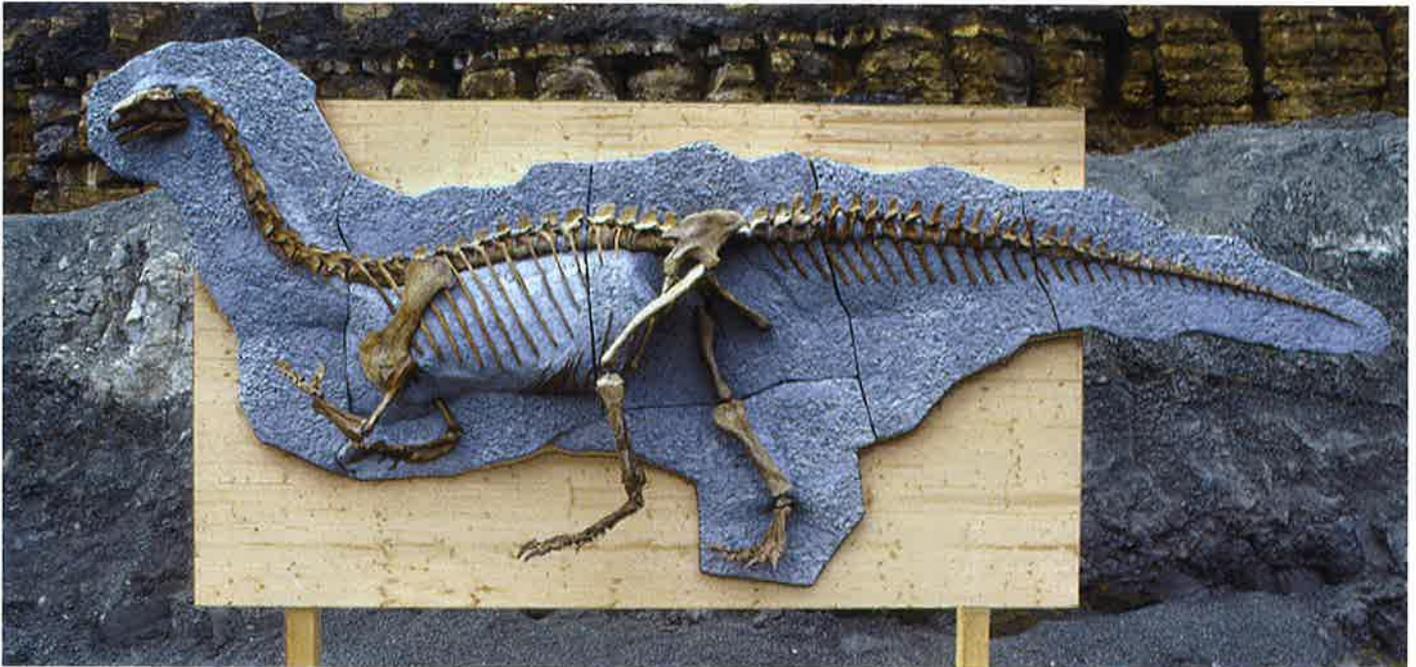


Abb. 9: Halbreif eines Plateosaurier-Skeletts, das nach der Fertigstellung nochmals am Fundort in der Tongrube aufgestellt wurde. Im Hintergrund sind unten die Knollenmergel, oben die Arietenkalke zu erkennen. Photo: U. Moeckli

3.1.1 Skelett

Wir wollen im Folgenden einige Elemente des Skeletts genauer betrachten und auf die jeweiligen Besonderheiten hinweisen (Abb. 8, 9).

Schädel. Der Schädel ist relativ klein und schmal, etwa 30–40 cm lang und knapp 20 cm hoch. Die meisten Schädelknochen sind sehr dünnwandig, nur Schädelbasis und Kiefer sind kompakter und deshalb auch besser erhalten. Auffällig sind die grossen Augenhöhlen, in denen ein knöcherner „Augenring“ (*Skleralring*) direkt auf dem Augapfel lag (Abb. 10). Diesen Skleralring findet man bei den meisten Reptilien und Vögeln, allerdings weiss man praktisch nichts über dessen Funktion. Nach dem Tod zerfällt dieser Ring zumeist in einzelne Plättchen, so dass er in fossilem Material nur schwer nachweisbar ist. Bemerkenswert ist weiterhin der grosse Unterkiefer, der nicht wie bei Säugetieren aus nur einem Knochen (*Os dentale*) besteht, sondern aus mehreren Knochen zusammengesetzt ist. Die Eingelenkung zum Oberkiefer erfolgt weit hinten über das sog. Quadratbein (*Os quadratum*) und ermöglichte eine weite Öffnung im Kiefergelenk. Die Nasenöffnungen lagen ganz vorne an der Schnauzenspitze.

Zähne. Sowohl Unter- wie Oberkiefer sind bezahnt: oben mit ca. 70, unten mit ca. 50 gleichartigen Zähnen pro Kiefer (Abb. 10a). Jeder Zahn ist spatelförmig, mit deutlichen seitlichen Kerben, die an die Schneidekante eines Tomatenmessers erinnern (Abb. 10b). Da die Zahnreihen von Ober- und Unterkiefer überlappen, kann man auf ein schneidendes Gebiss

schliessen. Allgemein gilt *Plateosaurus* eher als ein Pflanzenfresser, obwohl man dies aus der Bezahnung nicht zwingend schliessen kann. Es ist durchaus möglich, dass neben Pflanzen auch Fleisch oder Aas gefressen wurde (Wild, 1992). Für ein Pflanzenfresser-Gebiss spricht immerhin die frappierende Ähnlichkeit mit den Zähnen gewisser pflanzenfressender heutiger Leguane (z. B. *Conolophus*, Galapagos; Norman, 1985). Bei den fleischfressenden Raubdinosauriern sind die Zähne meist grösser, sichelförmig (Abb. 17), und randlich nur fein gesägt. Wie auch bei den heutigen Reptilien diente das Gebiss der Saurier nicht zum Kauen, sondern nur zum Zerschneiden bzw.

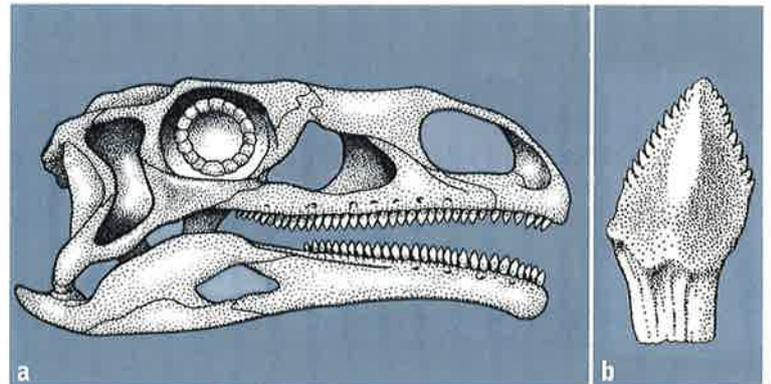


Abb. 10: a) Schädel eines Plateosauriers in Seitenansicht. Beachte die bezahnten Kiefer und die Augenhöhle mit Skleralring. b) Einzelner Zahn mit den typischen schräggestellten Kerben am Vorder- und Hinterrand. Zeichnungen: R. Kindlimann, Sauriermuseum Frick

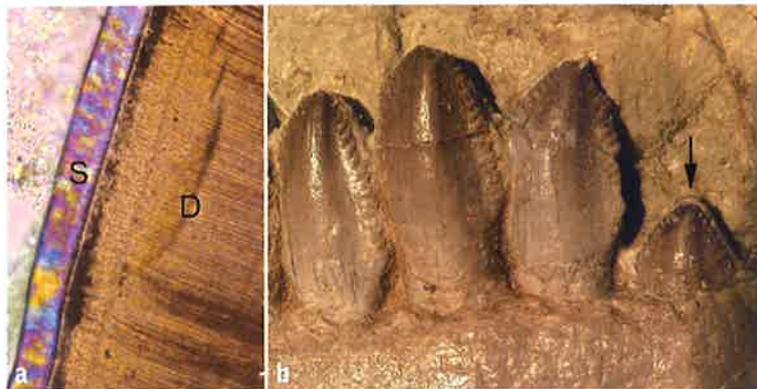


Abb. 11: a) Der Querschnitt eines Plateosaurierzahnes zeigt deutlich das innen gelegene Zahnbein (D) und aussen die Schmelzschicht (S) in irisierenden Farben. Polarisationsmikroskopie, Photo: P. Schawalder. b) Mehrere Zähne im Unterkiefer. Ganz rechts ein Zahnwechsel: nur die Zahnschmelzspitze hat sich aus dem Kieferknochen geschoben. Photo: R. Foelix

Zerreißen der Nahrung. Das eigentliche Kauen und damit Zermahlen der Nahrung blieb den Säugetieren vorbehalten. Querschnitte von Plateosaurier-Zähnen zeigen neben dem zentralen Zahnbein (Dentin) auch eine dünne Schmelzschicht an der Zahnoberfläche (Abb. 11a). Sicher konnten alle Zähne lebenslang ausgewechselt werden, d. h. abgenutzte oder ausgefallene Zähne wurden jeweils rasch ersetzt (Abb. 11b). Auch dies steht im Gegensatz zum Gebiss der Säuger, die bekanntlich nur einen Zahnwechsel, nämlich vom Milch- zum Adultgebiss, aufweisen.

Wirbelsäule. Die lange Wirbelsäule lässt deutlich 4 Abschnitte erkennen: Vorne 10 Hals- und 15 Rückenwirbel, in der Mitte drei verschmolzene Kreuzbeinwirbel, und hinten über 45 Schwanzwirbel von kontinuierlich abnehmender Grösse (Abb. 8). An den Halswirbeln setzen zierliche Halsrippen an, die jeweils 2-3 mal so lang sind wie der dazu gehörige Wirbelkörper. Wesentlich kräftiger ausgeprägt sind die darauf folgenden Brustrippen, die im rechten Winkel zur Wirbelsäule stehen und den eigentlichen Brustkorb umschliessen. Eine Besonderheit sind die sog. Bauchrippen (*Gastralia*), die nicht von der Wirbelsäule entspringen, sondern als freie Rippen in der Bauchdecke lagen. Charakteristisch für die Schwanzwirbel sind lange ventrale Fortsätze (bis zu 30 cm), sog. *Hämaphysen*, welche an ihrer Basis eine kräftige Arterie einschlossen.

Schultergürtel und Vorderbeine. Das Schulterblatt (*Scapula*) bildet eine lange, hantelförmige Platte (30-40 cm), die direkt mit einem schüsselförmigen Rabenbein (*Coracoid*; 25-40 cm Durchmesser) verbunden ist. Die beiden Rabenbeine treffen sich in der Körpermitte, ähnlich wie bei uns die Schlüsselbeine. Dies bedingt einen relativ schmalen Brustkorb, was im Widerspruch zum Namen *Plateosaurus* = *breite Echse* steht. An der Grenze

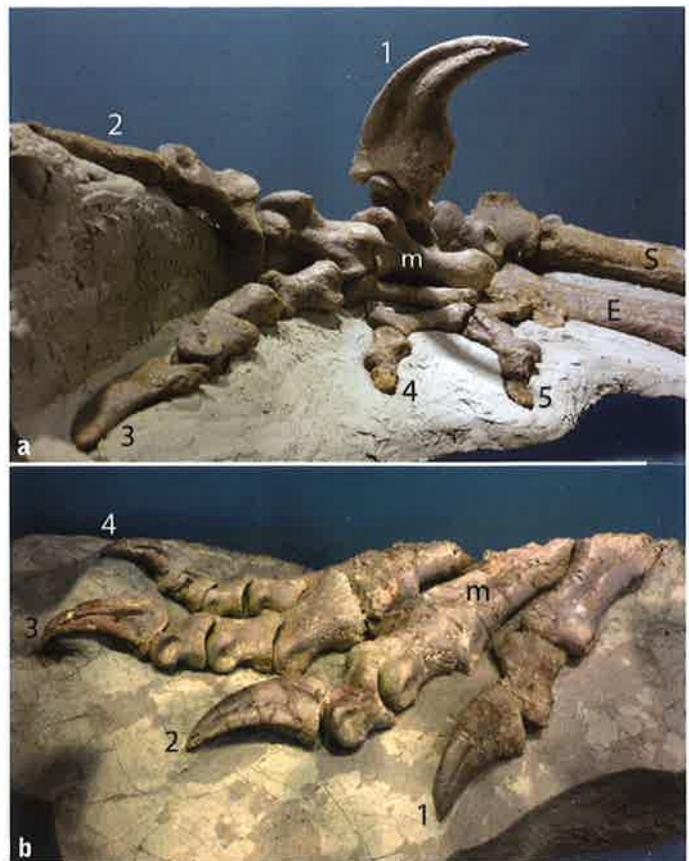


Abb. 12: a) Handskelett eines Plateosauriers mit grosser Krallen am Daumen (1), etw. kleineren Krallen an Zeige- und Mittelfinger (2, 3). Die restlichen Fingerstrahlen (4, 5) sind reduziert. m = Mittelhandknochen, E = Elle, S = Speiche. b) Der erste Fuss, der 1976 in der Tongrube freigelegt wurde. Vier Zehen sind deutlich zu erkennen, die reduzierte 5. Zehe liegt an der Rückseite und ist hier nicht sichtbar. m = Mittelfussknochen. Photos: R. Foelix

von Schulterblatt und Rabenbein artikuliert der relativ kräftige Oberarmknochen (*Humerus*; 45 cm Länge) und daran anschliessend die beiden dünneren Unterarmknochen Elle (*Ulna*) und Speiche (*Radius*; ca. 30 cm Länge). Die Hände (ca. 25 cm lang) sind 5-strahlig gebaut, allerdings sind 4. und 5. Finger reduziert, so dass nur 3 bekrallte Finger augenfällig sind. Die beiden reduzierten Finger besitzen keine richtigen Krallen, sondern nur eine Art Fingernagel. Die grösste Kralle trägt der Daumen (Abb. 12a). Da er etwa 45° abgespreizt werden konnte, gilt es als ziemlich sicher, dass die Hand greifen konnte.

Becken und Hinterbeine. Das Becken besteht auf beiden Seiten aus den typischen drei Knochen Darmbein (*Ilium*), Sitzbein (*Ischium*) und Schambein (*Pubis*), dazwischen liegt das Kreuzbein als Verbindungsstück. Schon in der ersten anatomischen Beschreibung von *Plateosaurus* (Meyer, 1839) fand der Autor es ganz „unerhört“, dass hier 3 Kreuzbeinwirbel vorliegen, wo doch Reptilien allgemein nur zwei solcher Wirbel besitzen. Gewöhnlich sind erster und zweiter Kreuzbeinwirbel



Abb. 13: a) Ein Anschliff einer Rippe zeigt links Knochenkanälchen mit zentralen Blutgefässen, und rechts periodische Schichten, die als Wachstumsringe interpretiert werden. Photo: H. Moor. b) Ein dünner Querschliff aus der kompakten Knochenschicht zeigt bei etwas stärkerer Vergrößerung die dunklen Blutgefässe und kleine schwarze Punkte in der Knochensubstanz. Bei hoher Vergrößerung entpuppen sich diese Pünktchen als Ausfüllungen verzweigter Knochenzellen (Inset). Photos: R. Foelix

fest miteinander verwachsen, während der dritte Wirbel von der Schwanzwirbelsäule her angegliedert wurde. Wie bei allen sog. Saurischia, oder Echten Beckensauriern, sind bei *Plateosaurus* die beiden Schambeine nach vorne gerichtet. Jedes Schambein besteht aus einer rechteckigen Platte (60 cm lang, 20 cm breit), welche am oberen Ende eine kreisrunde Öffnung (*Foramen obturatorium*) besitzt. Die beiden Sitzbeine zeigen nach hinten und sind im unteren Bereich zu einem Knochen verschmolzen. Die Darmbeine sind etwa 40 cm lang und 30 cm hoch; ihr unterer Rand bildet das Dach der Hüftgelenkspfanne. Von dort entspringt der kräftige Oberschenkelknochen (*Femur*) von 75 cm Länge und etwa 10 cm Durchmesser; sein auffälligstes Merkmal ist ein schnabelartiger Fortsatz (*Trochanter quartus*) im oberen Drittel, der als Muskelansatz diente. Die beiden Unterschenkelknochen Schienbein (*Tibia*) und Wadenbein (*Fibula*) sind nur wenig kürzer (60 cm) als der Oberschenkel. Wie bei den Raubsauriern (Theropoden) sind bei *Plateosaurus* alle Beinknochen hohl.

Der Fuss (*Tarsus*) ist 5-strahlig aufgebaut (Abb. 12b), allerdings ist der 5. Strahl (Kleinzehe) stark zurückgebildet, so dass beim Auftreten ein 4-strahliger Fussabdruck entstand. Bemerkenswert ist die Anzahl der Fussglieder: Wir sind es von den Säugetieren her gewohnt, dass die Grosszehe zwei-, alle anderen Zehen dreigliedrig sind, aber bei *Plateosaurus* hat die Grosszehe nur 1 Glied, die 2. Zehe zwei, die 3. Zehe drei, und die 4. Zehe vier Glieder. Entsprechend sind die Zehen 3 und 4 deutlich am längsten.

Ganz entsprechend verhält sich übrigens die Anzahl der Fingerglieder in den ersten drei Strahlen der Hand: Daumen mit 1 Glied, Zeigefinger 2, Mittelfinger 3 Glieder. (Falls man die Krallen als Endglied mitzählt, erhöht sich die Anzahl der Finger- resp. Zehenglieder jeweils um ein Glied).

Im Zusammenhang mit dem Skelett soll hier auch kurz die Struktur der Knochen erwähnt werden. Erstaunlicherweise sind die Plateosaurierknochen selbst nach 200 Mio Jahren hervorragend erhalten, d. h. Dünnschliffe unter dem Mikroskop zeigen praktisch die gleiche Feinstruktur wie heutiger Knochen (Abb. 13). So sind die ehemaligen Blutgefässe als dunkle Kanäle erkennbar und selbst die verzweigten Knochenzellen erscheinen als schwarz gefüllte Hohlräume. Bei den Langknochen sieht man im Querschnitt deutliche Wachstumsringe, die auf eine periodische (evtl. jahreszeitlich bedingte) Ablagerung hinweisen (Foelix, 1996; Klein & Sander 2007). Der fibro-lamelläre Aufbau der Knochen lässt auf ein rasches Wachstum schliessen und damit auf einen relativ hohen Stoffwechsel dieser Saurier (Sander & Klein, 2005).

3.1.2 Körperhaltung und Fortbewegungsweise

Ob die Plateosaurier auf allen vier Beinen oder nur auf den Hinterbeinen standen, und vor allem, wie sie sich bewegt haben, kann man auch heute noch nicht mit absoluter Sicherheit sagen (Abb. 14). Im 19. Jahrhundert hielt man die Saurier einfach für „überdimensionierte Eidechsen“ und entsprechend nahm man

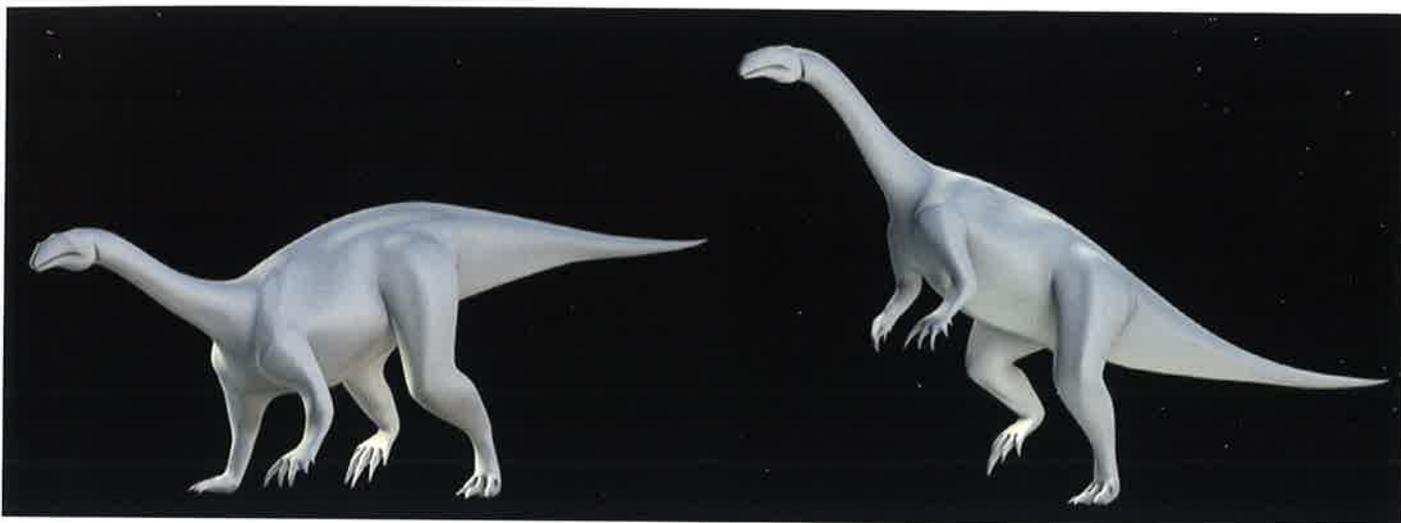


Abb. 14 Zwei- oder vierbeinige Fortbewegung - das ist hier die Frage. Beide Theorien haben ihre Anhänger, doch neigt man heute mehr zur Zweibeinigkeit (Bipedie). Der enorme Grössenunterschied von Vorder- und Hinterbeinen würde eine vierbeinige Fortbewegung (Quadrupedie) nur sehr beschränkt zulassen. Grafik: D. Schürch

auch eine vierbeinige Fortbewegung (*Quadrupedie*) an (Meyer, 1855). Allerdings postulierte schon Cope (1866) für die Prosauropoden eine Zweibeinigkeit (*Bipedie*) und auch Jaekel (1911) und Fraas (1913/14) stellten sich einen känguru-artig springenden Bewegungsmodus vor. Vor allem die unterschiedliche Länge von Vorder- und Hinterbeinen wurde als Argument für einen zweibeinigen Zehengang angeführt (Marsh, 1893). Da die Hände zudem einen massiven Daumen mit grosser Kralle aufweisen, wurden sie mehr als Greiforgane interpretiert als zur Fortbewegung dienend.

Die Darstellung von hoch aufgerichteten, zweibeinigen Prosauropoden blieb über viele Jahre bestimmend und entsprechend rekonstruierte Huene (1907/08; 1926) die Trossinger Plateosaurier in steilem Winkel ($> 45^\circ$) zum Boden stehend und mit nachschleifendem Schwanz. Allerdings hatte man nach den Funden von ganzen Skeletten in Trossingen auch eine eidechsenähnliche Beinhaltung in Betracht gezogen (Fraas, 1913), und so wurde das erste Skelett im Stuttgarter Museum in vierfüssiger Reptilien-Schreitstellung montiert. Ein vierbeiniges Kriech-Schreiten galt dann als die normale Gangart, die nur bei rascherem Lauf in eine „semi-bipede“ Fortbewegung übergehen konnte. Später wurde oft ein Kompromiss gewählt, indem man entweder verschiedene Körperhaltungen nebeneinander zeigte (z. B. im Stuttgarter Naturmuseum), oder kleinere Saurier zweibeinig (biped), grössere dagegen eher vierbeinig (quadruped) darstellte. Nach einer Auswertung der Plateosaurierfunde von Ellingen wurde sogar eine „obligate Quadrupedie“ postuliert (Wellnhofer, 1994).

Im Allgemeinen wird in neuerer Zeit die bipede Gangart bevorzugt (Weishampel & Westphal, 1986; Galton, 1990; Paul,

1997). Eine biomechanische Analyse von Becken und Hinterbeinen (Christian et al., 1996) kam zum Schluss, dass die Beine fast gestreckt unter dem Körper standen; zudem hatten die beiden Hinterbeine nur einen geringen seitlichen Abstand voneinander (40-50 cm; Furrer & Lozza, 2008) - die Tiere konnten also nicht so breitbeinig laufen wie etwa ein Krokodil. Auch die jüngste Studie mit Computersimulationen von Arm- und Beinbewegungen am Plateosaurierskelett fordert eine „obligate Bipedie“ (Mallison, 2010). Ein wichtiges Argument hierfür ist die Anordnung bzw. die Beweglichkeit der Unterarmknochen: Die Speiche kann nicht wie bei uns nach innen gedreht werden (*Pronation*), so dass die Hand nach unten zeigen würde. Somit konnte die Handfläche den Boden gar nicht berühren - was aber bei einem Vierfüssler zwingend notwendig wäre. Ein gutes Indiz für die Zweibeinigkeit liefern auch die fossilen Saurierfährten, die nur die grossen Fussabdrücke der Hinterbeine zeigen, aber keine Trittsiegel der kleinen Vorderfüsse (Furrer & Lozza, 2008). Dieser kurze Überblick zeigt, dass sich die Rekonstruktionen von Körperhaltung bzw. Fortbewegungsweise nach dem jeweiligen wissenschaftlichen Erkenntnisstand richten, und somit keine endgültigen „Wahrheiten“ darstellen.

4. Saurierspuren aus der Trias-Zeit

Von vielen Sauriern kennen wir nicht nur die materiellen Überreste wie Knochen und Zähne, sondern auch ihre Spuren, die sie zu Lebzeiten im feuchten Schlamm hinterlassen haben (Lock-

ley & Meyer, 2000). Allerdings ist es selten, dass man Knochen und Spuren nebeneinander findet und deshalb ist es schwierig, bestimmte Fährten den entsprechenden Saurierarten zuzuweisen. Leider hat man auch an den Stellen, wo Saurierknochen durchaus häufig sind (z. B. in Frick), bisher keine Fussspuren gefunden. Immerhin gibt es mehrere Orte in der Schweiz, wo in den Schichten der späten Trias eindeutige Saurierspuren nachgewiesen sind, und es ist naheliegend, dass zumindest einige dieser Fährten von Plateosauriern stammen. Gute Indizien für eine solche Zuordnung sind Grösse bzw. Proportionen der Fussabdrücke, sowie die richtige Anzahl von Zehen. Bei einem Hinterfuss des Prosauropoden *Plateosaurus* müssten 3-4 Zehen erkennbar sein, die einen Abdruck von ca. 60 cm Länge und 40 cm Breite hinterlassen. Tatsächlich hat man 1961 am Piz dal Diavel (Schweizerischer Nationalpark) auf einer steil gestellten Kalkplatte (Norian, späte Trias) in 2400 m Höhe spektakuläre Fährten mit 60 cm langen, vierzehigen Trittsiegeln gefunden, die diesen Kriterien genügen würden (Abb. 15; Furrer, 1993). Dies gilt auch für etwas jüngere Spuren, die 2008 am Piz Tantermozza entdeckt wurden (Furrer & Lozza, 2008). Auch am Piz Mitgel (Savognin) ist man – auf über 3000 m Höhe – auf 4-zehige Abdrücke gestossen, die ziemlich sicher von zweibeinigen Prosauropoden stammen. Eine erneute Untersuchung der Fährtenplatte vom Piz dal Diavel (1981) erbrachte den Nachweis von 13 zusätzlichen, kleineren Fährten, die in verschiedenen Richtungen laufen. Deren 3-zehige Trittsiegel von 25-30 cm Länge müssen von Theropoden, also Raubdinosauriern stammen. Vergleichbare 3-zehige Abdrücke hat man 2009 auch am benachbarten Piz Ela gefunden. Alle diese Saurierspuren aus Graubünden sind etwa gleich alt wie der Knollenmergel von Frick.

Die Tatsache, dass diese Spuren in so grosser Höhe vorkommen, darf natürlich nicht so interpretiert werden, dass diese Saurier hoch in den Bergen gelebt hätten – im Gegenteil, die Spuren sind vor etwa 210 Mio Jahren im flachen Küstenbereich des Tethys-Meeress entstanden und erst viele Millionen Jahre später durch die Alpenfaltung steil gestellt und allmählich in die Höhe gehoben worden.

In den Schweizer Alpen sind sogar noch ältere Spuren gefunden worden, die aber nicht von Dinosauriern, sondern von deren Vorfahren, den Archosauriern, stammen müssen. So wurden im Sommer 2000 am Tödi mehrere Fährten entdeckt, deren Trittsiegel vier bis fünf Zehen zeigen (Feldmann & Furrer, 2009). Sie sind mit den vier- bis fünfzehigen Abdrücken aus dem Buntsandstein Mitteldeutschlands vergleichbar, die im Grenzbereich der frühen bis mittleren Trias (vor ca. 245 Mio Jahren) entstanden. Die an eine menschliche Hand erinnernden Abdrücke wurden bereits 1833 entdeckt und einem *Chirotherium* („Handtier“) zugeordnet.

Die bekannten Saurierfährten von Vieux Emosson (Wallis) sind 3-5-zehig, stammen aber sehr wahrscheinlich nicht von Dinosauriern, sondern ebenfalls von Archosauriern. In Frage käme etwa der krokodilartige *Ticinosuchus*, dessen Skelettreste vom Monte San Giorgio (Tessin) bekannt sind (Krebs, 1965). Die



Abb. 15 Saurierfährten in 2400 m Höhe am Piz dal Diavel (Schweizerischer Nationalpark), bei tiefstehender Sonne photographiert. Eine Fährte abwechselnder Trittsiegel verläuft waagrecht durchs Bild. Bei mehreren Abdrücken lassen sich die 4 Zehen gut erkennen (Inset). Photos: H. Furrer

Spuren wurden in Sandsteinen gefunden, die vermutlich in der mittleren Trias abgelagert wurden; sie gelten daher als die ältesten Saurierfährten der Schweiz (245 Mio Jahre).

5. Nahrung

Aus der Bezahnung wird allgemein geschlossen, dass Plateosaurier in erster Linie Pflanzenfresser waren. Aus welchen Pflanzen ihre Nahrung aber bestand, ist weitgehend unklar. Leider finden sich in der Saurierschicht selbst kaum Pflanzenreste, die verlässliche Rückschlüsse zulassen. Aus etwas tiefer liegenden Sandsteinschichten in der Umgebung (Baselland) sind immerhin grosse Schachtelhalme bekannt, die als Nahrung gedient haben könnten. Die kräftigen Krallen an Vorder- und Hinterfüssen sind eventuell dafür eingesetzt worden, die unterirdischen Knollen (Rhizome) der Schachtelhalme auszugraben. Bei den grossen Daumenkrallen, die sicher zum Greifen geeignet waren, nimmt man an, dass sie zum Herunterbiegen von Ästen und Zweigen benutzt wurden. Allerdings gab es in der Trias noch keine Blüten- resp. Samenpflanzen, so dass weder Laubblätter noch Früchte als Nahrung zur Verfügung standen. Inwieweit gewisse Sporenpflanzen (Farne, Bärlappe, Schachtelhalme) oder auch Nadelhölzer (Araukarien, Ginkgos, Palmfarne) als Nahrung genutzt wurden, ist nicht wirklich bekannt. Magensteine (*Gastrolithen*), wie sie heute bei gewissen körnerfressenden Vögeln vorkommen, aber auch bei den grossen pflanzenfressenden Dinosauriern (Sauropoden) gefunden wurden, sind bei Prosauropoden bisher nicht nachgewiesen.

6. Lebensraum

Zur Zeit der Oberen Trias herrschte bei uns ein eher trockenes Klima und deshalb nimmt man an, dass die Plateosaurier in einer steppenähnlichen Landschaft gelebt haben – im Fall der Fricker Saurier vermutlich in einer flachen Küstenregion (z. B. Flussdelta mit Lagunen). Natürlich muss selbst in einer trockenen Steppe genügend Pflanzenwuchs vorhanden gewesen sein um den beträchtlichen Nahrungsbedarf der relativ grossen Saurier zu decken. Wie auch in heutigen Steppen oder Halbwüsten konnten Täler mit kleinen Flüssen oder Seen für die nötige Feuchtigkeit bzw. Vegetation sorgen.

Wegen des trockenen Lebensraumes ist öfters die Hypothese aufgestellt worden, dass die Saurier in Herden zusammen gelebt hätten und ähnlich wie Huftiere in den afrikanischen Savannen von einem Wasserloch zum anderen gezogen seien. Auch wenn solche Vorstellungen plausibel klingen, so sind sie doch rein spekulativ. Als Argument für eine Herdenbildung wird gern die Tatsache herangezogen, dass man oft mehrere Tiere nebeneinander als Fossil erhalten findet. Dies mag aber ganz andere Gründe haben, wie wir im nächsten Unterkapitel noch diskutieren werden.

7. Fossilisation: Wie starben die Tiere und wie blieben sie fossil erhalten?

Die Fossilisationslehre untersucht, wie ein Lebewesen nach dem Tod zu einer Versteinerung (Fossil) wird. Normalerweise zersetzen sich tote Körper relativ rasch und nur selten, und nur unter ganz bestimmten Bedingungen, können die Hartteile über Jahrmillionen als Fossil erhalten bleiben. Konkret auf die Saurier von Frick bezogen stellen sich folgende Fragen: Wie sind die Plateosaurier damals verendet? Wie kam es, dass sie nicht völlig zersetzt wurden? Sind sie an ihrem ursprünglichen Platz eingebettet worden oder wurden sie verschwemmt und erneut abgelagert? Wieso finden wir so viele Skelette auf engstem Raum?

Die heute am meisten akzeptierte Vorstellung kann man mit „Schlammfallen-Hypothese“ umschreiben (Sander, 1992). Danach blieben vor allem die grossen Tiere in der Nähe von Wasserlöchern im weichen Schlamm stecken, konnten sich nicht mehr befreien und verendeten. Zumindest Hinterbeine und Schwanz waren dann bereits tief im Schlamm eingesunken und vom Luftsauerstoff abgeschnitten, während Kopf, Hals und Vorderbeine noch oberflächlich herausragten. Letztere waren dann für Aasfresser zugänglich oder wurden allmählich durch Wind und Wetter zerstört. Für ein solches Szenario spricht die Fundlage etlicher Plateosaurier, bei denen die Hinterteile in Bauchlage mit abgespreizten Beinen gut erhalten sind, während die vorderen

Körperteile nur noch bruchstückhaft vorhanden sind oder ganz fehlen. Aus der typischen „Sitzposition“ kann man ausserdem schliessen, dass die Tiere vermutlich in dieser Stellung verendet sind und anschliessend nicht verschwemmt wurden. Die Tatsache, dass man praktisch kaum Jungtiere gefunden hat, lässt sich so erklären, dass diese wegen ihres geringen Körpergewichts nicht so tief einsanken und somit nicht stecken blieben. Voraussetzung für eine gute Fossilisation ist stets eine rasche Einbettung, möglichst unter Luftabschluss und basischem Milieu, und dies wäre bei der Schlammfallen-Hypothese gegeben.

Eine alternative Theorie wurde in den 1920er Jahren von Huene vertreten: Er ging von einer sehr trockenen Umgebung aus, in der Herden von Plateosauriern umherzogen und an Wasserlöchern an Erschöpfung starben. Anschliessend sollten sie von Dünenstaub zugedeckt worden sein. Allerdings konnte Seemann (1933) durch geologische Untersuchungen nachweisen, dass es sich in den Knollenmergeln um Tonablagerungen in einem wässrigen Milieu handelte und nicht um Dünenablagerungen durch den Wind.

Schliesslich muss darauf hingewiesen werden, dass es wohl noch eine andere Art der Einbettung (*Taphonomie*) bei den Plateosauriern gegeben hat. Die meisten Saurier sind sicher nicht durch eine Katastrophe umgekommen, sondern eines ganz normalen Todes gestorben. Ihre Skelette wurden durch Aasfresser oder Witterung weitgehend zerstört oder die Kadaver wurden durch Flüsse oder Hochwasser wegtransportiert. Eventuell wurden sie dann an bestimmten Stellen wie Flussbiegungen wieder abgelagert und angehäuft. In jedem Fall liegen dann aber kaum noch artikulierte Skeletteile vor, sondern vor allem Einzelknochen, die zudem zerbrochen oder abgerollt sein können. Diese Fundsituation ist besonders in der oberen Saurierschicht anzutreffen, während in der unteren Saurierschicht ganze oder teilkulierte Skelette vorliegen, die vermutlich mit der Schlammfallen-Hypothese besser zu erklären sind (Weishampel, 1984). In der Fricker Region kann ein Abtransport durch Wasser weitgehend ausgeschlossen werden, weil die Knochen weder grössensortiert noch durch die Strömung eingeregelt angetroffen werden.

Selbst in der unteren Saurierschicht muss die hohe Dichte an *Plateosaurus*-Skeletten („Massenfriedhof“ oder engl. *bone beds*) nicht unbedingt auf katastrophale Ereignisse zurückzuführen sein. Da für die Ablagerung der gesamten Saurierschicht mit einer Zeitspanne von mehreren Millionen Jahren gerechnet wird, darf man auch für die Entstehung der Unterschichten Tausende von Jahren annehmen – genügend Zeit, um etliche Saurierskelette innerhalb enger Horizonte anzuhäufen.

8. Heutige Forschung an Plateosauriern

In der modernen Saurierforschung gibt man sich nicht damit zufrieden, die gefundenen Knochen möglichst exakt und dreidimensional zu einem Gesamtskelett zusammen zu fügen.

Natürlich sind gute Skelettrekonstruktionen weiterhin notwendig um sich ein lebensnahes Bild dieser urzeitlichen Tiere machen zu können. An anatomisch korrekt montierten Skeletten kann man aber auch funktionelle Überlegungen bzw. Analysen anstellen, etwa wie sich bestimmte Gliedmassen überhaupt bewegen konnten, oder ob die Tiere auf allen Vieren oder nur auf den Hinterbeinen gelaufen sind (Mallison, 2010). Nach unseren eigenen Beobachtungen verdient besonders die Beweglichkeit der Vorderbeine mehr Beachtung: Der abspreizbare Daumen bildete zusammen mit Zeige- und Mittelfinger eine ideale Greifhand. Dies bedeutete aber, dass sich die Tiere auch aus höheren Sträuchern und Bäumen Äste herunter ziehen konnten und somit in der eher kargen Vegetation einen Vorteil bei der Nahrungsbeschaffung hatten. Dies mag ein Grund gewesen sein, weshalb die Gattung *Plateosaurus* damals so erfolgreich war – immerhin findet man in der sog. Saurierschicht zu 90% Knochen von Plateosauriern, aber kaum von anderen Wirbeltieren.

Eine besonders aktive Forschergruppe, die sich mit frühen Dinosauriern (Prosauropoden und Sauropoden) befasst, ist an der Universität Bonn unter der Leitung von Prof. M. Sander tätig. Sander und seine Mitarbeiter haben schon vor einigen Jahren Plateosaurierknochen aus Frick und Trossingen mikroskopisch genauer untersucht und waren zum Schluss gekommen, dass diese Knochen sehr rasch gewachsen sein mussten. Daraus ergeben sich viele Fragen, die heute in Zusammenarbeit mit Forschern aus den verschiedensten Gebieten (Physik, Chemie, Geologie, Materialwissenschaften, Physiologie, u. a.) verfolgt werden.

War das rasche Wachstum bzw. der hohe Stoffwechsel eventuell mit Warmblütigkeit korreliert? Kam das Wachstum irgendwann

zum Stillstand oder hielt es ein Leben lang an? Worauf beruht die grosse Variationsbreite in der Grösse der adulten Plateosaurier (5-8 m)? Waren die Lungen der Plateosaurier vielleicht vogelähnlich, mit Luftsäcken im ganzen Körper, welche nach dem Blasebalg-Prinzip eine effizientere Atmung ermöglichen? Auf den ersten Blick sind manche dieser Fragen kaum zu beantworten – aber durch Anwendung neuer Methoden und durch Quervergleiche mit heutigen Reptilien und Vögeln lassen sich doch Indizien finden, die zumindest seriöse Arbeitshypothesen liefern können.

9. Weitere Fossilien in der Saurierschicht

Erstaunlicherweise findet man in der Saurierschicht ausser den Plateosaurierknochen nur wenige andere Fossilien. Eine wichtige Ausnahme stellen die seltenen Funde von Raubsauriern dar – sie werden weiter unten genauer besprochen. Kleine, rechteckige Knochenplättchen belegen das Vorkommen von Adlerkopfechsen (*Aetosaurus*), 50-80 cm langen, krokodilartigen Reptilien mit einem Panzer aus kleinen Hautknochen. Ihre vollständigen Skelette sind aus dem Stubensandstein (Mittlerer Keuper) von Württemberg gut bekannt (Ziegler, 1986). Als grosse Überraschung stiess man 2010 in der Fricker Tongrube auch auf eine grosse Schildkröte mit einer Panzerlänge von 60 cm. Sie entspricht ganz den Schildkröten der Gattung *Proganochelys*, die man schon 1885 im Stuttgarter Stubensandstein und später auch im Knollenmergel von Trossingen und Halberstadt gefunden hat. Weitere fossile Reste betreffen einzelne Zähne von Haien und Kno-

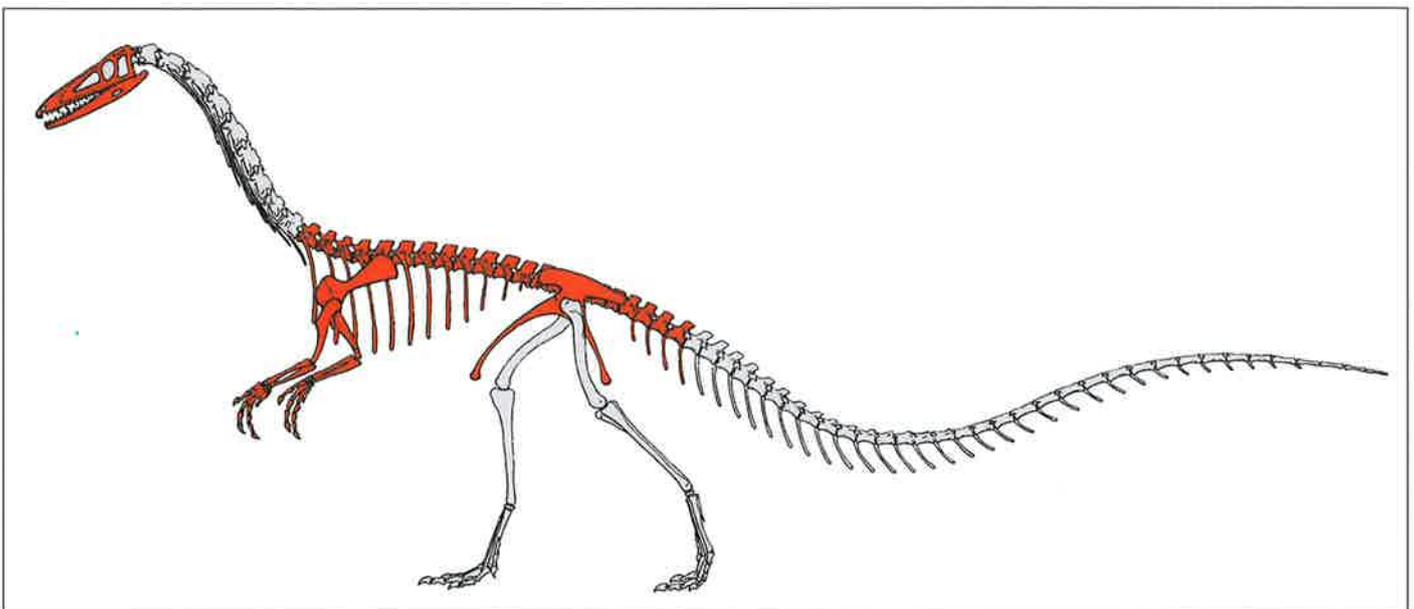


Abb. 16: Skelettreste eines Raubsauriers wurden erstmals 2006 in der Tongrube Frick gefunden; zuerst nur das Rumpfskelett (rot markierte Knochen); 2009 kam dann auch der zugehörige Schädel zum Vorschein. Zeichnung: R. Kindlimann, Sauriermuseum Frick

chenfischen, sowie Zahnplatten von Lungenfischen. Aus dieser rudimentären Faunenzusammensetzung lässt sich ableiten, dass die Plateosaurier damals in einem Küstengebiet gelebt haben.

10. Raubdinosaurier

Lange Zeit hat man in der Fricker Saurierschicht praktisch nur Reste von Plateosauriern gefunden. Allerdings kamen ab und zu auch sichelförmige Einzelzähne zum Vorschein, die sich deutlich von den spatelförmigen und gekerbten Plateosaurierzähnen unterschieden (Sander, 1992). Dabei handelte es sich um ausgefallene Zähne von kleineren Raubsauriern (Theropoden). Interessanterweise fand man diese Zähne auch zusammen mit Plateosaurierknochen, entweder innerhalb des Skeletts (z. B. im Ganzskelett, Sauriermuseum Frick) oder halb eingebettet in Beckenknochen (z. B. in einem Sitzbein, Naturama Aarau). Vermutlich haben sich die Raubsaurier als Aasfresser betätigt und beim Abnagen der Kadaver gingen öfters auch Zähne verloren. Bei den Theropoden waren Zahnwechsel häufig, wobei zuvor jeweils die Zahnwurzel abgebaut wurde (ähnlich wie dies bei unseren Milchzähnen der Fall ist).

Raubosaurierzähne sind nicht deutlich gekerbt wie die Plateosaurierzähne, aber ihre Ränder sind dennoch leicht gezähnt, am hinteren Rand meist etwas gröber als am vorderen. Für die Länge der Zähne wurde ursprünglich 5-23 mm angegeben (Sander, 1992), dagegen sind die kürzlich (2010) gefundenen Zähne wesentlich grösser, nämlich 25-35 mm. Dies könnte

darin liegen, dass die kleineren Zähne von anderen Raubsauriern (*Liliensternus?*) stammen als die grossen (*Coelophysis?*). Im Jahr 2006 wurden in der Fricker Tongrube von einem Hobby-Paläontologen (Michael Fischer, Basel) zufällig dunkle, fast schwarze Saurierknochen entdeckt, die nicht von Plateosauriern stammen konnten. Schon bei der Bergung wurde bald klar, dass es sich hierbei um einen kleineren Raubdinosaurier (2-3 m Körperlänge) handeln musste. Dies war der erste Skelettfund eines Raubdinosauriers in der Schweiz und war somit eine kleine Sensation. Das Skelett wurde dann von Ben Pabst präpariert und am Paläontologischen Institut der Universität Zürich im Rahmen einer Diplomarbeit (Hugi, 2008; Hugi & Brinkmann, 2010) wissenschaftlich untersucht. Danach handelt es sich um einen Raubsaurier der Gattung *Coelophysis*, vermutlich um ein junges, männliches Tier (aufgrund der nicht verwachsenen Knochenfugen, resp. der vordersten Hämaphysen). Ursprünglich war nur das Rumpfskelett bekannt, d.h. Rückenwirbelsäule, Vorderbeine und Becken (Abb. 16); der Schädel fehlte leider. Als grosse Überraschung stiess Ben Pabst dann 2009 – nur wenige Meter von der Originalfundstelle entfernt – doch noch auf den fehlenden Schädel. Besonders beeindruckend daran sind die grossen, sichelförmigen Zähne (Abb. 17, 18a).

Bei der Untersuchung des Rumpfskeletts hatte es bereits eine andere Überraschung gegeben: Im Körperinneren waren Teile des Mageninhaltes erhalten geblieben. Als letzte Mahlzeit hatte der Raubsaurier offenbar eine Brückenechse (*Clevosaurus?*), verspeist, wie man anhand der kleinen (1 mm), wurzellosen (*acrodonten*) Zähne feststellen konnte (Abb. 18b). Brückenechsen gelten heute als fast ausgestorben, bzw. als „lebende Fossilien“, weil es nur noch 1-2 Arten auf einigen Insel vor Neuseeland gibt. Sie waren früher mit vielen Arten weltweit verbreitet; die heutigen geringen Restbestände haben sich aber seit dem frühen Erdmittelalter (200 Mio Jahre) kaum verändert.



Abb. 17: Schädel des Raubdinosauriers *Coelophysis* in Seitenansicht. Beachte die schwarzen Knochen und die relativ grossen Zähne, besonders im Oberkiefer. Photo: B. Pabst

11. Ausblick: Die Zukunft der Fricker Tongrube

Man könnte vielleicht meinen, dass bei einem Fundus von ca. 30 Plateosaurier-Skeletten aus der Fricker Tongrube alles Wesentliche über diese Saurier bekannt sei und weitere Grabungen eigentlich unnötig seien. Die Funde der letzten Jahre zeigen aber genau das Gegenteil. Das Paradebeispiel ist sicher der Raubdinosaurier, von dem bislang nur einzelne Zähne bekannt waren. Wissenschaftlich fast so bedeutsam war der Fund von drei jungen Plateosauriern im Sommer 2010 – bisher hatte man praktisch keine juvenilen Formen angetroffen und dies galt als Argument für die Richtigkeit der Schlammfallen-Hypothese. Erst nach einer genauen Auswertung dieser Jungtierfunde wird man die entsprechenden Schlüsse ziehen können, wie die Tiere vermutlich verwendet sind. Zuweilen findet man auch aussergewöhnliche Knochen, wie z. B. gebrochene



Abb. 18: a) Modell eines Raubdinosauriers, hier nur die Kopfpartie des ca. 2 m langen Tieres. Modell: B. Scheffold. b) Heutige Brückenechse (*Sphenodon punctatus*) aus Neuseeland. Photo: R. Foelix. Inset: Triassische Brückenechsen wurden offenbar von Raubsauriern gefressen, wie dieses typische, dreieckige Zähnen aus dem Mageninhalt eines Raubsauriers beweist. Photo: Universität Zürich

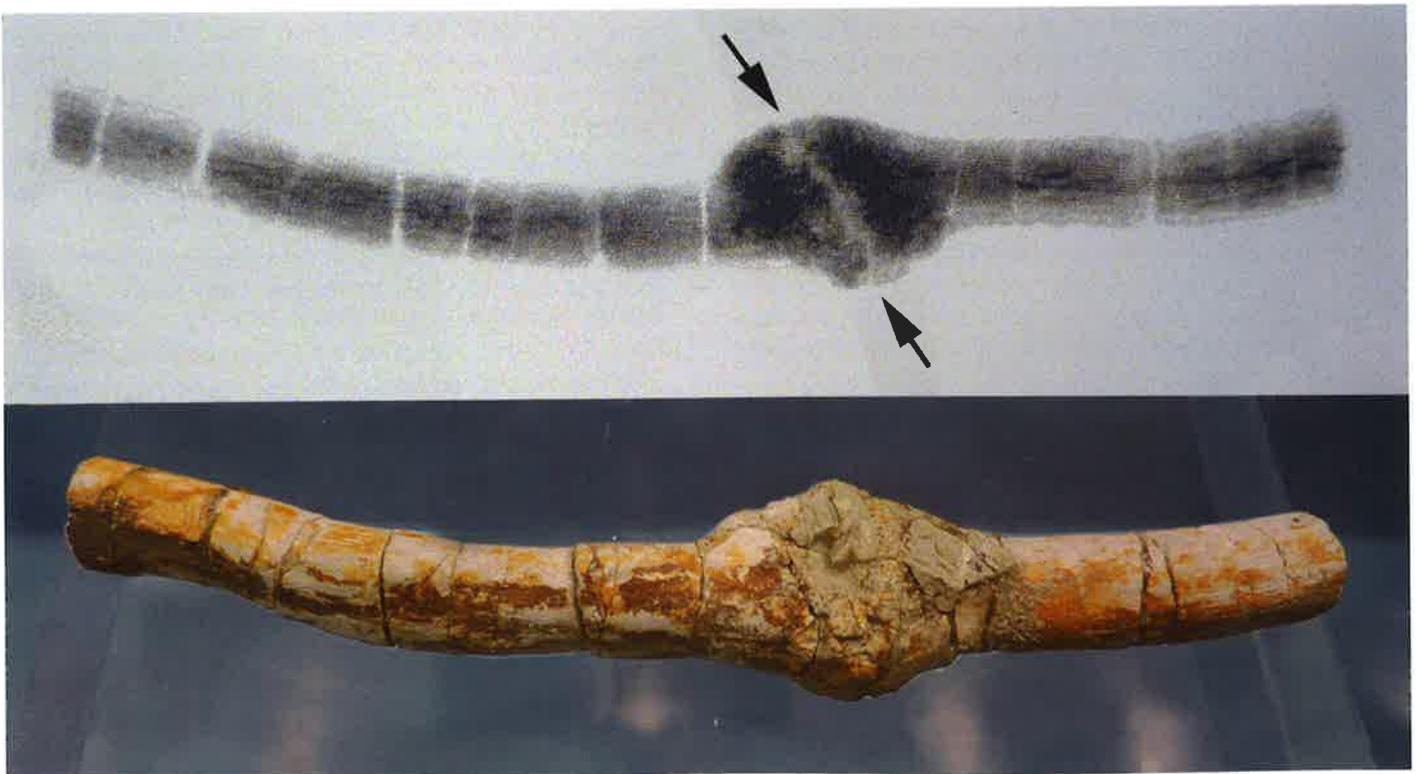


Abb. 19: Eine gebrochene Bauchrippe eines Plateosauriers, die offenbar wieder zusammen gewachsen war (Verdickung). Im Röntgenbild (oben) ist die schräg verlaufende Bruchlinie (Pfeile) sowie die Kallusbildung noch zu erkennen. Photo: D. Böhnhof und R. Foelix

und wieder verheilte Rippen (Abb.19), was auf physiologische Vorgänge wie Wachstum und Regeneration schliessen lässt.

Die letztjährigen Grabungen lieferten zudem starke Hinweise darauf, dass es in Frick zwei verschiedenen grosse Plateosaurier gegeben hat. Es gilt nun abzuklären, ob dieser Grössenunterschied z. B. auf verschieden grosse Männchen und Weibchen zurückzuführen ist (*Sexualdimorphismus*), oder ob es sich um zwei verschiedene Arten handelt. Diese Frage ist besonders interessant, wenn man die gleichen Knochen aus verschiedenen Horizonten miteinander vergleicht. Damit ist nicht nur die Untere und Obere Saurierschicht gemeint, sondern inzwischen wurde noch eine zusätzliche Mittlere Schicht entdeckt. In diesen drei Lagen, die eine Zeitspanne von mehreren Millionen Jahren umfassen, könnte man folglich eine zeitlich definierte Entwicklung innerhalb der Gattung *Plateosaurus* verfolgen.

Es besteht auch berechtigte Hoffnung auf Neufunde von Archo- und Phytosauriern, oder sogar von frühen Sauropoden. Durch die nun jährlich stattfindenden systematischen Grabungen ist man viel weniger dem Zufall ausgeliefert als früher, weil nun grossflächig und vorsichtig Schicht für Schicht abgetragen wird und dabei kaum ein Fossil übersehen wird.

Schliesslich soll hier auch erwähnt werden, dass die derzeitige Situation in der Fricker Tongrube in mehrfacher Hinsicht ideal und erfolgversprechend ist: Die Tonwerke Keller AG als Grubenbesitzerin arbeitet in vorbildlicher Weise mit dem Grabungsteam zusammen, Ziele und Rahmenbedingungen werden von der Saurierkommission Frick vorgegeben, und *last but not least* engagiert sich der Kanton Aargau finanziell an den Grabungen, so dass für die Saurier in Frick zumindest für die nächsten Jahre recht positive Perspektiven gegeben sind. Von dem reichhaltigen Material an Plateosaurierknochen können in Zukunft Teil- oder auch Ganzskelette zusammengestellt werden, die auch an anderen Museen als Leihgaben gezeigt werden können – entsprechende Anfragen aus dem In- und Ausland liegen schon längere Zeit vor. Hierfür wird die Tongrube in Frick auch weiterhin eine wahre „Fundgrube“ darstellen.

Literaturverzeichnis

- Blanckenhorn, M. (1898): Saurierfunde im Fränkischen Keuper. Sitzungsber. Physik.-med. Societät Erlangen 29: 67-91.
- Brinkmann, W. & Stössel, I. (2010): Neues von den alten Knochen – ein Besuch bei den Fricker Dinosauriern. Frick – Gestern und Heute, Heft Nr. 11: 85-94.
- Christian, A., Koberg, D. & Preuschoft, H. (1996): Shape of the pelvis and posture of the hindlimbs in *Plateosaurus*. Paläontol. Zeitschr. 70: 591-601.
- Cope, E. D. (1866): On anatomical peculiarities of some Dinosauria. Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia 1866: 316-317.

- Feldmann, M. & Furrer, H. 2009: Die Saurierspuren am Tödi und ihre geologische Umgebung. Mittg. Naturforsch. Ges. Kt. Glarus 18: 28–36.
- Foelix, R. (1996): Neue Saurierfunde in Frick. Aarauer Neu-jahrsbl. 1996: 40-46.
- Fraas, E. (1913): Die neuesten Dinosaurierfunde in der Schwäbischen Trias. Naturwiss. 1: 1097-1100.
- Furrer, H. 1993: Dinosaurier im Schweizerischen Nationalpark, Cratschla, Edizions specialas 1: 4-24.
- Furrer, H. & Lozza, H. 2008: Neue Funde von Dinosaurierfährten im Schweizerischen Nationalpark. Cratschla 1: 16–21.
- Galton, P. M. (1984): Cranial anatomy of the prosauropod dinosaur *Plateosaurus* from the Knollenmergel (Middle Keuper, Upper Triassic) of Germany. I. Two complete skulls from Trossingen / Württ. with comments on the diet. Geol. et Palaeontol. 18: 139-171.
- Galton, P. M. (1986): Prosauropod dinosaur *Plateosaurus* (= *Gresslyosaurus*) (Saurischia: Sauropodomorpha) from the Upper Triassic of Switzerland. Geol. et Palaeontol. 20: 167-183.
- Galton, P. M. (1990): Basal Sauropodomorpha- Prosauropoda. In Weishampel, D, B, Dodson P., u. Omolska, H. (ed.): The Dinosauria. p. 320-344.
- Galton, P. M. (1997): Comments on sexual dimorphism in the prosauropod dinosaur *Plateosaurus engelhardti* (Upper Triassic, Trossingen). Neues Jahrb. Geol. Paläontol. 1997: 674-682.
- Huene, F. v. (1907-1908): Die Dinosaurier der europäischen Triasformation mit Berücksichtigung der aussereuropäischen Vorkommen. Geol. Paläontol. Abhandl. Suppl.band 1, Jena, (419 S.)
- Huene, F. v. (1915): Beiträge zur Kenntnis einiger Saurischer der Schwäbischen Trias, Neues Jhrb. Mineral., Geol. u. Paläontol. 1915: 1-27.
- Huene, F. v. (1926): Vollständige Osteologie eines Plateosauriden aus dem Schwäbischen Keuper. Geol. Paläol. Abhandl. NF 15: 139-179.
- Huene, F. v. (1928): Lebensbild des Saurischer-Vorkommens im obersten Keuper von Trossingen in Württemberg. Palaeobiol. 1; 103-116.
- Hugi, J. & Brinkmann, W. (2010) The axial and posterior appendicular morphology of the first theropod skeleton (Saurischia, Dinosauria) of Switzerland (Late Triassic; Frick, Canton Aargau). In Vorbereitung.
- Jaekel, O. (1911): Die Wirbeltiere. Eine Übersicht über die fossilen und lebenden Formen. Borntraeger (Berlin) 252 S.
- Jaekel, O. (1912): Über die neuen Dinosaurierfunde bei Halberstadt. Mitteilg. Naturwiss. Verein für Neupommern u. Rügen in Greifswald 43 (1911): 10-12.
- Jaekel, O. (1913-1914): Über die Wirbeltierfunde in der Oberen Trias von Halberstadt. Paläontol. Zeitschr. 1: 155-215.
- Lockley, M. & Meyer, C. (2000): Dinosaur tracks and other fossil footprints of Europe. Columbia Univ. New York (323 p.).

- Klein, N. & Sander, P. M. (2004): Bone histology and growth of the prosauropod dinosaur *Plateosaurus engelhardti* von Meyer, 1837 from the Norian bone beds of Trossingen (Germany) and Frick (Switzerland). *Spec. Papers in Paleontol.* 77: 169-206.
- Krebs, B. (1965). *Ticinosuchus ferox* nov. gen. nov. sp. Ein neuer Pseudosuchier aus der Trias des Monte San Giorgio. *Schweiz. Paläontol., Abh.* 81: 1-140.
- Mallison, H. (2010): The digital Plateosaurus II: An assessment of the range of motion of the limbs and vertebral column and of previous reconstructions using a digital skeletal mount. *Acta Palaeontol. Polonica* 55:433-458.
- Marsh, O. C. (1893): Restoration of *Anchisaurus*. *Am. J. Sci.* 45: 169-170.
- Meyer, C. A. & Furrer, H. (1995): Taphonomie und paläoökologische Rekonstruktionen: Beispiele aus dem Mesozoikum des Jura. *Eclogae geol. Helv.* 88: 711-720.
- Meyer, H. v. (1839): Brief an Prof. Bronn vom 1. 12. 1838, in: *Neues Jahrb. Mineral., Geogn., Geol. u. Petrefaktenkunde* (Stuttgart) 1839: 76-79.
- Meyer, H. v. (1855): Zur Fauna der Vorwelt. 2. Abt. Die Saurier des Muschelkalkes mit Rücksicht auf die Saurier aus Buntem Sandstein und Keuper. 5.-6. Liefg.: 81-120.
- Moser, M. (2003): *Plateosaurus engelhardti* Meyer 1837 (Dinosauria: Sauropodomorpha) aus dem Feuerletten (Mittelkeuper; Obertrias) von Bayern. *Zitteliana, Reihe B* 24: 3-186.
- Norman, D. (1985): *The Illustrated Encyclopedia of Dinosaurs*. Crescent Books, New York (S. 102).
- Paul, G. S. (1997): Dinosaur models: the good, the bad, and using them to estimate the mass of dinosaurs. In: Wolberg, D. L. Stump, E., Rosenberg, G. (ed.): *Dinofest International: Proc. Symp. Arizona State Univ.* : 129-154.
- Pidancet, J. & Chopard, S. (1862): Note sur un Saurien gigantesque appartenant aux marnes irisées. *Compt. Rend. Hebd. Scéances Acad. Sci.* 54: 1259-1262.
- Sander, P. M. (1992): The Norian *Plateosaurus* bonebeds of central Europe and their taphonomy. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 93: 255-299.
- Sander, P. M. & Gee, C. T. (1989): Mit Earthwatch auf Dinosaurierjagd. *Fossilien* 4: 157-165.
- Sander, P. M. & Klein, N. (2005): Developmental plasticity in the life history of a prosauropod dinosaur. *Science* 310: 1800-1802.
- Scherzer, H. (1920): Erd- und pflanzengeschichtliche Wanderungen durchs Frankenland. 1. Teil. Die Keuper- und Muschelkalklandschaft. Kohler, Wunsiedel.
- Seemann, R. (1933): Die Saurischierlager in den Keupermergeln bei Trossingen. *Jahreshefte Ver. Vaterl. Naturkunde Württ.* 89: 129-158.
- Weishampel, D. B. (1984): Trossingen: E. Fraas, F. v. Huene, K. Seemann, and the „Schwäbische Lindwurm“. In: 3rd Symp. *Mesozoic Terrestrial Ecosystems* (W. E. Reif & F. Westphal, eds.). Attempto, Tübingen: 249-253.
- Weishampel, D. B. & Chapman, R. E. (1986): Die Plateosaurier von Trossingen im Geologischen Institut der Eberhard-Karls-Universität Tübingen. *Ausstellg. Katalog Univ. Tübingen* 19: 1-27.
- Wellnhofer, P. (1994): Prosauropod dinosaurs from the Feuerletten (Middle Norian) of Ellingen near Weissenburg in Bavaria. *Revue de Paléobiol. Vol. spéc.* 7 (1993): 263-271.
- Wild, R. (1992): Der Trossinger Plateosaurier. *Tuttlinger Heimatbl. Jb.* 1992, N. F. 55: 160-163.
- Ziegler, B. (1986): *Der Schwäbische Lindwurm – Funde aus der Urzeit*. Konrad Theiss Verlag, Stuttgart.

Danksagung

Folgenden Kollegen möchten wir für ihre Unterstützung herzlich danken: Alfons Baier (Erlangen), Winand Brinkmann (Zürich), Heinz Furrer (Zürich), Peter Hochuli (Zürich), Gottfried Hofbauer (Nürnberg), Beat und Thomas Imhof (Trimbach), Hans Rieber (Esslingen), Monica Rübli (Frick), Annemarie Schaffner (Anglikon), Rainer Schoch (Stuttgart), David Schürch (Aarau), David Wälchli (Ueken), Rupert Wild (Rutesheim).

Adressen der Verfasser

Rainer Foelix, Schanzmättelistr. 15 CH-5000 Aarau, r.foelix@gmx.ch
 Ben Pabst, Birchstr. 29 CH-8057 Zürich
 René Kindlimann, Zürichstr. 58 CH-8607 Aathal

Sonderdruck
aus
Mitteilung 2011, Band 37
Aargauische Naturforschende Gesellschaft