

# ALLOMETRISCHE ASPEKTE ZUR ERMITTLUNG DER WIDERRISTHÖHE BEI SCHWEINEN AUF DER GRUNDLAGE DER DATEN VON M. TEICHERT

Manfred TEICHERT\*, Eberhard MAY\*\* und Klaus HANNEMANN\*\*

## Zusammenfassung

Es wird untersucht, ob der Einsatz der Faktormethode zur Ermittlung der Widerristhöhe bei Schweinen vorwiegend aus Längenmaßen der Extremitätenknochen nicht nur für Individuen mittlerer Größe, sondern auch bei Extremvarianten optimale Ergebnisse liefert. Die Arbeit basiert auf den Erhebungen von M. Teichert (1969 a u. b).

Wegen der seit langem bekannten allometrischen Beziehungen zwischen Extremitätenabschnittslängen und Körperhöhe beim Menschen prüften die Autoren zunächst, ob zwischen den von Teichert erhobenen Maßen und der Widerristhöhe bei Schweinen entsprechende Beziehungen vorliegen. Diese Berechnungen erforderten den Einsatz des originalen Datenmaterials.

Es ergaben sich für praktisch alle untersuchten Skelettelemente bis hin zu den Carpi und Tarsi positive intraspezifische Allometrien. Daraus folgen körpergrößenabhängige Faktoren. Daher muß der Einsatz von Regressionsgleichungen i.S. der Allometrieformel künftig für solche Berechnungen in Erwägung gezogen werden. Entsprechende Gleichungen und die Standardfehler der Schätzung werden für die wichtigsten Maße vorgelegt. Außerdem wurden sämtliche Faktoren neu berechnet - und zwar zusätzlich mit ihren 95-%-Vertrauensbereichen, um die statistische Relevanz dieser Faktoren hinsichtlich ihrer Alters-, Geschlechts- und Populationspezifität einzugrenzen und um deren Vergleich mit den Ergebnissen aus Regressionsrechnungen zu ermöglichen. Es ergaben sich für die verschiedenen Maße eindeutige Unterschiede zwischen den untersuchten Gruppen. Auch wenn

## Summary

*Allometry and determination of withers height in pigs using M. Teichert's data.*

It is analysed, whether the use of the factor method for the determination of the withers height in pigs, predominantly from length measurements of the long bones, does not only show optimal results regarding means but also regarding extreme variants. The work is based on the elevations of M. Teichert (1969a, b).

Because of the long known allometric relationships between the measurements of long bones and body height in humans, the authors first performed calculations to determine whether there are corresponding relationships between the measurements obtained by Teichert and withers height of pigs. These calculations required the use of original data (M. Teichert, 1969 a and b).

Positive intraspecific allometries were found for practically all skeletal elements including carpi and tarsi. From this it follows that there are factors dependent on body size. Therefore regression equations based on the allometric formula should be used in future calculations. Corresponding equations and standard errors of estimates are presented for the most important measurements. Accordingly all factors were re-calculated with their 95-percent confidence levels, to determine the statistical relevance of these elements for age, sex and population classes and to enable comparison with results from regression calculations. Clear differences between the analysed groups were found for the different measurements.

Although withers height cannot be determined for individuals very often using either method, the allometric

## Résumé

*Aspects allométriques de la détermination de la hauteur au garrot des porcs sur la base des données de M. Teichert.*

Il est recherché si la mise en œuvre de la méthode factorielle pour la détermination de la hauteur au garrot chez les porcs, principalement sur les longueurs des os des membres, produit des résultats optimaux non seulement pour les individus de taille moyenne mais aussi sur les extrêmes. Le travail est fondé sur les relevés de M. Teichert (1969 a et b).

En raison des relations allométriques reconnues depuis longtemps entre la longueur des segments des membres et la stature chez l'homme, les auteurs ont examiné tout d'abord s'il existait une telle relation entre les mesures relevées par Teichert et la hauteur au garrot chez les porcs. Ces calculs ont requis la mise en œuvre des données originales.

Il est apparu des allométries intrasécifiques positives pour pratiquement tous les éléments squelettiques étudiés, jusqu'aux carpiens et tarsiens. Il en résulte qu'il y a des facteurs dépendant de la taille corporelle. De ce fait, la mise en œuvre d'équations de régression comme formules allométriques devra être observée dans de futurs calculs. En plus de cela, tous les facteurs ont été recalculés, avec adjonction des intervalles de confiance au seuil de 95 % pour délimiter la validité statistique de ces éléments pour les classes d'âge, de sexe et de population et pour permettre une comparaison avec les résultats des calculs de régression. Cela a donné, pour les différentes mesures, des différences nettes entre les groupes.

\* Martin-Luther-Universität "Halle", Museum für Haustierkunde, Adam-Kuckhoffstr. 35, 06108 Halle/Saale, Deutschland.

\*\* Technische Universität Braunschweig, Lehrgebiet Anthropologie des zoologischen Instituts, Postfach 3329, D-38023 Braunschweig, Deutschland.

für Individuen meist keine relevanten Unterschiede der WRH-Ergebnisse aus Berechnungen für beide Methoden belegt werden können, ist doch davon auszugehen, daß die allometrische Methode genauere mittlere Werte liefert. Das dürfte besonders dann gelten, wenn extrem kleinwüchsige mit großwüchsigen Populationen verglichen werden.

*method delivers mean values more exactly. This is especially so when populations of extremely small animals are compared with populations of very large animals.*

*Même si presque pas de différence pertinente de la hauteur au garrot des individus n'a pu être mise en évidence entre les deux méthodes, on peut cependant conclure que la méthode allométrique donne de meilleures valeurs moyennes. Ce devrait être particulièrement le cas lorsque des animaux de très petite taille sont comparés avec des animaux de très grande taille.*

---

## Schlüsselworte

Faktorenmethode, Widerristhöhe, Schweine.

---



---

## Key Words

Withers height, Allometry, Factors, Pigs.

---



---

## Mots clés

Taille au garrot, Allométrie, Facteurs, Porc.

---

## Einleitung

Die Widerristhöhe (WRH) eines Tieres aus archäologischen Grabungen mit Hilfe der Länge einzelner Knochenfunde zu ermitteln, ist eine immer wieder aktuelle Fragestellung. In der Regel geschieht dies durch Multiplikation eines Knochenmaßes mit einem empirisch gefundenen Faktor. Dabei geht man jedoch automatisch von der Voraussetzung aus, daß sich die Proportionen von Tierskeletten mit der Gesamtkörpergröße nicht gesetzmäßig ändern. Es ist seit langem bekannt (Haller, 1762), daß das Hirngewicht, außer von anderen Faktoren, auch vom Körpergewicht abhängt. Später untersuchten zahlreiche Autoren diese Abhängigkeit genauer, was schließlich zur Aufstellung der bekannten Allometrieformel durch O. Snell (1891), E. Dubois (1898) und L. Lapique (1898) führte. Durch die Allometrieformel:

$$Y = b * X^a$$

ermittelt man i.S. einer doppeltlogarithmischen Regression, ob sich Körpermaße und Gesamtkörpergröße um jeweils gleiche oder unterschiedliche Faktoren ändern. Diese Entscheidung ist also auch ein statistisches Problem. Auf die Ermittlung der WRH aus Knochenlängen (Kn) lautet die entsprechende Gleichung:

$$WRH = b * Kn^a$$

M. Teichert stellte die von ihm erhobenen originalen Meßdaten zur Ermittlung der Widerristhöhe bei Schweinen aus Längenmaßen der Extremitätenknochen für die vorliegende Untersuchung zur Verfügung und gab gleichzeitig wertvolle Hinweise über die unvermeidbaren Fehlerquellen bei der Datenerhebung sowie zur Einheitlichkeit seiner Datengruppen weiter. Damit ermöglichte er die folgenden, wie wir meinen - weiterführenden - Untersuchungen.

## Ergebnisse und Diskussion

Hier stehen zwei Fragen - eine mehr theoretische und eine praktische Frage - im Vordergrund:

1. Ist die Faktorenmethode zur Ermittlung der Widerristhöhe bei Schweinen auch theoretisch wirklich die Methode der Wahl, und
2. läßt sich unter Einbeziehung allometrischer Gesichtspunkte in der Praxis eine größere Genauigkeit der Ergebnisse erreichen?

Zunächst zur zweiten Frage. Um die Genauigkeit beider Methoden zu vergleichen, müssen deren Fehlergrenzen bekannt sein. Unseres Erachtens und Wissens existieren zur Genauigkeit der Faktorenmethode lediglich Einzelberechnungen zu Abweichungen von errechneten und gemessenen Werten. Deshalb wurden hier für die einzelnen Langknochen-WRH nach der Faktorenmethode, jeweils getrennt für Geschlechter und Altersgruppen, zunächst die 95%-Vertrauensgrenzen der Stichprobenmittelwerte berechnet. Diese sind dann mit den entsprechenden Vertrauensgrenzen der mit Hilfe der Regressionsmethode ermittelten Werte vergleichbar. Die Standardabweichung aus der Faktorenmethode entspricht in etwa dem Standardfehler der Schätzung oder auch Standardfehler der Voraussage ( $\pm s_{y,x}$ ) aus der Regressionsmethode und ist ein Maß für die Fehler, die man bei der Schätzung oder Voraussage von Y (WRH) aus vorgegebenen Werten von X (z.B. Langknochenmaß) macht (Sachs, 1974, 1976). Zwei Parallelen zur Regressionslinie im Abstand von  $2s_{y,x}$  bilden ein Band, das ca. 95% aller Befunde enthält. Damit ist  $2\pm s_{y,x}$  zumindest bei großen Stichproben, näherungsweise ein Parameter für die 95%-Vertrauensgrenzen.

Zunächst können für die Faktoren aus verschiedenen Stichproben Teichert's statistisch relevante Gruppenunter-

schiede hinsichtlich des Alters wahrscheinlich gemacht werden (Tab. 1a), nicht dagegen für die Geschlechter. Daher werden neue Faktoren für jeweils subadulte und adulte Tiere vorgeschlagen. Zusätzlich sind die entsprechenden Faktoren gemeinsam für männliche und weibliche Tiere errechnet (Tab. 1b), um deren statistische Relevanz zu verbessern. Für sämtliche Faktoren geben wir außerdem die 95%-Vertrauensgrenzen unter der Annahme annähernd normalverteilter Grundgesamtheiten an:

$$x-t*s/\sqrt{n} \leq \mu \leq x+t*s/\sqrt{n}.$$

Hierin bedeuten:

n = Anzahl der Messungen

s = Standardabweichung der Stichprobe

t = Faktor nach Student für n-1 Freiheitsgrade.

Bei Nichtüberschneidung der Vertrauensbereiche zweier Mittelwerte kann auf dem entsprechenden Wahrscheinlichkeitsniveau davon ausgegangen werden, daß ein nicht nur zufälliger Unterschied zwischen ihnen besteht. Unter diesem Gesichtspunkt sollten auch die publizierten Unterschiede der Faktoren von Wild- und Hausschweinen auf Relevanz hin überprüft werden.

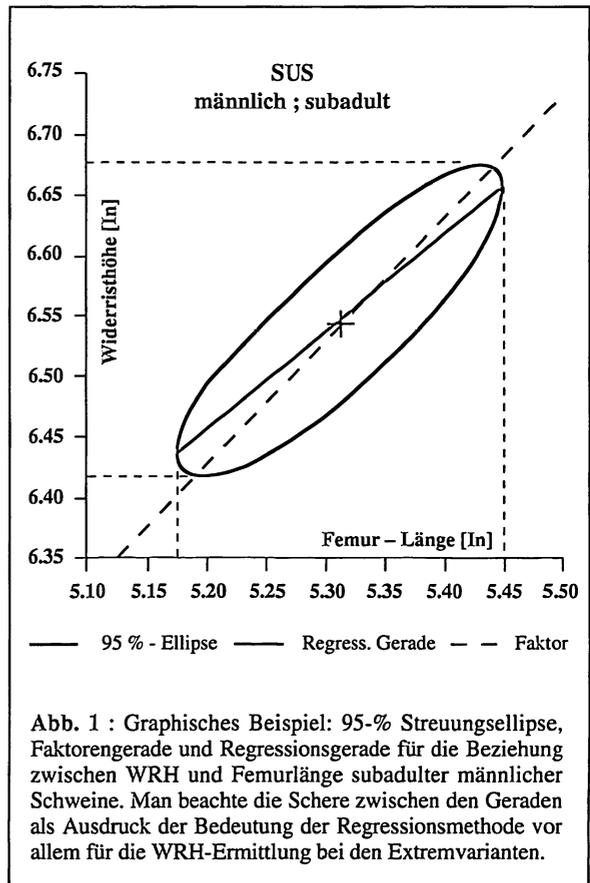
Nun zur Berechtigung des Einsatzes von Regressionsgleichungen i.S. intraspezifischer Allometrien. Grundsätzlich sind sie dann die Methode der Wahl, wenn statistisch relevante Korrelationen vorliegen und zusätzlich Isometrie mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann. Je höher die Korrelation, umso besser ist einerseits die Genauigkeit der WRH-Berechnung mit beiden Methoden, andererseits gilt dies aber bei Vorliegen von Allometrie auch für die Relevanz der Regressionsmethode.

Am Beispiel der Längen<sup>(1)</sup> von Humerus und Femur sollen die Ergebnisse für männliche subadulte Tiere im Folgenden kurz belegt werden

In beiden Fällen bedeutet der statistisch relevant weniger als 45° steile Anstieg der Regressionslinie positive intraspezifische Allometrie dieser Langknochenmaße gegenüber der WRH. Die Weite der Scheren zwischen den Faktoren- und den Regressionslinien sind ein Maß für die Größe der Unterschiede zwischen beiden Methoden. Je weiter die Schere, umso weniger berechtigt ist der Einsatz der Faktormethode. Darüber hinaus begrenzen die Standardfehler der Regressionslinien einen Bereich der Diagramme um die Mittelwerte der Stichproben, innerhalb dessen die Wahl der Methode keine praktische Rolle spielt. Es konnte außerdem rechnerisch belegt werden, daß die

Standardfehler der Regressionslinien kleiner sind als die -relativierten - Standardabweichungen der Faktoren. Auch deshalb kann insgesamt von einer größeren Genauigkeit der WRH-Ermittlung mit Hilfe der Regressionsmethode gegenüber der Faktormethode ausgegangen werden. Man erkennt auf den Abb. 1 u. 2 deutliche Unterschiede zwischen den jeweiligen Anstiegswinkeln der Faktoren bzw. Regressionslinien. Auch sieht man, daß die Abstände der Ergebnisse nach beiden Methoden mit der Entfernung vom Mittelwert der Stichprobe zunimmt, im Mittelwert selbst dagegen keine Unterschiede der Ergebnisse bestehen. Daraus sind folgende praktische Konsequenzen zu ziehen:

1. Der Einsatz der Regressionsrechnung ist die Methode der Wahl, wenn die WRH bei den Extremvarianten von Individuen bestimmt werden soll.
2. Der Einsatz der Regressionsrechnung ist die Methode der Wahl beim Vergleich von Stichproben mit unterschiedlicher mittlerer Körpergröße.



<sup>(1)</sup> Grundsätzlich wurde jeweils die "Größte Länge" gemessen.

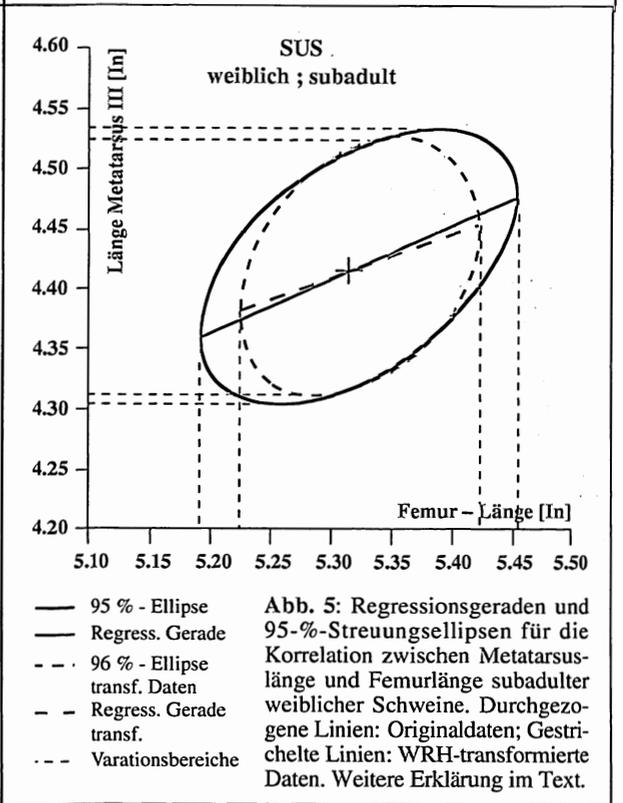
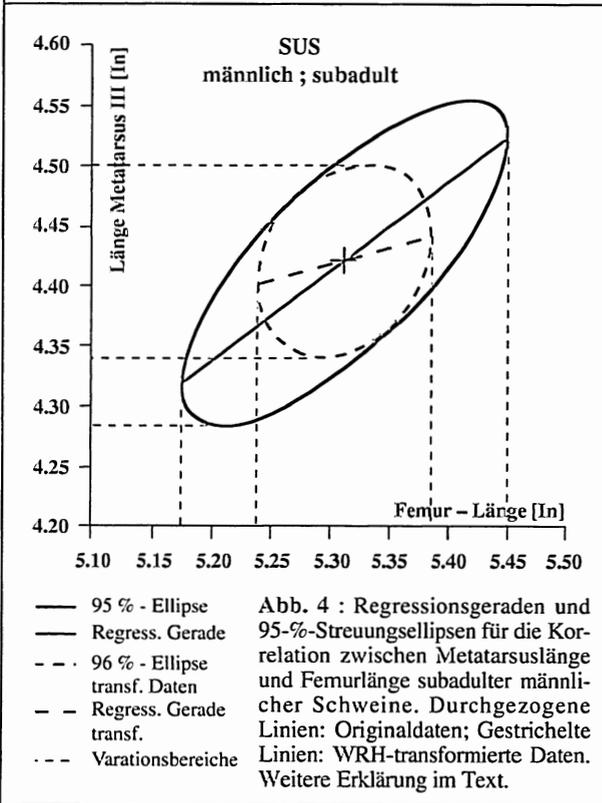
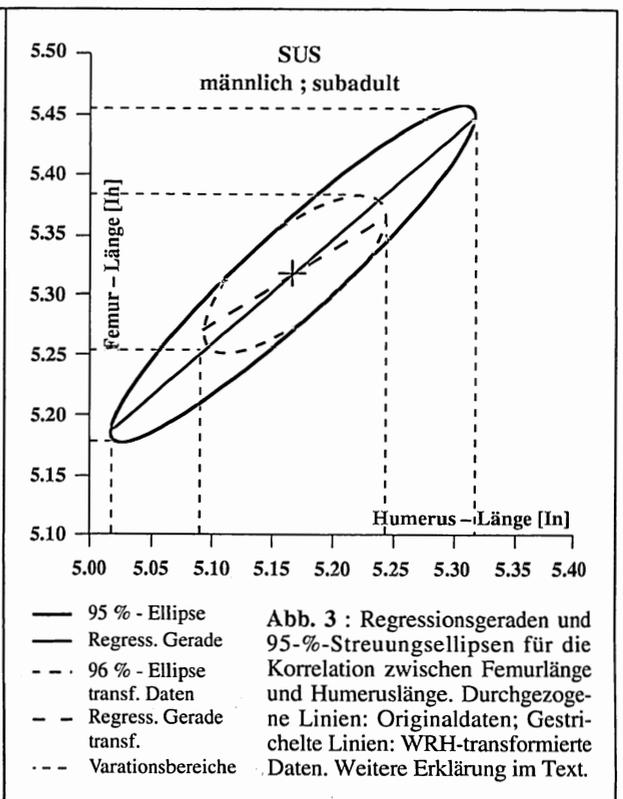
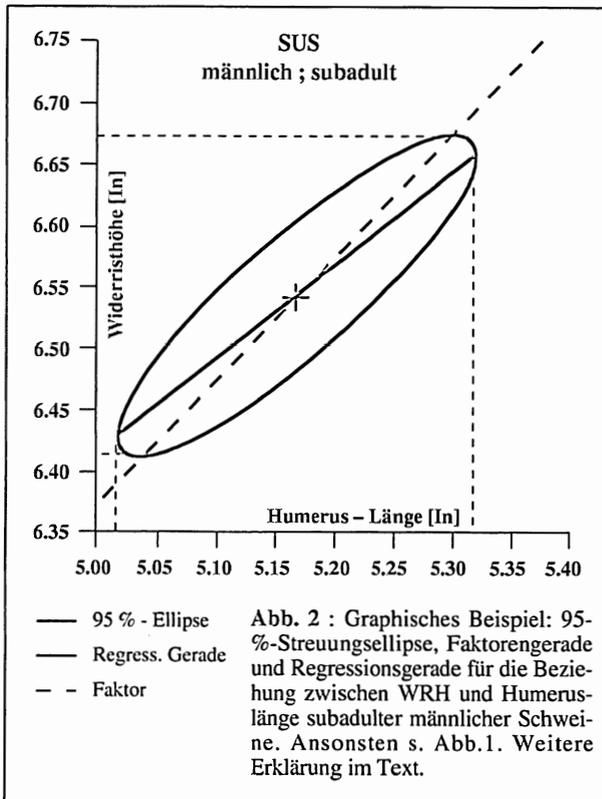


Tabelle 1a (Erster Teil) : Korrelations-Regressionsparameter sowie Faktoren zur Ermittlung der WRH aus den Extremitätenabschnittslängen und deren 95%-Vertrauensbereichen. 1m = männl., subad.; 2m = männl., ad; 3w = weibl., subad.; 4w = weibl., ad; r = Korrelationskoeffizient; VB = Vertrauensbereich; Srd. Fehl. = Standard Fehler.

| Scapula        |       |                    |            |           |        |           |    |
|----------------|-------|--------------------|------------|-----------|--------|-----------|----|
|                | r     | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%     | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%    | N  |
| 1m-            | 0.793 | 29.6               | 22.1/36.1  | 1.031     | 4.01   | 3.95/4.07 | 33 |
| 2m-            | 0.842 | 27.8               | 16.3/37.3  | 1.026     | 3.55   | 3.46/3.64 | 13 |
| 3w-            | 0.703 | 15.7               | 9.16/21.8  | 1.028     | 3.92   | 3.81/4.03 | 27 |
| 4w-            | 0.570 | 23.3               | 7.64/36.0  | 1.025     | 3.62   | 3.57/3.67 | 22 |
| Humerus        |       |                    |            |           |        |           |    |
|                | r     | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%     | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%    | N  |
| 1m-            | 0.892 | 37.4               | 31.8/42.3  | 1.023     | 3.96   | 3.92/4.00 | 33 |
| 2m-            | 0.885 | 35.6               | 24.4/44.3  | 1.023     | 4.07   | 4.00/4.13 | 13 |
| 3w-            | 0.748 | 25.5               | 16.7/33.2  | 1.026     | 3.90   | 3.84/3.96 | 27 |
| 4w-            | 0.648 | 23.1               | 10.6/33.6  | 1.023     | 4.08   | 4.02/4.15 | 22 |
| Radius         |       |                    |            |           |        |           |    |
|                | r     | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%     | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%    | N  |
| 1m-            | 0.856 | 34.5               | 28.1/40.1  | 1.026     | 5.30   | 5.24/5.36 | 33 |
| 2m-            | 0.888 | 26.7               | 17.9/34.4  | 1.023     | 5.39   | 5.24/5.54 | 13 |
| 3w-            | 0.474 | 11.2               | 2.50/19.5  | 1.035     | 5.26   | 5.12/5.40 | 27 |
| 4w-            | 0.687 | 18.1               | 9.20/26.3  | 1.022     | 5.42   | 5.30/5.53 | 22 |
| Ulna           |       |                    |            |           |        |           |    |
|                | r     | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%     | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%    | N  |
| 1m-            | 0.868 | 36.0               | 29.8/41.5  | 1.025     | 3.86   | 3.82/3.90 | 33 |
| 2m-            | 0.772 | 24.6               | 11.2/35.7  | 1.031     | 4.03   | 3.92/4.15 | 13 |
| 3w-            | 0.725 | 30.1               | 18.9/39.3  | 1.028     | 3.85   | 3.80/3.90 | 26 |
| 4w-            | 0.611 | 20.0               | 7.89/30.5  | 1.024     | 4.02   | 3.95/4.09 | 22 |
| Metacarpus III |       |                    |            |           |        |           |    |
|                | r     | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%     | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%    | N  |
| 1m-            | 0.736 | 36.1               | 25.4/44.5  | 1.034     | 9.20   | 9.08/9.32 | 32 |
| 2m-            | 0.880 | 29.3               | 18.7/38.1  | 1.020     | 11.0   | 10.8/11.3 | 12 |
| 3w-            | 0.272 | 15.6               | -8.79/35.5 | 1.039     | 9.28   | 9.10/9.47 | 25 |
| 4w-            | 0.797 | 24.1               | 15.7/31.6  | 1.019     | 10.9   | 10.7/11.0 | 21 |
| Metacarpus IV  |       |                    |            |           |        |           |    |
|                | r     | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%     | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%    | N  |
| 1m-            | 0.780 | 37.2               | 27.9/44.7  | 1.032     | 9.02   | 8.91/9.13 | 32 |
| 2m-            | 0.886 | 30.0               | 19.5/38.6  | 1.019     | 10.8   | 10.6/11.1 | 12 |
| 3w-            | 0.371 | 20.4               | -2.15/38.0 | 1.038     | 9.11   | 8.95/9.28 | 25 |
| 4w-            | 0.776 | 24.5               | 15.3/32.5  | 1.020     | 10.7   | 10.5/10.8 | 21 |
| Pelvis         |       |                    |            |           |        |           |    |
|                | r     | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%     | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%    | N  |
| 1m-            | 0.642 | 31.2               | 18.6/41.1  | 1.034     | 3.02   | 2.98/3.06 | 33 |
| 2m-            | 0.837 | 31.4               | 18.5/41.6  | 1.027     | 2.91   | 2.85/2.97 | 13 |
| 3w-            | 0.665 | 20.8               | 11.1/29.4  | 1.024     | 2.97   | 2.92/3.01 | 26 |
| 4w-            | 0.650 | 29.3               | 13.9/41.1  | 1.023     | 2.98   | 2.95/3.02 | 22 |

Tabelle 1a (Zweiter Teil) : Korrelations-Regressionsparameter sowie Faktoren zur Ermittlung der WRH aus den Extremitätenabschnittslängen und deren 95%-Vertrauensbereichen. 1m = männl., subad.; 2m = männl., ad; 3w = weibl., subad.; 4w = weibl., ad; r = Korrelationskoeffizient; VB = Vertrauensbereich; Srd. Fehl. = Standard Fehler.

| Femur          |       |                    |            |           |        |           |    |
|----------------|-------|--------------------|------------|-----------|--------|-----------|----|
|                | r     | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%     | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%    | N  |
| 1m-            | 0.859 | 38.8               | 32.3/44.3  | 1.026     | 3.43   | 3.40/3.46 | 35 |
| 2m-            | 0.859 | 35.5               | 22.7/45.2  | 1.025     | 3.61   | 3.55/3.68 | 13 |
| 3w-            | 0.753 | 29.9               | 20.0/38.1  | 1.026     | 3.41   | 3.36/3.45 | 27 |
| 4w-            | 0.742 | 31.8               | 19.4/41.6  | 1.021     | 3.64   | 3.60/3.68 | 22 |
| Tibia          |       |                    |            |           |        |           |    |
|                | r     | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%     | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%    | N  |
| 1m-            | 0.819 | 38.8               | 30.2/44.2  | 1.026     | 3.71   | 3.67/3.75 | 35 |
| 2m-            | 0.811 | 40.7               | 23.3/52.2  | 1.029     | 4.00   | 3.93/4.06 | 13 |
| 3w-            | 0.803 | 31.3               | 22.7/38.6  | 1.024     | 3.70   | 3.65/3.74 | 27 |
| 4w-            | 0.797 | 28.3               | 19.0/36.3  | 1.019     | 4.04   | 3.99/4.08 | 22 |
| Fibula         |       |                    |            |           |        |           |    |
|                | r     | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%     | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%    | N  |
| 1m-            | 0.780 | 37.9               | 26.3/41.9  | 1.029     | 4.07   | 4.04/4.12 | 35 |
| 2m-            | 0.862 | 36.3               | 23.5/45.9  | 1.025     | 4.23   | 4.16/4.30 | 13 |
| 3w-            | 0.867 | 34.1               | 27.3/39.9  | 1.020     | 4.09   | 4.05/4.13 | 28 |
| 4w-            | 0.730 | 24.3               | 14.0/33.2  | 1.021     | 4.26   | 4.20/4.33 | 22 |
| Metatarsus III |       |                    |            |           |        |           |    |
|                | r     | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%     | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%    | N  |
| 1m-            | 0.811 | 37.4               | 29.4/44.0  | 1.029     | 8.38   | 8.29/8.47 | 34 |
| 2m-            | 0.796 | 30.2               | 15.5/41.7  | 1.030     | 9.96   | 9.73/10.2 | 13 |
| 3w-            | 0.445 | 21.4               | 3.47/35.8  | 1.036     | 8.47   | 8.32/8.62 | 27 |
| 4w-            | 0.738 | 24.3               | 14.3/32.9  | 1.021     | 10.0   | 9.87/10.2 | 22 |
| Metatarsus IV  |       |                    |            |           |        |           |    |
|                | r     | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%     | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%    | N  |
| 1m-            | 0.771 | 34.5               | 25.6/41.8  | 1.032     | 7.85   | 7.75/7.94 | 34 |
| 2m-            | 0.773 | 28.8               | 13.4/40.7  | 1.031     | 9.27   | 9.04/9.49 | 13 |
| 3w-            | 0.181 | 8.62               | -11.0/26.4 | 1.039     | 7.96   | 7.79/8.14 | 27 |
| 4w-            | 0.733 | 22.5               | 15.3/32.5  | 1.021     | 9.25   | 9.10/9.40 | 21 |
| Talus          |       |                    |            |           |        |           |    |
|                | r     | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%     | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%    | N  |
| 1m-            | 0.623 | 25.8               | 14.4/35.3  | 1.035     | 13.3   | 13.1/13.6 | 33 |
| 2m-            | 0.743 | 23.0               | 9.13/34.6  | 1.033     | 17.4   | 16.8/18.0 | 13 |
| 3w-            | 0.083 | 4.94               | -19.4/27.7 | 1.040     | 13.8   | 13.5/14.1 | 27 |
| 4w-            | 0.488 | 13.7               | 2.03/24.3  | 1.027     | 17.2   | 16.8/17.6 | 22 |
| Calcaneus      |       |                    |            |           |        |           |    |
|                | r     | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%     | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%    | N  |
| 1m-            | 0.764 | 38.4               | 28.7/46.0  | 1.032     | 7.72   | 7.63/7.81 | 34 |
| 2m-            | 0.630 | 26.5               | 4.22/42.8  | 1.038     | 9.12   | 8.87/9.37 | 13 |
| 3w-            | 0.307 | 16.6               | -5.17/34.4 | 1.038     | 7.71   | 7.57/7.86 | 27 |
| 4w-            | 0.525 | 18.3               | 4.27/30.4  | 1.026     | 9.13   | 8.97/9.29 | 22 |

Tabelle 1b (Erster Teil) : Korrelations-Regressionsparameter sowie Faktoren zur Ermittlung der WRH aus den Extremitätenabschnittslängen und deren 95%-Vertrauensbereichen, zusammengefaßt für männliche und weibliche Tiere. mws = männlich, weiblich, subadult; mwa = männlich, weiblich, adult.

| Scapula        |           |                    |           |           |        |             |    |
|----------------|-----------|--------------------|-----------|-----------|--------|-------------|----|
|                | r         | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%    | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%      | N  |
|                | mws 0.712 | 21.1               | 16.0/26.0 | 1.032     | 3.97   | 3.91/4.03   | 60 |
|                | mwa 0.803 | 28.9               | 22.1/34.9 | 1.025     | 3.59   | 3.55/3.64   | 35 |
| Humerus        |           |                    |           |           |        |             |    |
|                | r         | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%    | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%      | N  |
|                | mws 0.822 | 31.8               | 26.9/36.3 | 1.026     | 3.93   | 3.90/3.97   | 60 |
|                | mwa 0.810 | 32.2               | 25.1/38.3 | 1.025     | 4.08   | 4.03/4.12   | 35 |
| Radius         |           |                    |           |           |        |             |    |
|                | r         | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%    | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%      | N  |
|                | mws 0.636 | 20.7               | 14.4/26.4 | 1.035     | 5.28   | 5.21/5.35   | 60 |
|                | mwa 0.805 | 25.2               | 19.2/30.6 | 1.025     | 5.41   | 5.32/5.50   | 35 |
| Ulna           |           |                    |           |           |        |             |    |
|                | r         | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%    | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%      | N  |
|                | mws 0.813 | 34.0               | 28.7/38.8 | 1.026     | 3.86   | 3.83/3.89   | 59 |
|                | mwa 0.727 | 26.0               | 18.0/33.1 | 1.029     | 4.02   | 3.97/4.08   | 35 |
| Metacarpus III |           |                    |           |           |        |             |    |
|                | r         | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%    | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%      | N  |
|                | mws 0.577 | 30.4               | 19.9/39.1 | 1.037     | 9.24   | 9.14/ 9.34  | 57 |
|                | mwa 0.813 | 30.5               | 23.5/36.7 | 1.025     | 10.93  | 10.80/11.06 | 33 |
| Metacarpus IV  |           |                    |           |           |        |             |    |
|                | r         | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%    | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%      | N  |
|                | mws 0.635 | 32.3               | 23.0/40.1 | 1.035     | 9.06   | 8.97/ 9.15  | 57 |
|                | mwa 0.808 | 31.1               | 23.8/37.4 | 1.025     | 10.74  | 10.61/10.86 | 33 |
| Pelvis         |           |                    |           |           |        |             |    |
|                | r         | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%    | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%      | N  |
|                | mws 0.619 | 25.1               | 17.2/32.1 | 1.030     | 3.00   | 2.97/3.03   | 59 |
|                | mwa 0.826 | 31.6               | 25.0/37.3 | 1.024     | 2.96   | 2.93/2.99   | 35 |
| Femur          |           |                    |           |           |        |             |    |
|                | r         | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%    | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%      | N  |
|                | mws 0.809 | 35.2               | 29.8/39.9 | 1.026     | 3.42   | 3.39/3.45   | 62 |
|                | mwa 0.859 | 35.9               | 29.8/41.3 | 1.022     | 3.63   | 3.60/3.66   | 35 |
| Tibia          |           |                    |           |           |        |             |    |
|                | r         | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%    | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%      | N  |
|                | mws 0.808 | 35.3               | 29.9/40.1 | 1.027     | 3.70   | 3.67/3.73   | 62 |
|                | mwa 0.837 | 35.0               | 28.3/40.7 | 1.023     | 4.02   | 3.98/4.06   | 35 |
| Fibula         |           |                    |           |           |        |             |    |
|                | r         | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%    | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%      | N  |
|                | mws 0.802 | 34.6               | 29.1/39.4 | 1.027     | 4.08   | 4.05/4.11   | 63 |
|                | mwa 0.832 | 32.3               | 25.8/38.0 | 1.023     | 4.25   | 4.21/4.30   | 35 |

Tabelle 1b (Zweiter Teil) : Korrelations-Regressionsparameter sowie Faktoren zur Ermittlung der WRH aus den Extremitätenabschnittslängen und deren 95%-Vertrauensbereichen, zusammengefaßt für männliche und weibliche Tiere. mws = männlich, weiblich, subadult; mwa = männlich, weiblich, adult.

| Metatarsus III |                    |           |           |        |             |    |
|----------------|--------------------|-----------|-----------|--------|-------------|----|
| r              | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%    | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%      | N  |
| mws 0.675      | 32.2               | 24.2/38.9 | 1.033     | 8.42   | 8.34/8.50   | 61 |
| mwa 0.803      | 30.1               | 23.2/36.2 | 1.025     | 9.99   | 9.88/10.11  | 35 |
| Metatarsus IV  |                    |           |           |        |             |    |
| r              | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%    | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%      | N  |
| mws 0.556      | 26.1               | 16.7/34.3 | 1.037     | 7.90   | 7.81/7.99   | 61 |
| mwa 0.774      | 28.8               | 21.3/35.3 | 1.027     | 9.25   | 9.14/9.37   | 35 |
| Talus          |                    |           |           |        |             |    |
| r              | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%    | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%      | N  |
| mws 0.389      | 18.1               | 7.0/28.0  | 1.039     | 13.55  | 13.37/13.73 | 60 |
| mwa 0.635      | 21.6               | 12.7/29.6 | 1.033     | 17.27  | 16.97/17.58 | 35 |
| Calcaneus      |                    |           |           |        |             |    |
| r              | Steig.( $\alpha$ ) | VB-95%    | Std.Fehl. | Faktor | VB-95%      | N  |
| mws 0.605      | 31.8               | 22.1/39.8 | 1.036     | 7.72   | 7.64/7.79   | 61 |

3. Nur der Einsatz der (doppeltlogarithmischen) Regressionsmethode berücksichtigt körpergrößenabhängige Proportionsverschiebungen und sollte daher stets dann eingesetzt werden, wenn echte - typologische - Unterschiede des Körperbaues zur Untersuchung anstehen.

Die von May und Hannemann ermittelten Regressionsgleichungen gibt die Tabelle 2a,b wieder. Intraspezifische Allometrien haben insbesondere auch Auswirkungen auf die organmaßspezifische Variabilität sowie auf die Korrelationen zwischen Organmaßen, wie May (1992, 1993) abgeleitet hat. Die konkreten Verhältnisse können in diesem Rahmen nur andeutungsweise beschrieben und diskutiert werden. Die Abb. 3, 4 und 5 belegen dies exemplarisch für drei Extremitätenmaße. Die jeweils durchgezogenen Streuungsellipsen stehen für die Originaldaten, die gestrichelt gezeichneten für die WRH-transformierten Daten<sup>(2)</sup>. Diese Transformationen der Originaldaten auf die Größe, welche die Maße bei einer einheitlichen Bezugs-WRH hätten, erfolgten nach der von May (1985 ff.) abgeleiteten Gleichung :

$$M_B(\text{WRH}) = M_I * (\text{WRH}_B/\text{WRH}_I)^a$$

Die transformierten Daten zeigen eine geringere Variabilität, weil ohne Transformation ein Teil der Organmaß-Variabilität lediglich auf die Variation der Körpergröße zurückzuführen ist. Auch die Korrelation zwischen transformierten Organmaßen ist in der Regel verringert, weil die Körpergröße die Korrelation zwischen Organmaßen mehr oder weniger mitbedingt. Nach Eliminierung des Einflusses der Körpergröße kommen wir u.E. den wahren - möglicherweise genetisch bedingten - Beziehungen zwischen Organmaßen näher. Für die Beziehungen zwischen den WRH-transformierten Daten von Humerus- und Femurlänge resultiert immer noch eine deutliche Korrelation (Abb. 3), ein Hinweis auf eine *echte* Koppelung zwischen beiden Maßen. Dagegen wird die Korrelation zwischen Femur- und Metatarsuslänge nach WRH-Transformation praktisch irrelevant (Abb. 4 u. 5), was bedeutet, daß die Korrelation zwischen diesen Originalmaßen ausschließlich körpergrößenbedingt war.

Es ist u.a. eine Aufgabe für die Zukunft, derartige Beziehungen für weitere interessierende Maße und andere Spezies zu untersuchen, weil nur so wirklich Einblicke in die frühe Rassenevolution von Haustieren aus morphologischen Daten abgeleitet werden können. Voraussetzung ist dabei die Kenntnis möglichst kompletter Skelettserien, wie sie z.B. für archäologische Pferdefunde existieren.

<sup>(2)</sup> Alle Daten wurden mit Hilfe der Regressionsmethode auf gleiche WRH transformiert.

Tabelle 2: Regressionsgleichungen zur Ermittlung der WRH aus Langknochenmaßen, für die intraspezifische Allometrien wahrscheinlich sind. 2a : Getrennte Berechnung für die Geschlechter; 2b: Gemeinsame Berechnung für die Geschlechter.

|                        |     |   |                                  |                        |     |   |                                  |                |
|------------------------|-----|---|----------------------------------|------------------------|-----|---|----------------------------------|----------------|
| <b>Scapula:</b>        |     |   |                                  | <b>Femur:</b>          |     |   |                                  |                |
| männl. subad.:         | WRH | = | 37.258 * Scap <sup>0.568</sup>   | männl. subad.:         | WRH | = | 9.686 * Fe <sup>0.805</sup>      |                |
| männl. ad.:            | WRH | = | 49.341 * Scap <sup>0.527</sup>   | männl. ad.:            | WRH | = | 17.843 * Fe <sup>0.712</sup>     |                |
| weibl. subad.:         | WRH | = | 163.325 * Scap <sup>0.280</sup>  | weibl. subad.:         | WRH | = | 32.848 * Fe <sup>0.574</sup>     |                |
| weibl. ad.:            | WRH | = | 83.484 * Scap <sup>0.430</sup>   | weibl. ad.:            | WRH | = | 29.250 * Fe <sup>0.621</sup>     |                |
| <b>Humerus:</b>        |     |   |                                  | <b>Tibia:</b>          |     |   |                                  |                |
| männl. subad.:         | WRH | = | 13.383 * Hu <sup>0.764</sup>     | männl. subad.:         | WRH | = | 11.886 * Ti <sup>0.777</sup>     |                |
| männl. ad.:            | WRH | = | 19.124 * Hu <sup>0.715</sup>     | männl. ad.:            | WRH | = | 8.604 * Ti <sup>0.859</sup>      |                |
| weibl. subad.:         | WRH | = | 58.877 * Hu <sup>0.477</sup>     | weibl. subad.:         | WRH | = | 28.779 * Ti <sup>0.609</sup>     |                |
| weibl. ad.:            | WRH | = | 89.811 * Hu <sup>0.426</sup>     | weibl. ad.:            | WRH | = | 48.431 * Ti <sup>0.539</sup>     |                |
| <b>Radius:</b>         |     |   |                                  | <b>Fibula:</b>         |     |   |                                  |                |
| männl. subad.:         | WRH | = | 24.348 * Ra <sup>0.687</sup>     | männl. subad.:         | WRH | = | 19.452 * Fi <sup>0.696</sup>     |                |
| männl. ad.:            | WRH | = | 69.508 * Ra <sup>0.503</sup>     | männl. ad.:            | WRH | = | 17.750 * Fi <sup>0.734</sup>     |                |
| weibl. subad.:         | WRH | = | 264.873 * Ra <sup>0.198</sup>    | weibl. subad.:         | WRH | = | 21.619 * Fi <sup>0.676</sup>     |                |
| weibl. ad.:            | WRH | = | 167.021 * Ra <sup>0.328</sup>    | weibl. ad.:            | WRH | = | 79.544 * Fi <sup>0.452</sup>     |                |
| <b>Ulna:</b>           |     |   |                                  | <b>Metatarsus III:</b> |     |   |                                  |                |
| männl. subad.:         | WRH | = | 15.881 * Ul <sup>0.728</sup>     | männl. subad.:         | WRH | = | 23.695 * MtIII <sup>0.765</sup>  |                |
| männl. ad.:            | WRH | = | 76.844 * Ul <sup>0.458</sup>     | männl. ad.:            | WRH | = | 65.938 * MtIII <sup>0.583</sup>  |                |
| weibl. subad.:         | WRH | = | 34.210 * Ul <sup>0.580</sup>     | weibl. subad.:         | WRH | = | 124.426 * MtIII <sup>0.391</sup> |                |
| weibl. ad.:            | WRH | = | 124.656 * Ul <sup>0.364</sup>    | weibl. ad.:            | WRH | = | 117.583 * MtIII <sup>0.451</sup> |                |
| <b>Metacarpus III:</b> |     |   |                                  | <b>Metatarsus IV:</b>  |     |   |                                  |                |
| männl. subad.:         | WRH | = | 29.661 * McIII <sup>0.729</sup>  | männl. subad.:         | WRH | = | 32.013 * MtIV <sup>0.686</sup>   |                |
| männl. ad.:            | WRH | = | 77.151 * McIII <sup>0.562</sup>  | männl. ad.:            | WRH | = | 73.819 * MtIV <sup>0.550</sup>   |                |
| weibl. subad.:         | WRH | = | 209.540 * McIII <sup>0.279</sup> | weibl. subad.:         | WRH | = | 354.836 * MtIV <sup>0.152</sup>  |                |
| weibl. ad.:            | WRH | = | 123.655 * McIII <sup>0.448</sup> | weibl. ad.:            | WRH | = | 133.738 * MtIV <sup>0.415</sup>  |                |
| <b>Metacarpus IV:</b>  |     |   |                                  | <b>Talus:</b>          |     |   |                                  |                |
| männl. subad.:         | WRH | = | 25.614 * McIV <sup>0.760</sup>   | männl. subad.:         | WRH | = | 102.732 * Ta <sup>0.483</sup>    |                |
| männl. ad.:            | WRH | = | 71.635 * McIV <sup>0.576</sup>   | männl. ad.:            | WRH | = | 170.931 * Ta <sup>0.426</sup>    |                |
| weibl. subad.:         | WRH | = | 139.035 * McIV <sup>0.372</sup>  | weibl. subad.:         | WRH | = | 498.341 * Ta <sup>0.086</sup>    |                |
| weibl. ad.:            | WRH | = | 118.349 * McIV <sup>0.456</sup>  | weibl. ad.:            | WRH | = | 339.710 * Ta <sup>0.244</sup>    |                |
| <b>Pelvis:</b>         |     |   |                                  | <b>Calcaneus:</b>      |     |   |                                  |                |
| männl. subad.:         | WRH | = | 25.865 * Pe <sup>0.605</sup>     | männl. subad.:         | WRH | = | 19.699 * Ca <sup>0.792</sup>     | männl. ad.:    |
| männl. ad.:            | WRH | = | 27.401 * Pe <sup>0.611</sup>     | weibl. subad.:         | WRH | = | 92.342 * Ca <sup>0.499</sup>     | weibl. subad.: |
| weibl. subad.:         | WRH | = | 87.565 * Pe <sup>0.380</sup>     | weibl. ad.:            | WRH | = | 182.782 * Ca <sup>0.298</sup>    | weibl. ad.:    |
| weibl. ad.:            | WRH | = | 36.466 * Pe <sup>0.561</sup>     | weibl. ad.:            | WRH | = | 195.199 * Ca <sup>0.331</sup>    |                |

Tabelle 2: Regressionsgleichungen zur Ermittlung der WRH aus Langknochenmaßen, für die intraspezifische Allometrien wahrscheinlich sind. 2a : Getrennte Berechnung für die Geschlechter; 2b: Gemeinsame Berechnung für die Geschlechter.

|                        |     |   |                                 |                        |     |   |                                 |
|------------------------|-----|---|---------------------------------|------------------------|-----|---|---------------------------------|
| <b>Scapula:</b>        |     |   |                                 | <b>Femur:</b>          |     |   |                                 |
| subad.:                | WRH | = | 94.389 * Scap <sup>0.387</sup>  | subad.:                | WRH | = | 16.383 * Fe <sup>0.705</sup>    |
| ad.:                   | WRH | = | 42.821 * Scap <sup>0.552</sup>  | ad.:                   | WRH | = | 16.605 * Fe <sup>0.724</sup>    |
| <b>Humerus:</b>        |     |   |                                 | <b>Tibia:</b>          |     |   |                                 |
| subad.:                | WRH | = | 28.018 * Hu <sup>0.621</sup>    | subad.:                | WRH | = | 17.053 * Ti <sup>0.708</sup>    |
| ad.:                   | WRH | = | 30.120 * Hu <sup>0.630</sup>    | ad.:                   | WRH | = | 20.373 * Ti <sup>0.700</sup>    |
| <b>Radius:</b>         |     |   |                                 | <b>Fibula:</b>         |     |   |                                 |
| subad.:                | WRH | = | 110.416 * Ra <sup>0.377</sup>   | subad.:                | WRH | = | 20.242 * Fi <sup>0.689</sup>    |
| ad.:                   | WRH | = | 81.669 * Ra <sup>0.470</sup>    | ad.:                   | WRH | = | 30.624 * Fi <sup>0.632</sup>    |
| <b>Ulna:</b>           |     |   |                                 | <b>Metatarsus III:</b> |     |   |                                 |
| subad.:                | WRH | = | 20.877 * Ul <sup>0.675</sup>    | subad.:                | WRH | = | 43.429 * MtIII <sup>0.628</sup> |
| ad.:                   | WRH | = | 64.351 * Ul <sup>0.488</sup>    | ad.:                   | WRH | = | 66.248 * MtIII <sup>0.580</sup> |
| <b>Metacarpus III:</b> |     |   |                                 | <b>Metatarsus IV:</b>  |     |   |                                 |
| subad.:                | WRH | = | 55.057 * McIII <sup>0.587</sup> | subad.:                | WRH | = | 77.437 * MtIV <sup>0.490</sup>  |
| ad.:                   | WRH | = | 66.973 * McIII <sup>0.589</sup> | ad.:                   | WRH | = | 73.134 * MtIV <sup>0.549</sup>  |
| <b>Metacarpus IV:</b>  |     |   |                                 | <b>Talus:</b>          |     |   |                                 |
| subad.:                | WRH | = | 44.558 * McIV <sup>0.633</sup>  | subad.:                | WRH | = | 191.900 * Ta <sup>0.327</sup>   |
| ad.:                   | WRH | = | 62.516 * McIV <sup>0.603</sup>  | ad.:                   | WRH | = | 188.176 * Ta <sup>0.396</sup>   |
| <b>Pelvis:</b>         |     |   |                                 | <b>Calcaneus:</b>      |     |   |                                 |
| subad.:                | WRH | = | 54.138 * Pe <sup>0.468</sup>    | subad.:                | WRH | = | 42.881 * Ca <sup>0.619</sup>    |
| ad.:                   | WRH | = | 26.885 * Pe <sup>0.614</sup>    | ad.:                   | WRH | = | 88.508 * Ca <sup>0.505</sup>    |

## Literatur

- DUBOIS E., 1898.– Über die Abhängigkeit des Hirngewichts von der Körpergröße. *Arch. Anthropol.*, (D) 25.
- HALLER A. von, 1762.– *Elementa physiologicae corporis humani*. IV. Lausanne.
- LAPIQUE L., 1898.– Sur la relation du poids de l'encéphale au poids de corps. *C. rend. Soc. Biol.* X. s., 5.
- MAY E., 1985.– Ein Beitrag zur Vergleichbarkeit und Interpretation von Maßen und Indices auf der Grundlage wachstumsbiologischer Überlegungen. *Homo*, 36 (1, 2) : 53-68.
- MAY E., 1985.– Widerristhöhe und Langknochenmaße bei Pferden - ein immer noch aktuelles Problem. *Z. Säugetierkunde*, 50 : 368-382.
- MAY E., 1992.– The comparability and standardization of measurements, indices and variability parameters of different body height. *Anthrop. Közl.*, 34 : 55-63.

- MAY E., 1993.– Zur Vergleichbarkeit der Variabilitätsparameter, Maße und Indices aus unterschiedlichen Stichproben. *ZfA Z. Archäol.*, 27 : 241-248.
- SACHS L., 1974.– *Angewandte Statistik, 4. Aufl.* Berlin, Heidelberg, New York : Springer.
- SACHS L., 1976.– *Statistische Methoden, ein Soforthelfer.* Berlin, Heidelberg, New York : Springer.
- SNELL O., 1891.– Die Abhängigkeit der Hirngewichte von dem Körpergewicht und den geistigen *Fähigkeiten.* *Arch. Psych.*, 23 : 436-446.
- TEICHERT M., 1969a.– Osteometrische Untersuchungen zur Berechnung der Widerristhöhe bei vor- und frühgeschichtlichen Schweinen. *EAZ Ethnogr.-Archäol. Z.*, 10 : 517-525.
- TEICHERT M., 1969b.– Osteometrische Untersuchungen zur Berechnung der Widerristhöhe bei vor- und frühgeschichtlichen Schweinen. *Kühn-Archiv*, 83 (3) : 237-292.

#### Weiterführende Literatur als Ergänzung

- BITZAN M. und MAY E., 1992.– Zur Interpretation morphometrischer Daten 10-13jähriger Schulkinder aus dem Erhebungsjahr 1978 des Braunschweiger Längsschnittes. *Anthrop. Anz.*, 50 (1-2) : 127-144.
- BITZAN M. und MAY E., 1991.– On the usefulness of indices from postcranial body measurements in classification of constitutional components, illustrated by data of the "Braunschweig longitudinal study". *Anthrop. Közl.*, 33 : 73-80.
- DRIESCH A. von den und BOESSNECK J., 1974.– Kritische Anmerkungen zur Widerristhöhenberechnung aus Längenmaßen vor- und frühgeschichtlicher Tierknochen. *Säugetierkundl. Mitt.*, 22 : 325-348.
- MAY E., 1977.– Aktuelle methodische Aspekte zur Behandlung und Deutung "allometrischer" Daten. *Z. Morph. Anthrop.*, 68 (1) : 88-106.
- MAY E., 1977.– Body heights and the relation of measured lengths. O. G. Eiben (Hrsg.), *Growth and Development; Physique Symp. Biol. Hung.* 20,(1977), pp. 299-308.
- MAY E., 1990.– Konstitution und Akzeleration aus allometrischer Sicht am Beispiel von Daten aus einer Längsschnittuntersuchung in Braunschweig. *Ärztl. Jugendkd.*, 81 : 352-361.
- RÖHRS M., 1961.– Allometrieforschung und biologische Formanalyse. *Z. Morph. Anthrop.*, 51 : 281-321.
-