PHILIPPIA	7/3	S. 223–228	4 Abb.	Kassel 1995

Jürgen Fichter

Ein Versuch zur Berechnung der Laufleistungen aus jungpaläozoischen Saurierfährten

– dargelegt am Beispiel der Fährten des Cornberger Sandsteins (Perm, Deutschland)

Abstract

By help of the modified Alexander's formula the attempt is made to calculate the walking speeds of the producers of the tetrapod-trackways from the Cornberger Sandstein (Permian, Germany). The calculated speeds of the fossil tracks are compared with the measured speeds of living amphibians and reptiles as well as with the speeds that are calculated from the tracks of living animals.

Zusammenfassung

Mit Hilfe der modifizierten ALEXANDERschen Formel wird der Versuch unternommen, die Laufleistungen der Erzeuger der Tetrapodenfährten des Cornberger Sandsteins (Perm, Deutschland) zu kalkulieren. Die berechneten Laufleistungen werden mit den an lebenden Tieren gemessenen sowie mit den aus den Fährten rezenter Erzeuger berechneten Geschwindigkeiten verglichen.

Inhalt

1. Einleitung 223
2. Versuch der Berechnung der Laufleistungen Cornberger Fährtenerzeuger 224
3. Diskussion der Ergebnisse 225
Literatur 228

1. Einleitung

1976 erkannte R. McN. ALEXANDER durch die Beobachtung lebender Tiere Beziehungen zwischen Laufgeschwindigkeit, Stridelänge und Körpergröße. Seine Erkenntnisse resultierten in einer Formel zur Abschätzung der Laufgeschwindigkeit von Dinosauriern aus ihren Fährten. In diese Formel ging die Froude-Kennzahl ein, die im Schiffsbau eine große Rolle spielt. Für die Froude-Zahl gilt:

$$v^2/gl$$

Dabei ist v die Geschwindigkeit, g die Fallbeschleunigung und l eine charakteristische Länge (im Schiffsbau die Länge des Rumpfes). Im Falle der Dinosaurier wird l der Hüfthöhe h über dem Boden gleichgesetzt. Diese läßt sich aus der Fußlänge ermitteln, weil erfahrungsgemäß bei den Dinosauriern die vierfache Fußlänge der Hüfthöhe h entspricht. Unter Beachtung ziemlich weitverbreiteter Beziehungen zwischen Stridelänge und Hüfthöhe einerseits sowie der Froude-Kennzahl andererseits lautet letzten Endes die ALEXANDERsche Formel zur Abschätzung der Laufgeschwindigkeit bei Dinosauriern:

$$v = 0{,}25 g^{0{,}5} Sl^{1{,}67} h^{-1{,}17}$$

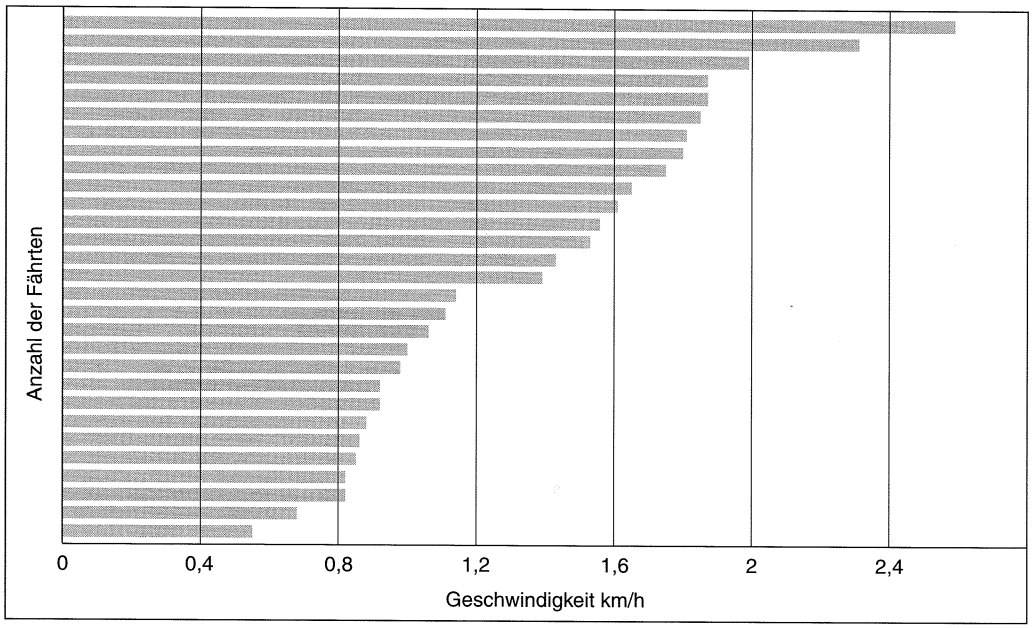


Abb. 1: Verteilung der Laufgeschwindigkeiten bei den Cornberger Fährten

Sl entspricht der Stridelänge, die als Entfernung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Fußeindrücken derselben Seite direkt aus der Fährte ermittelt werden kann. Somit hängt bei dieser Formel das Endergebnis ganz von der korrekten Abschätzung von h ab. ALEXANDER bemerkt hierzu, daß bei einer um 10% zu hoch angesetzten Schätzung von h die Abschätzung der Geschwindigkeit um 11% zu gering ausfallen wird.

Trotz dieser Unsicherheit ist diese Formel nach THULBORN (1990) für die Abschätzung der Laufgeschwindigkeit von Dinosauriern geeignet, allerdings auch nur für den Fall einer langsamen Gangart (walking gait) und einer relativen Stridelänge (=Verhältnis Sl/h) kleiner als 2,0. Bei rennender Fortbewegung mit einem relativen Stride größer als 2,9 kann diese Formel nicht angewendet werden. Für solche Fälle sollte die Formel nach THULBORN und WADE (1984) wie folgt modifiziert werden:

$$v = [gh(Sl/1{,}8h)^{2{,}56}]^{0{,}5}$$

2. Versuch der Berechnung der Laufleistungen Cornberger Fährtenerzeuger

Nach HAUBOLD (1984: 203) läßt sich die ALEXANDERsche Formel nicht auf die Fährten des Jungpaläozoikums anwenden, da deren Erzeuger nicht das notwendige Verhältnis von Hüfthöhe zu Fußlänge erfüllen. Dies ist sicherlich richtig, aber nach meinen bisherigen Erfahrungen ist es – speziell im Falle der schubkriechenden Fortbewegung – möglich, die Hüfthöhe nicht aus der Fußlänge zu kalkulieren, sondern aus den, an den Fährten direkt zu messenden einfachen Schrittlängen (=Pace) zu berechnen. Somit gilt nach FICHTER (1982):

$$h = Pace/12 \cdot 3^{0{,}5}$$

Substituiert man h als 4 x Pl (Pl=Fußlänge) durch diesen Ausdruck in der ALEXANDERschen Formel, lassen sich Werte für V berechnen, die immer noch unrealistisch hoch sind. Nach einiger Zeit des Experimentierens stellte ich fest, daß wesentlich realistischere Werte herauskommen, wenn man $h^{-1{,}17}$ durch den

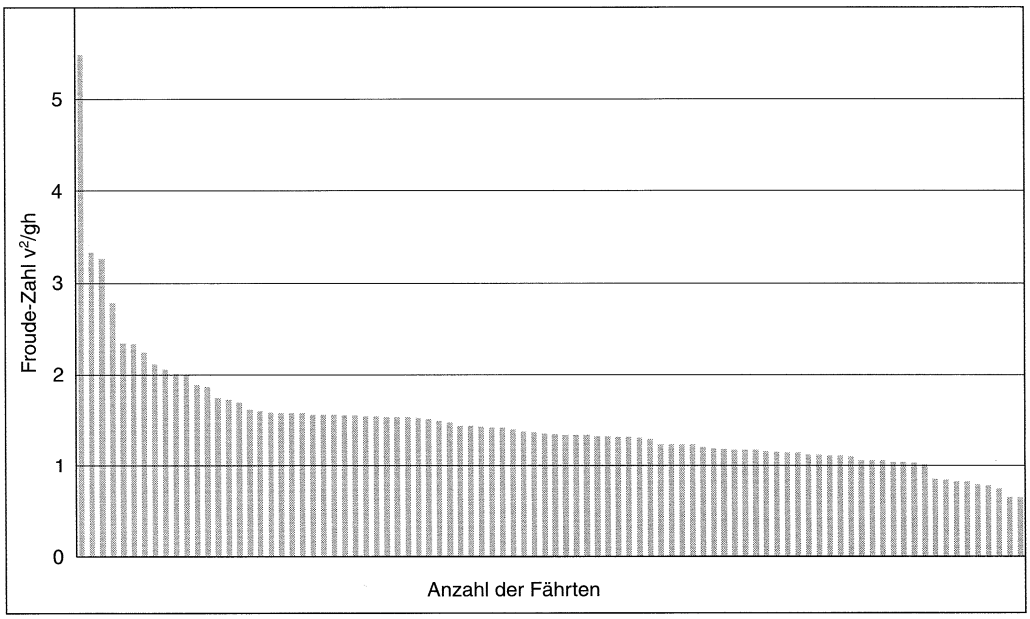
Ausdruck $h^{-1} \cdot h^{-1,17} = h^{-2,17}$ ersetzt. Danach liegen die Laufleistungen für die Fährtenerzeuger der Cornberger Fährten zwischen 61,4.und 542,5 mm/sec, das entspricht Geschwindigkeiten zwischen rund 0,2 und knapp 2 km/h (Abb. 1). Die Mehrheit der Fährten pendelt jedoch um 1 km/h. Dies ist eine Größenordnung, die nach der Abbildung 7 bei BAKKER (1987) den Tetrapoden des Autun oder teilweise des Saxon entspricht.

Trägt man in einem Diagramm die errechneten Geschwindigkeiten in km/h gegen die in den Fährten gemessenen Rumpflängen in mm ab, erkennt man keine Steigerung der Geschwindigkeiten mit wachsender Rumpflänge. Im Gegenteil erreichen Tiere mit einer Rumpflänge um 50 mm die in unserem Falle maximale Geschwindigkeit von 2 km/h, während die maximale Geschwindigkeit von Tieren mit größerer Rumpflänge bei ungefähr 1,3 km/h liegt. Das müßte bedeuten, daß die Tiere mit kleinerer Rumpflänge eine raschere Gangart eingeschlagen haben als die mit größerer Rumpflänge. Diese Verhältnisse müssen sich allerdings auch in den Froude-Zahlen niederschlagen. Denn nach dem Prinzip der dynamischen Ähnlichkeit, auf dem das gesamte Berechnungsmodell basiert, verwenden unterschiedlich große Tiere diesselbe Gangart, wenn die Froude-Zahlen gleich oder ähnlich groß sind (Abb. 2).

3. Diskussion der Ergebnisse

Es ist zweckmäßig, das Ergebnis der Geschwindigkeits-Berechnungen aus den fossilen Fährten mit den direkt gemessenen Laufgeschwindigkeiten rezenter Amphibien und Reptilien zu vergleichen. Eine Zusammenfassung entsprechender Daten findet man bei SUKHANOV (1974). Dabei ist festzustellen, daß die Laufleistungen rezenter Lacertilier unterschiedlichster Gattungszugehörigkeit selbst bei quadrupeder Gangart alle wesentlich höher liegen, im Schnitt zwischen

Abb. 2: Verteilung der Froude-Zahlen bei den Cornberger Fährten



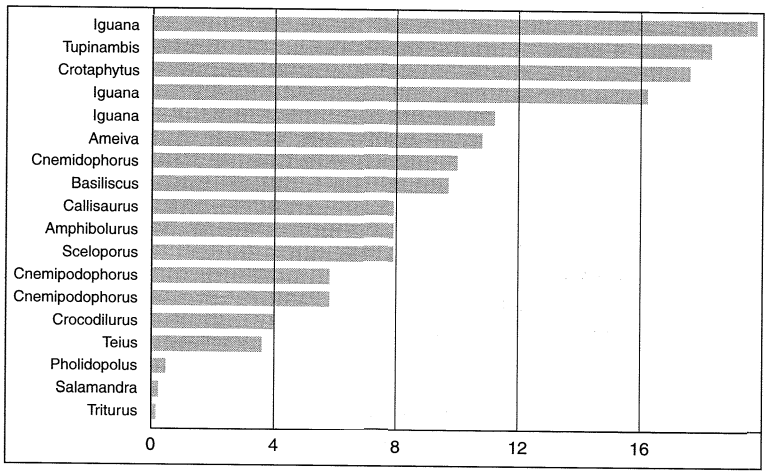


Abb. 3: Gemessene Laufgeschwindigkeiten bei rezenten Amphibien und Reptilien (quadropede Gangart) nach SUKHANOV (1974) und DAAN & BELTERMAN (1968)

7 und knapp 20 km/h (Abb. 3). Relativ niedrige Geschwindigkeiten mit Werten zwischen 0,46 und 5,7 km/h zeigen bei quadrupeder Gangart einige Vertreter der Lacertilier-Familie Teiidae. Salamander bringen es auf eine Laufleistung zwischen 0,1 und 0,36 km/h. Und im Falle von Triturus ist nach DAAN & BELTERMANN (1968) eine Geschwindigkeit von umgerechnet 0,16 km/h bekannt. Dies ist für die Cornberger Fährtenerzeuger der niedrigste Dimensionsbereich, in dem sie nur mit einer Fährten vertreten sind.

Man kann also sagen, die Laufleistungen der Cornberger Fährtenerzeuger rangieren mehrheitlich im unteren Drittel des Dimensionsbereiches, der nach den wenigen mir vorliegenden Daten von rezenten Salamandern und langsamen quadrupen, rezenten Lacertiliern aufgespannt wird.

Ein weiterer Test für die Plausibilität der Geschwindigkeitsberechnungen ist die Anwendung des Modells auf die Fährten rezenter Amphibien und Reptilien. Für meine 1979 vorgelegte Dissertation habe ich im Rahmen aktuopläontologischer Studien rezente Amphibien und Reptilien ihre Fährten auf unterschiedlich beschaffenem Substrat erzeugen lassen. Diese Fährten habe ich im Rahmen der vorliegenden Arbeit auf die Laufleistung ihrer Erzeuger hin untersucht Abb. 4 a–c). Das Ergebnis ist insofern überraschend als daß sich aus den meisten Salamander- und Lacertilier-Fährten Geschwindigkeiten errechnen lassen, die durchaus im Dimensionsbereich der fossilen Fährtenerzeuger angesiedelt sind, nicht aber aus den Triturus-Fährten. Aus den Fährten dieser Gattung lassen sich Werte berechnen, die über den Dimensionsbereich der Cornberger Fährten weit hinausgehen und die sogar die aus den Lacerta-Fährten berechneten Werte übertreffen. Vergleicht man diese Werte mit direkt beobachteten Geschwindigkeitswerten an Salamandern und Triturus, so sind sie bis zu achtfach höher als jene. Dies kann eigentlich nur mit einer anderen Fortbewegungsart der Molche erklärt werden, die nach eigenen Beobachtungen insbesondere in sehr weichem Substrat mit Hilfe von sehr starken lateralen Undulationen – vor allem des Schwanzes – eher durchs Sediment »schwimmen«, als daß sie laufen. Aus den errechneten Froude-Zahlen, die deutlich von denen der Eidechsen und Salamandern abweichen, ist nur eine geringe dynamische Übereinstimmung mit den anderen Fährtenerzeugern zu erkennen. Das heißt der Lokomotionsmodus kann nicht mit dem der Salamander oder Eidechsen verglichen werden.

Zusammenfassend bleibt zu sagen, daß nach dem angewandten Berechnungsmodell die

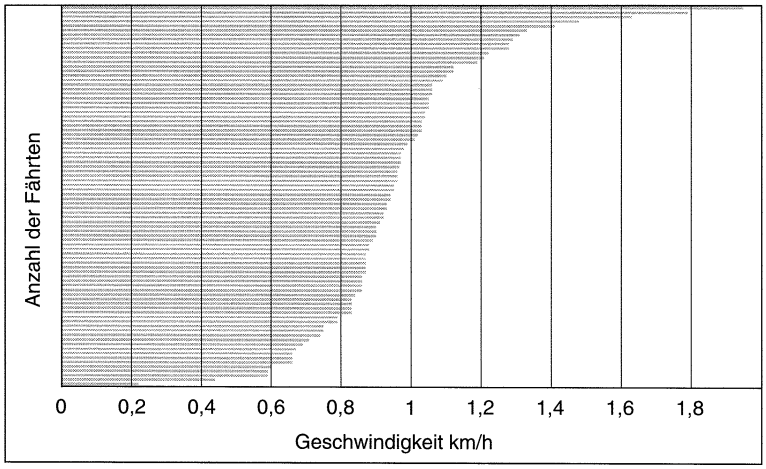


Abb. 4a: Verteilung der Laufgeschwindigkeiten bei rezenten Fährten der Gattung Salamandra

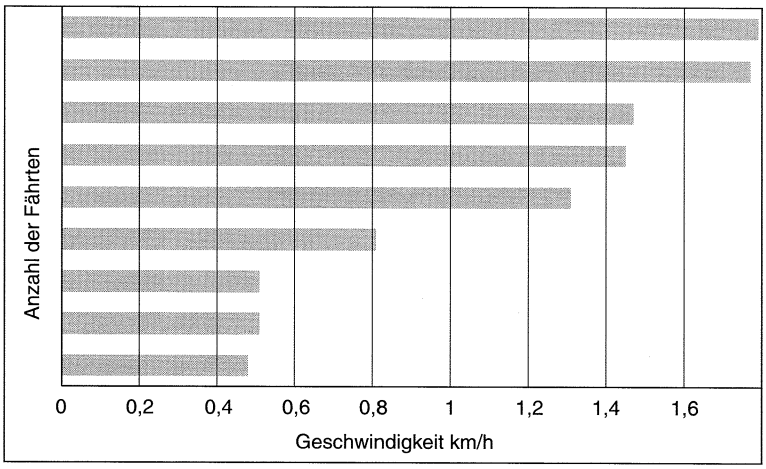


Abb. 4b: Verteilung der Laufgeschwindigkeiten bei rezenten Fährten der Gattung Lacerta

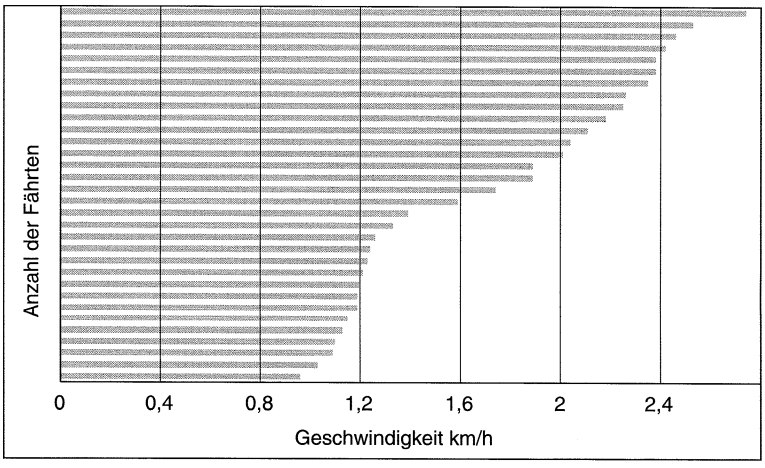


Abb. 4c: Verteilung der Laufgeschwindigkeiten bei rezenten Fährten der Gattung Triturus

jungpaläozoischen Erzeuger der Cornberger Saurierfährten Laufleistungen gezeigt haben könnten, die durchaus mit den Laufleistung rezenter Lacertilier – z. B. Vertretern der Teiidae zu vergleichen wären –. Hierbei muß ohnehin berücksichtigt werden, daß fossile Fährten nur sehr selten mit maximaler Laufgeschwindigkeit erzeugt wurden.

Zweifel an der Gültigkeit des Berechnungsmodelles könnten sich allerdings aus der eventuellen Überbewertung der aus den rezenten Amphibienfährten (Triturus) berechneten Laufleistungen ergeben.

Literatur

ALEXANDER, R. MCN, (1976): Estimates of speeds of Dinosaurs. – Nature, **261**: 129–130, 1 Abb., 1 Tab.; London.

BAKKER, R. T. (1987): The return of the dancing Dinosaurs. – in: CZERKAS, S. J. & OLSON, E. C. (edts.): Dinosaurs past and present. Vol. **1**: 39–69, 26 Abb.; Los Angeles

DAAN, S. & BELTERMAN, T. (1968): Lateral bending in locomotion of some lower tetrapods. I. u. II. – Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Series C, **71**: 245–266, 9 Abb.; Amsterdam

FICHTER, J. (1979): Aktuopaläontologische Studien zur Lokomotion rezenter Urodelen und Lacertilier sowie paläontologische Untersuchungen an Tetrapodenfährten des Rotliegenden (Unter-Perm) SW-Deutschlands. – Dissertation, 425 S., 168 Abb., 28 Tab., 3 Taf.; Mainz

FICHTER, J. (1982): Untersuchungnen an Fährten einheimischer Urodelen und Lacertilier; Teil II: Aktuopaläontologie-Quantitative Fährtenanalysen. – Mainzer Naturwissenschaftliches Archiv, **21**: 25–66, 15 Abb., 9 Tab., 1 Liste; Mainz

HAUBOLD, H. (1984): Saurierfährten – Die Neue Brehm-Bücherei, 479, 2. Auflage: 231 S., 135 Abb., 19 Tab.; Wittenberg

SUKHANOV, V. B. (1974): General System of Symmetrical Locomotion of Terrestrial Vertebrates and Some Features of Movement of Lower Tetrapods. – 274 S.; New Delhi (Amerind Publishing Co.)

THUBLBORN, T. (1990): Dinosaur tracks, 410 S., London (Chapman and Hall)

THULBORN, R. A. & WADE, M. (1984): Dinosaur trackways in the Winton Formation (Mid-Cretaceous) of Queensland. – Memoirs of the Queensland Museum, **21**(2): 413–517.

Manuskript bei der Schriftleitung eingegangen am 13. Oktober 1995

Anschrift des Verfassers
Dr. Jürgen Fichter
Naturkundemuseum Kassel
Steinweg 2
34117 Kassel

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Philippia. Abhandlungen und Berichte aus dem Naturkundemuseum im Ottoneum zu Kassel

Jahr/Year: 1994-1996

Band/Volume: 7

Autor(en)/Author(s): Fichter Jürgen

Artikel/Article: Ein Versuch zur Berechnung der Laufleistungen aus jungpaläozoischen Saurierfährten - dargelegt am Beispiel der Fährten des Cornberger Sandsteins (Perm, Deutschland) 223-228