

Die Bedeutung wissenschaftlicher Sammlungen am Beispiel der Urvogelforschung¹⁾

Mit 2 Abbildungen

BURKHARD STEPHAN

Ohne wissenschaftliche Sammlungen keine Mineralogie, Geologie, Paläontologie, Botanik, keine Ökologie, Anatomie und Morphologie, keine Systematische Zoologie, Verwandtschafts- und Evolutionsforschung, weitere Disziplinen der Biologie bis hin zu angewandten Bereichen, die auf diesen Grundlagen aufbauen und selbst Vergleichssammlungen benötigen. Die wissenschaftlichen Sammlungen bilden die unverzichtbare und unmittelbare Basis der Forschung, des Erkenntniszugewinns. Für diese Fachbereiche und insbesondere die naturkundlichen Museen gelten deshalb die Grundsätze A. und W. VON HUMBOLDTS von der Einheit von Sammeln und Forschen, Forschen und Vermitteln des Wissens (populärwissenschaftliche Publikationen, Vorträge, Ausstellungen, Zirkel) sowie der Einheit von Forschung und Lehre.

Die gesammelten Objekte sind Sachzeugen der Natur, im Falle der Paläontologie und Zoologie Belege für die Formenvielfalt und die Variabilität der Arten. So wird – nach Akzeptanz der Evolutionstheorie – nicht nur der Wert auf Vollständigkeit der Arten und Unterarten gelegt, sondern auch auf umfangreiche Serien (vgl. ECK 1992). Da die einzelnen Museen über unterschiedliche Möglichkeiten verfügen, ist für die Bearbeitung bestimmter Themen eine internationale Kooperation zwischen ihnen unerlässlich.

Individuelle Variabilität bedeutet für die Sammlungen, daß jedes Stück ein Unikat ist, d. h. die Vorstellung von Doubletten gilt längst nicht mehr, und deshalb ist auch ein Doubletten-tausch nicht mehr möglich, man kann nur Unikate gegen Unikate tauschen.

Unikate sind auch die einzelnen Urvogel-Exemplare. Jedes hat seine Besonderheiten – nicht nur hinsichtlich seines Erhaltungszustandes. Es liegt bereits eine Serie von 7 Skeletten vor, die an verschiedenen Orten deponiert sind. Das hat den Vorteil, daß bei Katastrophen nicht alle Exemplare verlorengehen, andererseits ist dadurch der unmittelbare Vergleich unmöglich. Hier helfen bestimmte Methoden weiter: Einige Museen verfügen über eine komplette Serie von Abgüssen.

Das Erkennen von Besonderheiten bestimmter Fossilfunde setzt umfangreiche Spezialkenntnisse voraus, die nur im ständigen Umgang mit fossilen Sachzeugen, also mit Sammlungen, gewonnen werden können.

Das Besondere der ersten beiden Funde, einer einzelnen Feder und des Londoner Exemplars, erregte sofort sogar die breite Öffentlichkeit, fiel doch die Entdeckung in die Zeit, in der sich das historische Denken durchzusetzen begann. In der Biologie geschah dies durch die Evolutions- und Deszendenztheorie, insbesondere durch CH. DARWINS „On the Origin of Species by means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle of Life“. Aufgefaßt als Beweis für diese beiden Theorien, erhielten die ersten und die weiteren Urvogelfunde sofort einen besonderen Status, und die Urvogelforschung war von Anfang an Bestandteil der Evolutions- und Stammesgeschichtsforschung, denn das Skelett dieser Sachzeugen weist Strukturen zweier höherer Taxa auf, sogen. Reptil- und Vogelmerkmale. Der Übergangscharakter reizte und reizt zur intensiven Beschäftigung mit diesen Fossilien,

¹⁾ Vorgetragen zur 100-Jahr-Feier des Brehm-Schlegel-Denkmal am 1. 10. 1994 in Altenburg

zur munteren Spekulation und zu heftigen Angriffen gegen Evolutions- und Deszendenztheorie (die bis heute von seiten der Fundamentalisten/Kreationisten anhalten).

Erkenntnislücken müssen durch Hypothesen überbrückt werden, was bedeutet, daß es ohne Phantasie keine Wissenschaft gibt. Aber wie weit ist sie vertretbar und wo beginnt die ungerechtfertigte und wissenschaftlich unbegründete, unhaltbare Spekulation? Diese Grenze wird oftmals selbst von ernsthaften Wissenschaftlern überschritten. Das ist nicht unbedingt verwerflich, denn sie fordern damit weitere, eingehendere Studien am Objekt heraus und somit auch den Erkenntnisfortschritt. Die Urvogelforschung ist hierfür ein reiches Beispiel, belegt durch die Rekonstruktionen von *Archaeopteryx* und *Proavis*, der hypothetischen Vorstufe der Urvögel. Die Urvogelforschung ist auch ein interessantes Kapitel Ideengeschichte, das die gleichzeitige Existenz sich gegenseitig ausschließender Theorien sowie den Wandel von Theorien sehr schön veranschaulicht.

Bis jetzt sind eine Feder und 7 Skelette von Urvögeln gefunden: (jeweils Jahr der Publikation):

1860 Abdruck einer Feder — Platte in Berlin, Gegenplatte in München

1. Skelett: 1861 Londoner Exemplar
2. Skelett: 1877 Berliner Exemplar
3. Skelett: 1956 Maxberger Exemplar
4. Skelett: 1970 Haarlemer Exemplar
5. Skelett: 1974 Eichstätter Exemplar
6. Skelett: 1988 Solnhofener Exemplar
7. Skelett: 1993 Exemplar des Solnhofener Aktienvereins

Die eingehende Untersuchung jedes Fundes brachte neue Erkenntnisse. Auf einige aktuelle Probleme der Urvogelforschung sei nachfolgend näher eingegangen.

Die Urvögel als Taxon einerseits (1) und andererseits die Herausbildung der Vögel und des Vogelfluges, die viele Entwicklungsetappen in sich einschließt (2), werden oft nicht genügend auseinandergelassen:

- (1) Morphologie und Anatomie der Urvögel und die funktionelle Deutung des Körperbau und einzelner Strukturen, die Überlegungen zu Lebensweise, Verhalten und Fortbewegung.
- (2) Die Abstammung der Vögel von bestimmten Sauriern und die Entwicklungsstufen bzw. -etappen zwischen beiden, die hypothetischen Zwischenglieder, für die *Archaeopteryx* selbst und *Proavis* Modelle sind; die Entwicklung der Bipedie, der Federn, der Homiothermie und der Thermoregulation, des Flugvermögens; der evolutive Wandel des Organismus und seiner Teile wie z. B. der Vorderextremitäten, die Verlagerung der Schultergelenke und vieles andere mehr.

Diese Fragen werden oftmals untereinander verquickt und sehr kontrovers diskutiert. Dabei halten sich überholte Vorstellungen mitunter recht lange, wie sich das auf der 1. Internationalen *Archaeopteryx*-Konferenz 1984 in Eichstätt und auch während des XXI. Internationalen Ornithologen-Kongresses in Wien (20. — 26. Aug. 1994) wieder zeigte.

Drei Theorien existieren nebeneinander, jede in mehreren Varianten:

1. die Baumtheorie, 2. die Boden-Baum-Theorie und 3. die Bodentheorie.

Zu 1). Die Vorfahren der Vögel waren quadruped — kletterten vierbeinig an den Baumstämmen und im Gezweig und schwebten aus den Baumkronen wieder hinab. Vorbilder oder Modelle dieser Vorstellung mögen u. a. Flugdrache, Flughörnchen und Pelzflatterer gewesen sein. Aber sie alle sind wie auch die Fledermäuse und Flughunde quadrupede Tiere geblieben, und auch die Flugsaurier waren Vierbeiner. Ergebnis dieser Überlegungen zur Herausbildung des Vogelfluges sind das Tetrapteryx-Stadium (BEEBE 1915*) und andere frühe Modelle von *Proavis* (PYCRAFT 1910*, STEINER 1717*) sowie Rekonstruktionen fliegender Urvögel (von HEILMANN 1926* bis TARSITANO 1985*).

Zu 2) Als erkannt war, daß die Beine der Urvögel Laufbeine sind, die sie von ihren Vorfahren übernommen haben, wurde die Baumtheorie zur Boden-Baum-Theorie erweitert.

*) s. Literaturverzeichnis

Ihr zweiter Teil, die Vorstellung vom quadrupeden Klettern (d. h. Einsetzen der Fingerkrallen) und Hinabgleiten von den Bäumen, blieb unverändert. Folgerichtig zeigen die Rekonstruktionen freie, aus den Flügeln herausragende unbefiederte Finger und oft sogar die Schwungfedern an Oberarm und Unterarm, statt an Unterarm und Hand.

Zu 3) Die Bodentheorie sieht von der Quadrupedie ab. Die Vögel stammen von bipeden Sauriern ab, und die Fingerkrallen werden nicht zum Klettern benutzt. Dennoch werden sie oftmals frei beweglich und unbefiedert sowie aus dem Flügel herausragend dargestellt (wie durch Vertreter der beiden anderen Theorien). Für die Finger wird eine andere Funktion vermutet: ihr Gebrauch bei der Nahrungsgewinnung.

Im Unterschied zu den ersten beiden Theorien muß die Bodentheorie begründen, wie bei der Herausbildung des Fliegens die Überwindung der Schwerkraft gelang. Diskutiert werden recht verschiedene Varianten. Eine davon beginnt wieder mit quadrupeden Vorfahren: vierbeiniges Rennen, Hochspringen, Gleiten und sich daraus entwickelndes aktives Fliegen. Andere gehen von bipeden Tieren aus. Nach OSTROM (1976*) und BAKKER (1975*) benutzten sogar die Urvögel noch ihre Flügel zum Beutemachen (wie eine Fliegenklatsche). Eine ähnliche Variante ist der Einsatz der Flügel zur Nahrungsgewinnung im seichten Wasser (THULBORN und HAMLEY 1985*), wo der Seewind hätte helfen können, die Schwerkraft zu überwinden.

Eine ganz andere Variante wurde erstmals 1974 beschrieben. Sie berücksichtigt die Konstruktion der Vorderextremität und die volle Befiederung der Finger, sieht die Entwicklung der Flugfedern (nicht der Federn generell) im Zusammenhang mit bestimmten Verhaltensweisen wie Imponieren und Balzen sowie dem Abwärtsspringen an Gebirgshängen, wo der Wind ein wichtiger Faktor im Leben der Tiere ist und während der Phase der Herausbildung des Vogelfluges die Schwerkraft hätte überwinden helfen können (STEPHAN 1987).

Alle anderen Varianten berücksichtigen den tatsächlichen Bau der Flügel nicht, weder die Skelettkonstruktion, noch die Befiederung. Die Schwingen inserieren an der Hand und am Unterarm (an der Ulna), deswegen spricht man in der Ornithologie von Hand- und Armschwingen (HS, AS). Die äußeren HS bilden die Verlängerung des langen Fingers, HS und Skelettelemente (Fingerglieder, Mittelhandknochen) sind fest miteinander verbunden, d. h. der Finger steckt im Gefieder. Doch wo inserieren sie, wenn die Finger frei aus dem Gefieder herausragend dargestellt sind? Die Urvögel hatten auch nur drei Finger, und auch bei ihnen brauchten die HS eine feste Stütze.

Um mich zu vergewissern, bei wievielen rezenten Vögeln noch Fingerkrallen vorkommen, habe ich stichprobenartig viele Bälge durchgemustert und die Liste beträchtlich erweitern können. Die Überzeugung, die rezenten Vögel hätten mit Ausnahme der Hoatzin-Nestlinge (*Ophthocornis hoazin*) keine Fingerkrallen mehr, ist falsch.

Kein einziger rezenter Vogel benutzt jemals seine Fingerkrallen. Selbst wenn sie es wollten, könnten sie das nicht, weil nämlich die Spitze der Krallen im ausgebreiteten Flügel nach hinten weist und die gesamte Kralle im Gefieder versteckt ist.

Interessanterweise sind bei den Urvogel Exemplaren die Krallenspitzen nicht immer nach vorn gerichtet wie beim Berliner Exemplar, sondern an zwei Flügeln so wie bei den rezenten Vögeln nach hinten (Abb. 1). Beide Varianten verlangen nach einer Erklärung. Ich sehe sie in Folgendem. Breitet der Vogel seine Flügel aus, dreht er sie um 90° um ihre Längsachse nach vorn (Pronation), so daß die im angelegten Flügel laterale Seite nun die Oberseite bildet und die Spitzen der Fingerkrallen wie die Armschwingen nach hinten weisen. Diese Variante zeigen auch jeweils der linke Flügel des 6. und des 7. Urvogel-Exemplars.

Legt der Vogel seine Flügel zusammen, faltet er sowohl den Handfittich als auch den Armfittich, der Handfittich wird unter den Armfittich geschlagen, und dann werden beide unter starkem Winkeln des Ellbogengelenkes an den Körper herangeführt. Bereits in den Anfangsphasen dieses Vorgangs wird die Pronation wieder aufgehoben (durch Supination), wodurch die Krallen (wie auch die Federn) eine andere Orientierung erhalten. Wird ein Vogel mit halbgeöffneten Flügeln eingebettet, weisen die Fingerkrallen nach unten oder oben, je nachdem,

*) s. Literaturverzeichnis

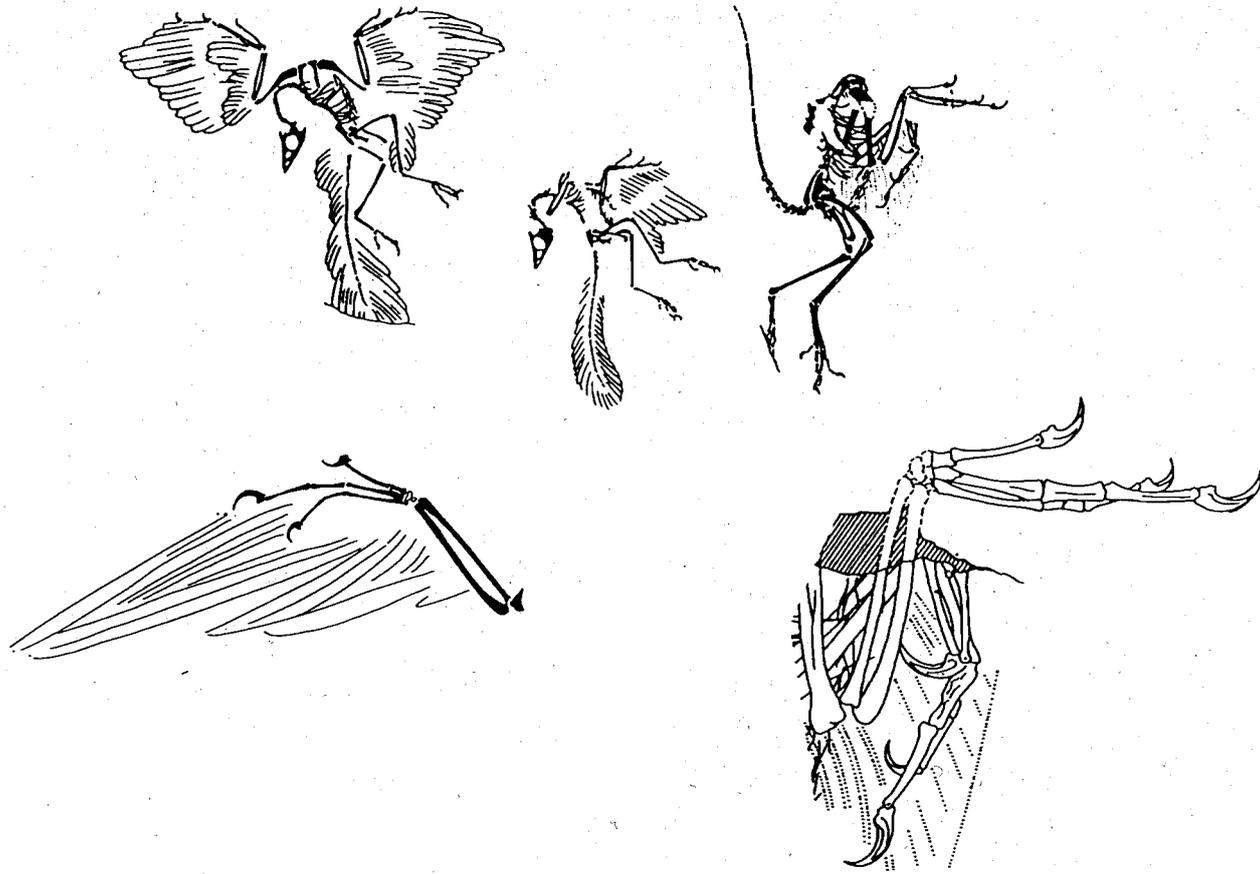


Abb. 1. *Archaeopteryx*. Ausrichtung der Spitzen der Fingerkrallen nach vorn oder nach hinten. Obere Reihe: Berliner Exemplar (links), Eichstätt Exemplar (Mitte), Solnhofener Exemplar (rechts). Untere Reihe: linker Flügel des Exemplars des Solnhofener Aktienvereins (links), linker und rechter Flügel des Solnhofener Exemplars (rechts). Aus WELLNHOFER 1988, 1993.

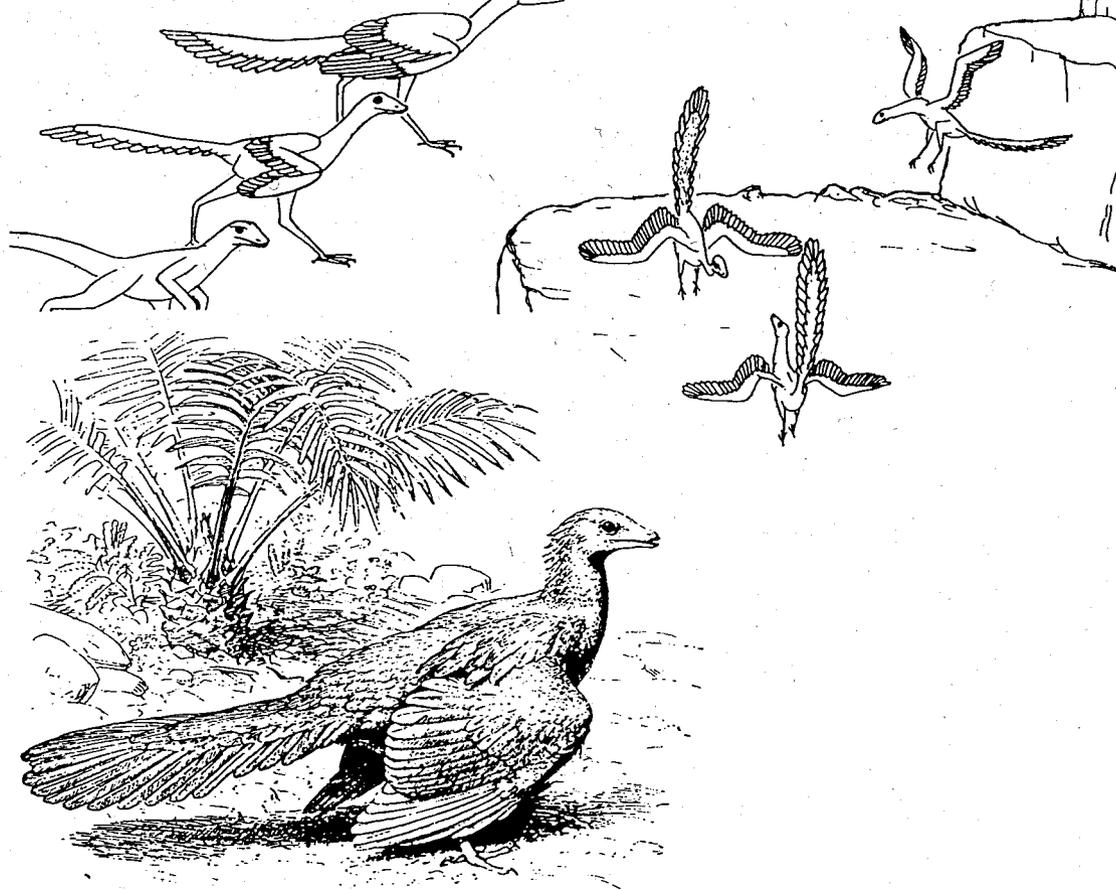


Abb. 2. Modellreihe der Evolution zu den Vögeln von einem bipeden Vorfahren über eine Zwischenstufe zu Proavis (links oben) und Individuen von Proavis beim Imponieren bzw. im Fallschirmsprung (rechts oben). Aus STEPHAN 1987.
– Rekonstruktion eines Urvogels (links unten). Nach REICHEL 1941, aus STEPHAN 1987, verändert: ohne aus den Flügeln herausragende freie Finger.

ob der Vogel auf dem Bauch oder Rücken liegt. Das Eigengewicht der Krallen läßt diese zur Seite kippen, ein leichter Sehnzug könnte noch nachhelfen, und schon sind die Spitzen der Fingerkrallen nach vorn orientiert. Dieser Vergleich mit den rezenten Vögeln ist möglich, weil die Flügel der Urvögel im Prinzip genauso gebaut sind wie die der rezenten flugfähigen Vögel. Bei all diesen Untersuchungen muß man verbinden

- Vergleiche von Fossilien, um Übereinstimmungen und Unterschiede im Bau der Tiere zu erkennen
- Vergleiche der fossilen Formen mit rezenten Arten: Skelett, Befiederung – auch in diesem Falle mit einem umfangreichen Material, um die Ergebnisse abzusichern und nicht durch zufällige Besonderheiten zu Fehlschlüssen zu gelangen
- Beobachtungen lebender Vögel und Reptilien in der Natur und in Zool. Gärten. – So findet man z. B., daß kein einziges Reptil seine Vorderextremitäten unmittelbar zum Beuteerwerb benutzt und viele Vögel ihre Flügel bei der Werbung (Balz), beim Imponieren und einige wenige Arten im Kampf einsetzen.

Alles zusammengenommen, gelangt man zu dem Schluß, daß die Urvögel, von denen Fossilien vorliegen, ähnlich wie Rennkuckucke (*Geococcyx californianus*) gelebt und sich auch so bewegt haben. Das gleiche träfe für die Vorstufen zu, die noch keine Flügel hatten und bei denen der zweite Finger noch relativ kurz war.

Für solche Untersuchungen, wie ich sie hier erwähnt habe, braucht man möglichst umfangreiche Sammlungen zum Vergleichen – Fossilien im Original oder in Form guter Abgüsse, von rezenten Arten Skelette, Flügelpräparate, in Alkohol konserviertes Material, Bälge sowie Lebendsammlungen – ein Begriff aus der Botanik (Botanische Gärten) – in Zoologischen Gärten. Es ist herauszufinden, welche Formen als Modelle für die Rekonstruktion des Evolutionsprozesses und der Stammesgeschichte dienen können. Hierbei sind auch die Urvögel Modelle, denn es scheint fast sicher, daß sie nicht die Vorfahren der rezenten Vögel sind. Ihre Bedeutung als Modelle behalten sie, denn so ein Stadium während der Entwicklung vom bipeden Vorfahren zum rezenten Vogel, wie sie es verkörpern, mußte durchlaufen werden.

Aufzufinden bleibt Proavis, das missing link zwischen *Archaeopteryx* (als Modell) und den bipeden Vorfahren. Es bleibt die Hoffnung, Fossilien zu finden, die – ebenfalls als Modelle – diesen Entwicklungsprozeß belegen können. Es müßten kleine, etwa lerchen- bis drosselgroße, bipede Tiere gewesen sein mit 3 nach vorn und einer nach hinten gerichteten Zehe, mit 3 Fingern (der 2. u. 3. von etwa gleicher Länge), mit langem Echschwanz, bereits verkürztem Rumpf und nach dorsal verlagerten Schultergelenken, mit bezahnten Kiefern und – soweit nachweisbar – mit kurzen Hand- und Unterarmfedern, die zu Schwungfedern werden konnten. Das ist das Suchbild für die Entdeckung des noch fehlenden Zwischengliedes, wie es sich aus dem heutigen Stand der Forschung ergibt. Diesen Fossilien käme dann ebenfalls ein besonderer Status in den Sammlungen zu.

Literatur

Die mit einem Sternchen zitierte Literatur: s. STEPHAN (1987).

ECK, S. (1992): Die Ornithologie am Dresdner Tierkunde-Museum. – *Mauritiana* (Altenburg) **14**, 1, 21 – 24.

HECHT, M. K., J. H. OSTROM, G. VIEHLE & P. WELLNHOFER (Hrsgb) (1985): The Beginning of Birds – Proceedings of the International *Archaeopteryx* Conference Eichstätt 1984. – Eichstätt.

STEPHAN, B. (1987): Urvögel, *Archaeopterygiformes*. – Die Neue Brehm-Bücherei **465**. Wittenberg Lutherstadt. 3. Aufl.

WELLNHOFER, P. (1988): Ein neues Exemplar von *Archaeopteryx*. – *Archaeopteryx* **6**, 1 – 30.

WELLNHOFER, P. (1993): Das siebte Exemplar von *Archaeopteryx* aus den Solnhofener Schichten. – *Archaeopteryx* **11**, 1 – 47.

Eingegangen am 28. 11. 1994

Prof. Dr. BURKHARD STEPHAN, Museum für Naturkunde der Humboldt-Universität zu Berlin, Invalidenstraße 43, D-10115 Berlin.