Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft in Bern

Band: 67 (2010)

Artikel: Multivariate Analyse spätmittelalterlicher Rindermetapodien aus der Stadt Bern : Möglichkeiten und Grenzen osteometrischer Methoden zu Fragen nach Geschlecht, Grösse, Gewicht und Rasse

Autor: Nussbaumer, Marc / Rehazek, André

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-324146

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 13.07.2025

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

Marc Nussbaumer, André Rehazek[1]

Multivariate Analyse spätmittelalterlicher Rindermetapodien aus der Stadt Bern. Möglichkeiten und Grenzen osteometrischer Methoden zu Fragen nach Geschlecht, Grösse, Gewicht und Rasse

Zusammenfassung

Kenntnisse über mittelalterliche Hausrinder, deren Bestände und Herdenzusammensetzung erlauben Rückschlüsse über Zucht und wirtschaftliche Nutzungsschwerpunkte. Fehlen dazu die schriftlichen Quellen, wird wenn möglich auf die Analyse und Interpretation von Knochen aus archäologischen Grabungen zurückgegriffen. Hierbei gelangen die Metapodien (Mittelhand- und Mittelfussknochen) häufig in den Fokus der Archäozoologen, weil sie einerseits sehr widerstandsfähig sind und entsprechend häufig unversehrt vorliegen. Andererseits zeigen sie in der Regel einen deutlichen Geschlechtsdimorphismus und eignen sich daher gut zur Bestimmung des Geschlechts und damit auch der Widerristhöhe. Anhand eines umfangreichen Knochenmaterials adulter Rinder (65 Metacarpen, 43 Metatarsen) gehen wir der Frage nach, inwieweit diese Feststellung auch auf den vorliegenden, aus einer hochmittelalterlichen (13./14. Jahrhundert) Strassenkofferung in Bern stammenden Fund anwendbar ist. Multivariate Analysen von sieben Längen- und Breitenmassen zeigen deutlich, dass zumindest bei den Metatarsen vier klar unterscheidbare Gruppen nachweisbar sind. Damit wird die Zuordnung der Cluster den zwei (drei, wenn man die Ochsen mitzählt) Geschlechtern nicht nur erschwert, sondern verunmöglicht. Wir vermuten daher, dass im vorliegenden Fundmaterial Überreste von Rindern zumindest zweier verschiedener Wuchsformen (Landrassen) vorliegen. Die Hintergründe, die diesen Beobachtungen zugrunde liegen könnten, werden diskutiert, wobei unterschiedliche geographische und/oder züchterische Bedingungen vermutet werden. Darüber hinaus werden Berechnungen zur Körpergrösse der Rinder durchgeführt. Die Widerristhöhen der Tiere variieren zwischen rund 100 cm und 115–120 cm, die Körpergewichte zwischen 75 kg und 150 kg. Anhand unserer Ergebnisse wird deutlich, dass nur mit Vorsicht und unter Vorbehalten Angaben zum Geschlecht und damit auch zur Körpergrösse von Rindern anhand der Metapodien gemacht werden sollten.

[1] Naturhistorisches Museum der Burgergemeinde Bern, Bernastrasse 15, CH 3005 Bern, Schweiz.

Abstract

Multivariate Analyses of cattle metapodials from medieval Berne: Why sex alone will not explain the disproportions. Metapodials are among the important limb long bones in ungulates. In the thoracic limb, they form the major supporting element; in the pelvic limb, they assume largely locomotive function. Due to their robustness, they often resist destruction or corrosion after having being discarded and they eventually end up unfragmented in archaeological sites and on the archaeozoologists' laboratory bench. Osteometric measurement of lengths and widths of cattle metapodials can under certain circumstances provide reasonably correct information on the sizes of the animals, measured as height at the withers and their sex. Ultimately, with enough data, this may lead to understanding the cultural background and economic impact of cattle stockbreeding and husbandry. We present an extensive osteometric and statistical review of cattle metapodials from a medieval site (13th and 14th century) in Bern, Switzerland, which has provided 65 metacarpals and 43 metatarsals from adult cattle. Interestingly, multivariate analysis of seven lengths and widths shows – at least with the metatarsals – four distinct clusters. This clearly prevents us from assigning the clusters to the two (three if we consider the oxen) sexes. We therefore assume that in medieval Bern at least two different native breeds of cattle must have existed. We discuss our results against the background of possible geographic, climatic or special rearing conditions. The evaluation of body size shows that medieval cattle in Bern weighted between 75 kg and 150 kg and had a height at the withers between 100 cm and 115–120 cm. Our results clearly demonstrate that certain care has to be exercised when sexing and sizing cattle by osteometric analysis of metapodials.

Einleitung und Fragestellung

Vom September 2004 bis Februar 2005 führte der Archäologische Dienst des Kantons Bern im Rahmen einer Strassensanierung in der Berner Altstadt archäologische Ausgrabungen durch, bei der auch eine grosse Menge Tierknochen aus dem 13. und 14. Jahrhundert zu Tage gefördert wurden. Die Untersuchungen fanden in der Kram- und Gerechtigkeitsgasse statt, die im Mittelalter die Hauptachse der 1191 von Berthold V. von Zähringen gegründeten Stadt bildeten.

Es wurden dabei mehrere vier Meter breite und bis zu zwanzig Meter lange Flächen ausgegraben, die sich in der Gassenmitte im Bereich des ehemals offenen Stadtbachs befanden *(Abb. 1)*. Dadurch entstand eine fast durchgängig zusammenhängende Ausgrabungsfläche von ca. 200 Metern Länge, die sich in der Mitte der Strasse parallel zu den Häuserfassaden hinzog. Über dem Bach befanden sich im Mittelalter zahlreiche hölzerne Verkaufsstände, sog. Schalen, an denen Brot, Fleisch oder Fisch verkauft wurde. Auch öffentliche Brunnen, ein Gerbhaus,

Abbildung 1: Archäologische Grabungsarbeiten 2004 in der Kramgasse. Nach dem Entfernen des modernen Strassenpflasters werden die älteren Schichten und Mauern sorgfältig hervorpräpariert. In der Bildmitte ist die Ende des 19. Jahrhunderts entstandene Abdeckung des Stadtbachs zu sehen.

der Richtstuhl und der Schandpfahl gehörten zur mittelalterlichen Bebauung der städtischen Hauptgasse.[2]

Die zu Tage geförderten ca. 60 000 Tierknochen mit einem Gesamtgewicht von über 730 Kilogramm aus dem 13./14. Jahrhundert stellen eines der grössten Fundensembles aus dieser Zeitepoche in der Schweiz dar. Daher bot es sich vor dem Hintergrund der umfangreichen Datengrundlage an, insbesondere eine detailliertere methodisch-statistische Untersuchung der Knochen durchzuführen.

[2] Baeriswyl/Kissling (2006).

Unser Hauptaugenmerk galt dabei der Geschlechtsbestimmung der Rindermetapodien anhand osteometrischer Analysen. Dies erschien uns als ein lohnendes Forschungsfeld, welches in der Literatur in den letzten Jahren kaum mehr Niederschlag gefunden hat und aufgrund unserer vorzüglichen Datenlage klare und eindeutige Ergebnisse versprach. Durch die Bestimmung des Geschlechterverhältnisses wäre es zu einem späteren Zeitpunkt auch möglich, ein detaillierteres Bild zum wirtschaftlichen Nutzungsschwerpunkt der spätmittelalterlichen Hausrinder (Milch-/Fleischwirtschaft, Einsatz als Zugtier) in der Stadt und im Kanton Bern zu entwickeln.

Vor dem Hintergrund der Ergebnisse mehrerer Studien[3] zur Geschlechtsbestimmung an Rindermetapodien erwarten wir am ehesten, dass sich der Grossteil der untersuchten Knochen in eine von drei Datengruppen, welche weiblichen, männlichen oder kastrierten Tieren entsprechen, einordnen lässt.[4] Denkbar wäre aber auch, dass sich keine eindeutige Zuordnung oder mehr als drei Datengruppen ergeben. Ersteres wäre beispielsweise der Fall, wenn die Metapodien einen zu geringen Geschlechtsdimorphismus aufweisen, wie dies ja durchaus bei den sehr kleinwüchsigen spätmittelalterlichen Rindern vermutet werden kann.[5] Die Herausbildung von mehr als drei Datengruppen hingegen spräche eindeutig für das Vorhandensein von osteometrisch-morphologisch unterscheidbaren Rinderrassen[6], wobei eine – teilweise – Überlagerung eventueller Geschlechtsunterschiede in Betracht zu ziehen ist.

[3] Es sei hier auf die kurze, aber zusammenfassende Publikation von Bartosiewicz (1987) über Rindermetapodien verwiesen, die auch ein ausführliches Literaturverzeichnis zu älteren Arbeiten beinhaltet.

[4] Albarella (1997), 38 meint allerdings dazu warnend: «...very often in the zooarchaeological literature cattle metapodials have been optimistically sexed...» und «...archaeological interpretation of differences in relative size of cattle metapodials is far from easy. Many variables are clearly involved... We still do not have a precise idea to what extent metapodials shapes are sex dependant...»

[5] So erwähnt u.a. Uerpmann (1973), 314 diese bekannte Tatsache wie folgt: «It is known that considerable size reduction of domesticated cattle involves a decrease of sexual dimorphism.»

[6] Wir verwenden hier den Begriff «Rasse» im weitesten Sinn, d.h. damit sind auch «Lokalformen», «Schläge» bzw. «Sippen» gemeint. Von eigentlichen Rassen im heutigen Sinn, also gefestigte, genetisch klar abgegrenzte Populationen von Haustieren, die einer kontrollierten, zielgerichteten (Standard) Auslese unterworfen sind, kann man im 13./14. Jahrhundert noch kaum sprechen. Streng genommen gibt es erst seit ca. 100 Jahren eigentliche Rassen, als die ersten Zuchtbücher und klare Linienzuchten eingeführt wurden. In diesem Sinn verwenden wir den Begriff Rasse gleichbedeutend mit dem geläufigen, zoologisch aber nicht klar definierten Begriff der «Landrasse», bei der vor allem Umwelteinflüsse (Klima, Fütterung) den Phänotyp prägen. Im Gegensatz dazu steht die «Kulturrasse», bei der die menschliche Auslese in den Vordergrund rückt.

Material und Methode

Auswahl und Beschreibung des Materials

Alle hier untersuchten Rindermetapodien sind Teil der ca. 60 000 Tierknochen des 13. bzw. 14. Jahrhunderts n. Chr. Da es aufgrund beschränkter personeller Ressourcen nicht möglich war, die gesamte Menge der Tierknochen archäozoologisch auszuwerten, wurde eine repräsentative Stichprobe von etwa 3000 (5%) Knochen gezogen und nach Tierart und Skelettteil überblicksmässig bestimmt. Dabei zeigte sich, dass es sich bei ihnen vor allem um Knochen von (sub-)adulten Rindern, Schafen/Ziegen und Schweinen handelt. Geflügel, Equiden und Überreste von Wildtieren fehlen weitgehend. Offenbar spielte bei der heutigen Skelettteilzusammensetzung auch die Taphonomie eine grössere Rolle. So fehlen beispielsweise kleinere Knochenteile wie Phalangen fast völlig. Auf in der Nähe ausgeübte handwerkliche Tätigkeiten wie Gerberei und Hornverarbeitung weisen zudem die zahlreichen abgehackten Hornzapfen von kleinen Wiederkäuern, meist Ziegen, hin.

Kommen wir jedoch auf die Metapodien zurück, die im Gegensatz zu den Knochen der Stichprobe aus der Gesamtmenge des osteologischen Materials der Gerechtigkeitsgasse/Kramgasse herausgesucht wurden.

Alle der Analyse zugrunde liegenden vollständigen 65 Metacarpen und 43 Metatarsen stammen von adulten Rindern. Als Anhaltspunkt für das erwachsene Alter galt der vollkommene Verwachsungszustand der Epiphysennähte, welcher beim heutigen Rind mit zwei bis zweieinhalb Jahren erreicht ist.[7] Im Mittelalter dauerte das Wachstum wohl etwas länger. Die Verknöcherung dürfte jedoch bei normaler Nahrungszufuhr maximal sechs Monate später stattgefunden haben.[8] [9]

Als «vollständig», d.h. unfragmentiert, bezeichnen wir diejenigen Metapodien, an denen alle sieben Masse, die von den Driesch (1976) beschreibt, abgenommen werden können.

[7] Habermehl (1961), 95.

[8] Habermehl (1961), 78 gibt einen Unterschied beim Zahnwechsel von heutigen früh- (z.B. Simmentaler) und spätreifen (z.B. Hinterwälder) Rassen mit ca. drei bis sechs Monaten an.

[9] Wir gehen hier von der Annahme aus, dass mit der vollständigen Verknöcherung der Epiphysennähte das Knochenwachstum abgeschlossen ist. Albarella (1997), 38 weist hingegen darauf hin, dass es dazu keine hinreichende Untersuchungen gibt «...we cannot rule out the possibility that cattle metapodials continue to grow substantially after fusion.» Der Autor bezieht dies aber vorwiegend auf (distale) Breitenmasse und kommt zum Schluss (S. 42), dass ein derartiges Wachstum wohl nur einen kleinen Beitrag zu Formunterschieden leistet.

Geschlechtsbestimmung von Beckenknochen

Zum Zweck der Gegenüberstellung bzw. Überprüfung der anhand der Metapodien eruierten Geschlechterverhältnisse wurden zusätzlich alle geschlechtsbestimmbaren Beckenknochen von adulten Rindern untersucht.[10] Wichtigste Merkmale sind die Ausbildung der Kante, welche vom Ilium zum Pubis verläuft sowie der Abstand der Kante zum Acetabulumrand. Bei der Kuh ist die Kante scharfkantig und der Abstand zum Oberrand des Acetabulums gering ausgeprägt.[11] Eigenen Beobachtungen zufolge ist der Querschnitt des Os pubis bei den Kühen eher eckig, während er bei den männlichen Tieren eher flach-oval ausgeprägt ist.

Unklar bleibt unserer Meinung jedoch, inwieweit sich das Individualalter und bereits erfolgte Geburtsvorgänge bei der Kuh auf die Ausbildung der Merkmale auswirken. Auch ist es nicht möglich, eine Unterscheidung von kastrierten (Ochsen) und unkastrierten (Stieren) männlichen Tieren vorzunehmen.

Widerristhöhen

Grössenangaben von Haustieren beziehen sich in der archäozoologischen Literatur meist auf die Widerristhöhe. Dies gilt auch für das Rind. Die Berechnung der Widerristhöhe aufgrund osteometrischer Daten kann nach verschiedenen Methoden erfolgen, von denen diejenige von Matolcsi (1970) eine der ältesten, aber gebräuchlichsten ist. Sie wurde einer kritischen Betrachtung durch von den Driesch und Boessneck (1974) unterzogen und in ihrer Richtigkeit im Wesentlichen bestätigt. Es handelt sich um Umrechnungsfaktoren für die grösste Länge (in mm) der Metapodien, die bei den Kühen für die Metacarpen/Metatarsen 6,0 und 5,3 und bei Stieren 6,3 und 5,6 betragen. Das Geschlecht, die Rasse, der Ernährungszustand und vor allem das Individualalter des Tieres[12] haben aber einen grossen Einfluss auf die Ausbildung der Körperproportionen und beeinflussen das Verhältnis von Metapodienlänge zu Widerristhöhe.[13] Gerade das Alter spielt dabei eine gewichtige Rolle. Während die Epiphysen der Metapodien verhältnismässig früh (mit ca. zweieinhalb Jahren) verknöchern und damit ihr Längenwachstum beendet ist, wachsen die meisten anderen Langknochen weiter, sodass auch die Widerristhöhe des Tieres insgesamt zunimmt. Demzufolge verändert sich im Laufe des Wachstums das Verhältnis von Metapodienlänge zu Körpergrösse in einer Art, dass zunächst bei jüngeren Tieren die Metapodien relativ (im Verhältnis zum

[10] Als Kriterium für das Alter dient hier die Verknöcherung der Beckensymphyse, die beim heutigen Rind mit etwa fünf Jahren abgeschlossen ist, s. Habermehl (1961), 95.

[11] Grigson (1982), 8.

[12] Bartosiewicz (1985), 258 und Abb. 2.

[13] Eine Zusammenfassung der beeinflussenden Faktoren findet sich in van Wijngaarden-Bakker/Bergström (1988), 70f.

Gesamtskelett) lang sind,[14] dann aber bei adulten und maturen Tieren die Länge im Verhältnis zur Körpergrösse immer weiter abnimmt.[15] Die erwähnten Umrechnungsfaktoren sind daher naturgemäss nur Näherungswerte, da sie bei alten und vollständig ausgewachsenen Tieren nach oben korrigiert werden müssten.

Da wir bei den vorliegenden Metapodien aus dem archäologischen Material nahezu keine Informationen über das exakte Schlachtalter, die Rasse bzw. den Schlag oder den Ernährungszustand besitzen und auch die Geschlechtsbestimmung schwierig ist, haben wir uns für die von Matolcsi vorgeschlagenen Mittelwert-Indizes von 6,18 für die Metacarpen und 5,47 für die Metatarsen entschieden. Dieses geschah auch im Hinblick auf eine bessere Vergleichbarkeit unserer Ergebnisse mit anderen Untersuchungen (z.B. von Breuer et al. 1999).

In neuerer Zeit wurden z.T. in Anlehnung an die Matolcsi-Faktoren auch andere Berechnungsmethoden[16] bzw. abgeänderte Faktoren[17] diskutiert. Bei einer Gegenüberstellung der drei verschiedenen Methoden *(Abb. 2.1 und 2.2)* sind jedoch

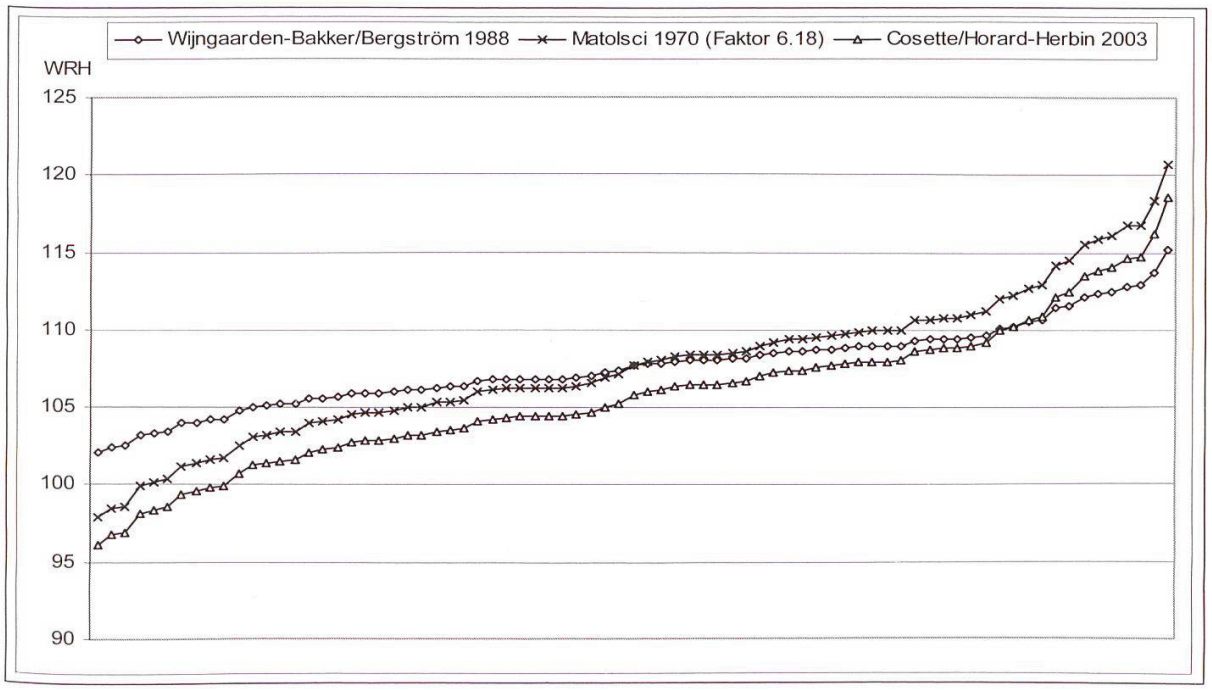

Abbildung 2.1: Widerristhöhenberechnungen (in cm) der Berner Rinder anhand der Metacarpen (n = 77) nach verschiedenen Autoren.

[14] Gemäss Angaben von Guilbert/Gregory (1952) erreichen die Metacarpen moderner Rinder bereits in einem Alter von 19 Tagen 86,9% ihrer adulten Länge.

[15] Bartosiewicz (1985).

[16] 0,3533 x GL + 46,106 (Metacarpus) bzw. 0,3790 x GL + 31,586 (Metatarsus). Van Wijngaarden-Bakker/Bergström (1988), 71.

[17] GL x 0,607 (Metacarpus) bzw. GL x 0,539 (Metatarsus). Cossette/Horard-Herbin (2003), 265. Hierbei ist uns jedoch nicht klar, wie die Indizes berechnet wurden.

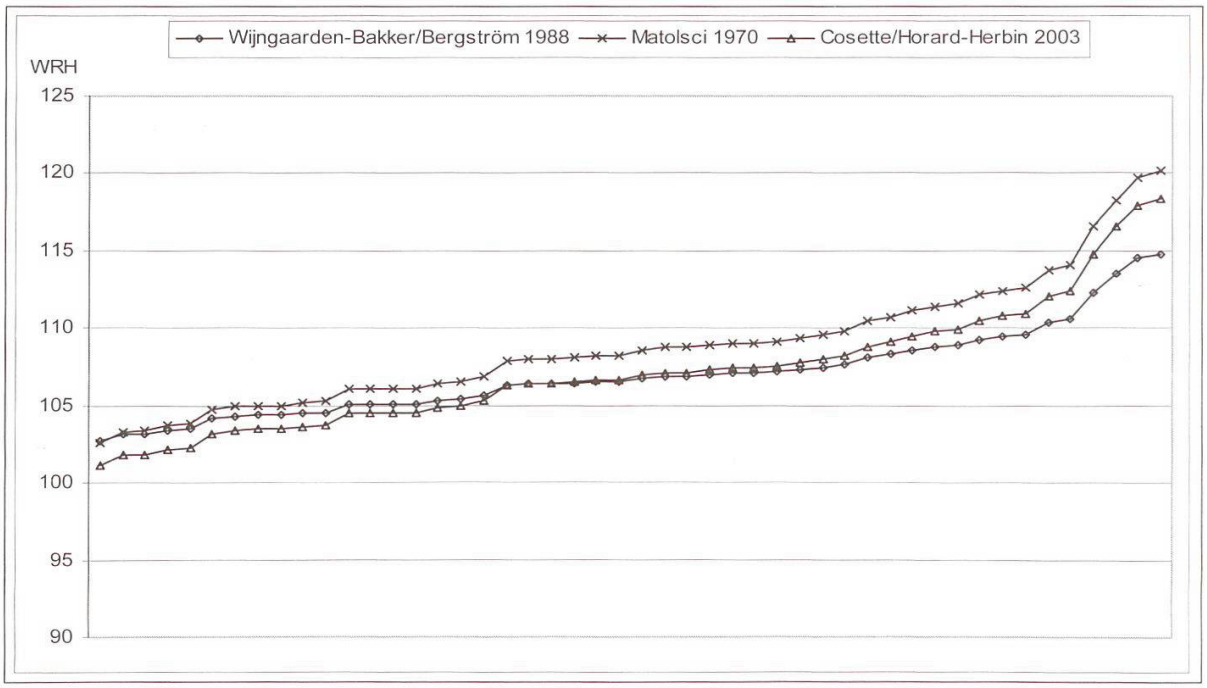

Abbildung 2.2: Widerristhöhenberechnungen (in cm) der Berner Rinder anhand der Metatarsen (n = 48) nach verschiedenen Autoren.

nur geringe Unterschiede in den Ergebnissen erkennbar, sodass wir abschliessend der Meinung sind, das die Matolcsi-Faktoren eine recht gute Berechnungsgrundlage für die Widerristhöhen von Hausrindern darstellen.[18]

Osteometrie

In der Archäozoologie hat sich als Standardwerk für osteometrisches Arbeiten das Handbuch von den Drieschs (1976) etabliert. Alle sieben Masse, die die Autorin darin für die Metapodien von Wiederkäuer beschreibt, wurden auf einen Zehntelmillimeter genau gemessen. Zusätzlich wurde die jeweilige Körperseite bestimmt und das Knochengewicht auf ein Zehntelgramm gewogen, Letzteres auch, um als Grundlage für Berechnungen des Körpergewichtes nach Matolcsi (1970) zu dienen. Bei den Massen handelt es sich um GL = Grösste Länge, Bp = Breite proximal, Tp = Tiefe proximal, KD = Kleinste Breite der Diaphyse, TD = Kleinste Tiefe der Diaphyse, Bd = Breite distal und Td = Tiefe distal.

Einige zusätzliche Masse aus dem distalen Epiphysen-/Condylenbereich wie von Thomas (1988) vorgeschlagen wurden anfänglich ebenfalls aufgenommen. Als sich jedoch im Verlaufe der Arbeit herausstellte, dass sie keine zusätzliche Hilfe

[18] Matolcsi schreibt dazu auch selbstkritisch: «Der mit ihnen (Anm. den Umrechnungsfaktoren) berechnete Widerristhöhenwert ist daher nur statistisch annehmbar, da es beim heutigen Stand der Wissenschaft unmöglich ist, die tatsächliche Grösse des Tieres individuell genau zu bestimmen.», Matolcsi (1970), 114.

bezüglich einer klareren Trennung der Geschlechter darstellten, wurde auf sie nachfolgend verzichtet.[19]

Statistische Methoden

Die statistischen Analysen wurden mit Hilfe der Programmsammlung von SPSS 15.0 für Windows durchgeführt. Neben den üblichen ein- und zweidimensionalen deskriptiven bzw. explorativen Verfahren wurden die nachfolgenden multivariaten Verfahren und Tests verwendet: Die hierarchischen Clusteranalysen erfolgten mittels der quadratischen euklidischen Distanzen und der Methode von Ward (1963).[20] Eine vorgängige z-Transformation sorgte für eine Standardisierung der Variablen.[21] Die «beste» Anzahl Cluster wurde nach der Zuordnungsübersicht *(agglomeration schedule)* bzw. deren visueller Darstellung und dem *«elbow criterion»* bestimmt.[22] Anschliessend wurden die festgelegten Cluster anhand einer Diskriminanzanalyse (inklusive *«leave-one-out classification»*)[23] auf deren Güte (Anzahl richtiger Klas-

[19] Nach Thomas (1988) weisen bei den untersuchten 371 rezenten und mittelalterlichen Rindermetapodien besonders die Breiten der distalen Condylen einen ausgeprägten Sexualdimorphismus auf. Dies wurde auch von anderen Autoren (z.B. Fock 1966) bereits festgestellt. An den von uns untersuchten Metapodien liess sich hingegen dieser Befund nicht nachvollziehen. Bartosiewicz (1987), 48 erklärt einen derartigen Befund mit einer «inter-site variability» bzw. phänotypischen Variabilität, die – in unserem Fall – durchaus auch «intra-site» gegeben sein dürfte.

[20] Die Clusteranalyse nach Ward gehört zu den hierarchisch anhäufenden Methoden, bei denen schrittweise einzelne Objekte zu Gruppen (Clustern) zusammengeführt werden. Wards Methode der Clusterbildung beginnt mit einem Satz einzelner Cluster, die jeweils ein einziges Objekt beinhalten. Die zwei einander ähnlichsten Elemente werden dann zu einem neuen Cluster zusammengeführt. Das Ziel ist es, das Mass der (Un-)Ähnlichkeit, die quadrierten euklidischen Distanzen zu ihrem Zentrum (Centroid), zu minimieren. Diese Prozedur wird solange weitergeführt, bis nur noch ein Cluster übrig bleibt und die Summe aller euklidischen Distanzen zum übrig gebliebenen Zentrum ihren Maximalwert erreicht. Diese Methode wird deshalb auch als «agglomerativ» *(bottom up)* bezeichnet. Die dabei entstehende Baumstruktur wird in der Regel durch ein Dendrogramm visualisiert.

[21] Die z-Transformation oder z-Standardisierung überführt jede Verteilung in eine Verteilung mit Mittelwert M = 0 und Streuung SD = 1. Damit erhalten alle Variablen eine gleiche Gewichtung.

[22] Die «richtige» Anzahl Cluster wird visuell durch den «Knick» *(elbow)* in der Linie bestimmt, die das allmähliche Ansteigen der Summe der quadrierten euklidischen Distanzen zu ihren jeweiligen Zentren mit abnehmender Anzahl Cluster bildet *(scree plot)*. Nimmt die Summe der quadrierten euklidischen Distanzen bei einer bestimmten Anzahl von Clustern sprunghaft zu, kann man davon ausgehen, dass die vorhergehende – grössere – Anzahl Cluster die Gruppenbildung am «besten» widerspiegelt und als Ausgangslage für weitere Prüfverfahren verwendet werden kann.

[23] Die *leave-one-out*-Methode ist ein Verfahren der Kreuzvalidierung. Sie wird auch als vollständige Kreuzvalidierung bezeichnet. Dabei wird die Klassifikationsregel anhand aller Datensätze bis auf einen optimiert und danach der weggelassene Datensatz klassifiziert. Diese Prozedur wird für alle Datensätze wiederholt und die Fehlerrate durch die Zahl der auf diese Weise falsch klassifizierten Datensätze geschätzt. Die *leave-one-out*-Methode liefert eine nahezu unverzerrte *(unbiased)* Schätzung. Es lassen sich mit ihr lokale Ausreisser identifizieren und die Güte der Klassifikation überprüfen.

sifikationen bzw. Stabilität der gefundenen Gruppen) überprüft. Eine – durchaus mögliche – Reduktion auf die einflussreichsten Merkmale wurde nicht durchgeführt. Es schien uns wichtig, alle sieben gebräuchlichen Masse zu verwenden, sodass anlässlich ähnlicher Untersuchungen bei nicht vollständigen Knochen die Werte bzw. die Einflüsse einzelner Merkmale besser abgeschätzt werden können. Welche Merkmale in der vorliegenden Untersuchung mehr und welche weniger zur Gruppentrennung beitragen, ist aus den Tabellen (Strukturmatrizen) ersichtlich. Letztlich wurden in einer Varianzanalyse *(one-way ANOVA)*[24] die Homogenität der Varianzen in den zu vergleichenden Gruppen überprüft *(Levene-Test)* und in Post-hoc-Mehrfachvergleichen die Mittelwerte auf Signifikanz ihrer Differenzen zwischen den Clustern überprüft (*Bonferroni-Test* bei Varianzen-Gleichheit, *Tamhane-T2-Test* bei Varianzen-Ungleichheit).

Das Ziel dieser Verfahren war es, die osteometrisch beschriebenen Metapodien nach ihrer Ähnlichkeit in Gruppen (Cluster) einzuteilen, die aus möglichst homogenen Objekten bestehen, wobei sich die einzelnen Cluster untereinander aber möglichst stark unterscheiden. Mit anderen Worten, die Varianz innerhalb der Cluster sollte minimiert, die zwischen den Clustern maximiert werden.

Grossen Wert legten wir auf anschauliche und nachvollziehbare graphische Darstellungen auch der hochdimensionalen Datensätze in niedrigdimensionalen Räumen, weshalb wir nach Möglichkeit auf die Publikation der zahlreichen und umfangreichen Datensätze und Tabellen verzichteten. Es sei hier nochmals darauf hingewiesen, dass es in dieser Arbeit nicht darum gehen kann, sozusagen einen allgemeingültigen «Bestimmungsschlüssel» für die Geschlechts- und/oder Rassezugehörigkeit bei historischen Rindermetapodien vorzulegen. Dies ist mit rein osteometrischen Methoden aufgrund der hohen Grössen- und Wuchsformvariabilität der Rinder im Verlauf ihrer Zuchtgeschichte wahrscheinlich nicht möglich. Die jeweilige Auswahl der osteologischen Masse und statistischen Verfahren muss von Fall zu Fall – je nach Ausprägung des Geschlechtsdimorphismus, der Heterogenität der Rassenzusammensetzung und letztlich auch der Datenmenge, der Qualität und dem Fragmentierungszustand des Knochenmaterials – unter Berücksichtigung des archäologischen Kontextes entschieden werden. Über den mehr oder minder starken Einfluss der einzelnen Merkmale auf die Hauptfaktoren in der vorliegenden Stichprobe geben unseres Erachtens die standardisierten Diskriminanzfunktionen genügend Auskunft, um gegebenenfalls als Anhaltspunkte für eigene Untersuchungen zu dienen.

[24] Die Grundidee hinter der Varianzanalyse (analysis of variance ANOVA) besteht darin zu prüfen, ob die Varianz oder Streuung zwischen verschiedenen Gruppen grösser ist als die Varianz innerhalb der Gruppen. Dadurch kann u.a. ermittelt werden, ob sich die Gruppen signifikant unterscheiden oder nicht.

Ergebnisse

Becken

Vor dem Hintergrund gewisser methodischer Schwierigkeiten, die schon im Kapitel Material und Methodik angesprochen wurden, zeigte sich als Ergebnis ein Geschlechterverhältnis von elf weiblichen zu zwei männlichen Tieren.

Metacarpus

Die Clusteranalyse aller 65 Metacarpen unter Einbezug der sieben Variablen (Messstrecken) liess eine Verteilung in drei Gruppen vermuten, welche 31 (48%), 22 (33%) und 12 (19%) Cluster-Mitglieder aufweisen *(Abb. 3)*. Die anschliessend zur Prüfung dieses Ergebnisses durchgeführte Diskriminanzanalyse zeigte, dass die Trennung vor allem auf den beiden Massen Tp und Bd, aber auch auf der kleinsten Breite der Diaphyse KD und in geringerem Masse auf den beiden Breitenmassen Bp und Bd beruhte (Funktion 1). Die zweite Funktion zeigte eine – wenn auch schwächere – Trennung bei der Grössten Länge GL der Knochen *(Abb. 4 und 5)*. Auf alle Fälle sind beide Funktionen signifikant (Funktion eins: Signifikanz = 0,00, Funktion zwei: Signifikanz = 0,027) und ein Zuordnungstest ergab, dass 95,4% (89,2% bei der *leave-one-out*-Methode) der Metacarpen korrekt klassifiziert wurden. Die Varianzanalyse mit der kreuzweisen Prüfung aller 21[25] Mittelwertsunterschiede ergab schliesslich auf dem 1%-Signifikanzniveau bei allen Vergleichen eine Signifikanz ausser beim Vergleich der Grössten Länge zwischen den Clustern eins und zwei *(Abb. 6)*. Dies entspricht 95% aller Vergleiche (20 von 21).

Charakterisierung der Cluster: Schauen wir uns drei typische Vertreter der Cluster an, welche so nah wie möglich an den jeweiligen Clustermittelpunkten liegen, so können wir sie in aufsteigender Clusterzugehörigkeit – im Bild *(Abb. 7)* von links nach rechts – wie folgt beschreiben: (1) grazil; (2) robust mit abgeflachter Diaphyse und (3) robust mit rundlicher (tiefer) Diaphyse. Längenunterschiede zwischen den drei Gruppen sind kaum auszumachen.

Bei dieser Beschreibung darf nicht unterschlagen werden, dass mit der Zunahme der Grösse eines Tieres eine überproportional starke Zunahme seines Volumens und damit seines Körpergewichts einhergeht (Allometrie).[26] Da die Tragfähigkeit des Knochens von seinem Querschnitt abhängt, muss dieser nun ebenfalls überproportional wachsen, um das deutlich höhere Körpergewicht weiterhin tragen zu können. Knochen von grösseren und schwereren Tieren sind daher zwangsläufig auch immer überproportional «robuster» als die Knochen von kleineren

[25] Drei Cluster (n), jeweils zwei Mittelwerte (k), sieben Masse (Messstrecken), gesamthaft also: $n! / k! \times (n - k)! \times 7 = 21$ Kombinationen.

[26] Wächst die Grösse (Länge) linear, so wachsen Knochenquerschnitte (Fläche) quadratisch, das Gewicht (Volumen) kubisch.

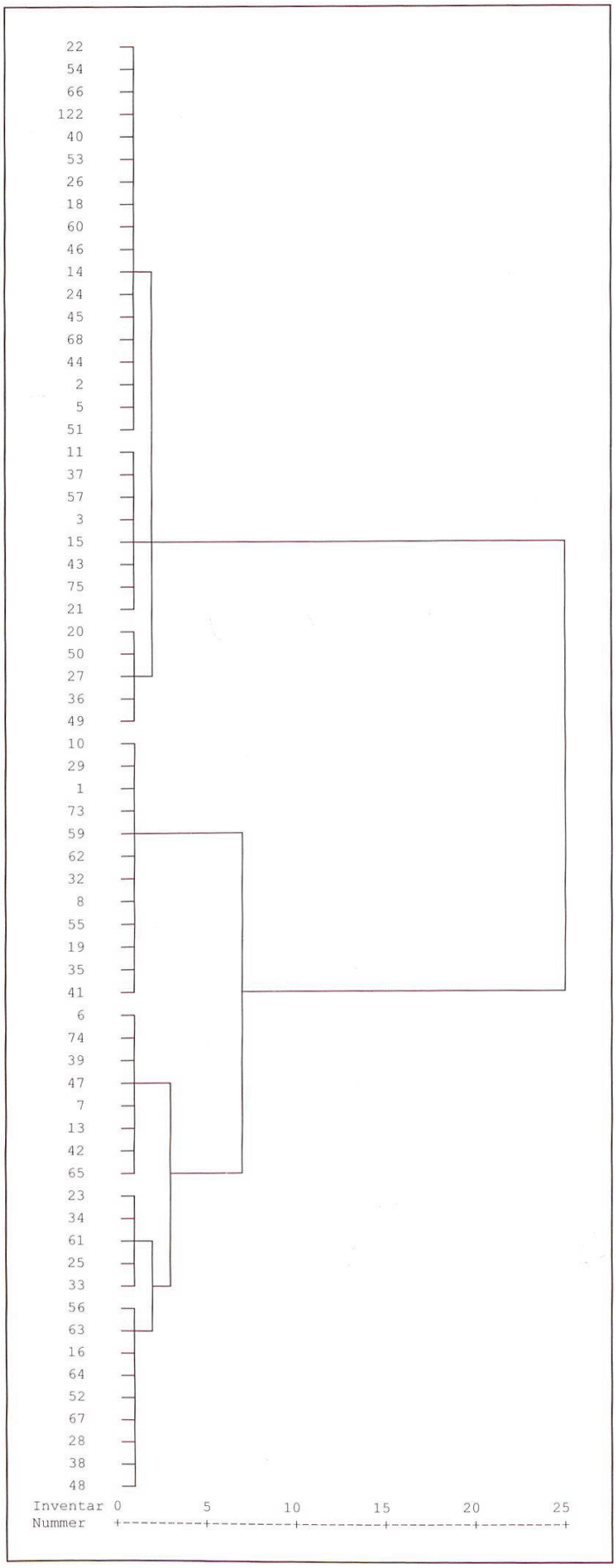

Abbildung 3: Metacarpen: Dendrogramm der Clusteranalyse nach dem Ward-Verfahren. Die willkürlich von 0 bis 25 reichende Skala gibt die skalierten Abstände zwischen den Clustern wieder.

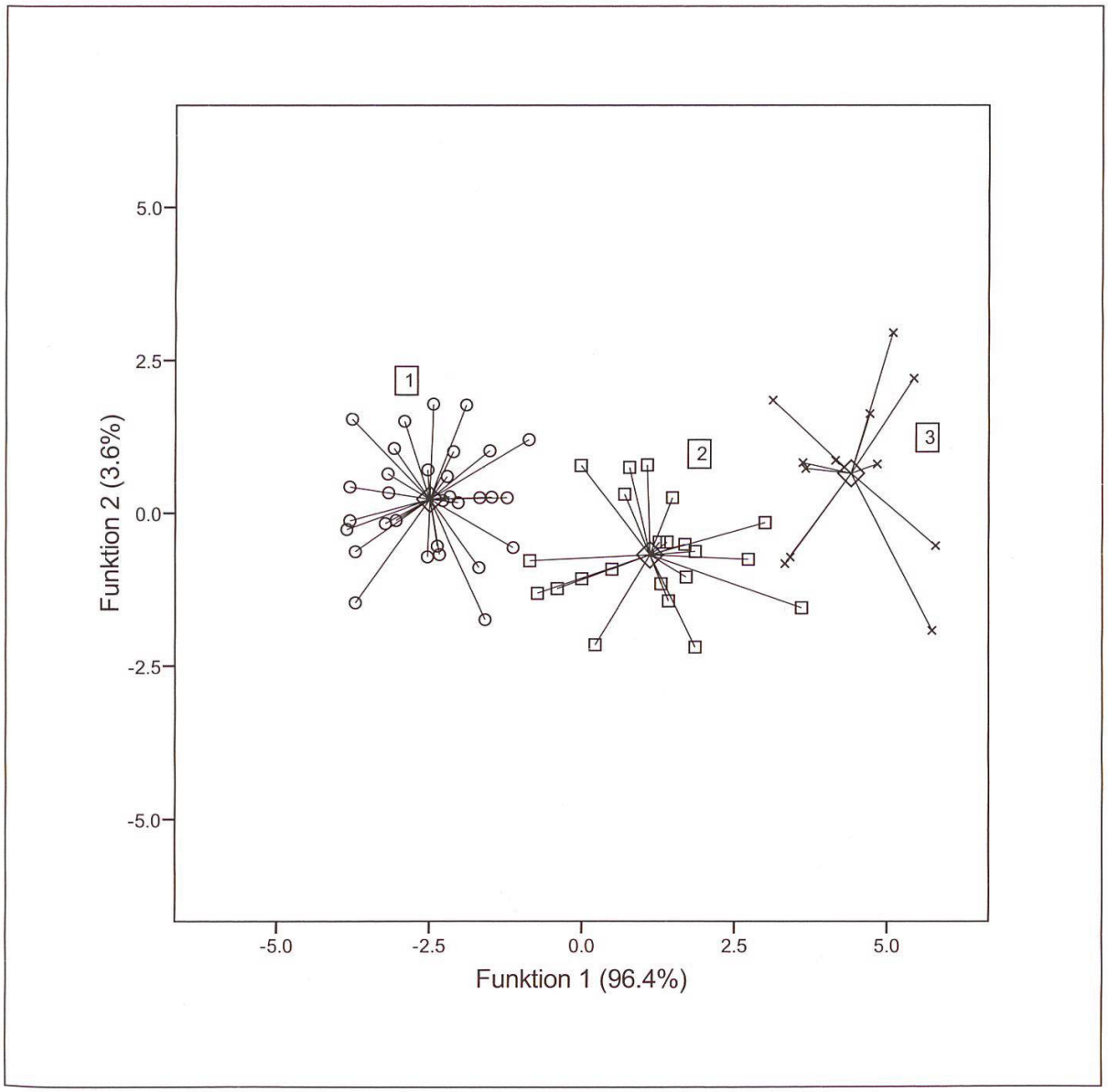

Abbildung 4: Metacarpen: Streudiagramm der beiden kanonischen Diskriminanzfunktionen der drei Cluster mit ihren Zentroiden. Die in Klammern gesetzten Prozente geben die Anteile der Funktionen an der Gesamtvarianz an.

	Funktion	
	1	2
Tp	0,789	0,044
Bd	0,781	–0,272
KD	0,757	0,105
Bp	0,671	0,125
Td	0,588	0,174
TD	0,471	–0,179
GL	0,178	0,483

Abbildung 5: Metacarpen: Strukturmatrix, Korrelationen zwischen Merkmalsvariablen und den beiden Diskriminanzfunktionen.

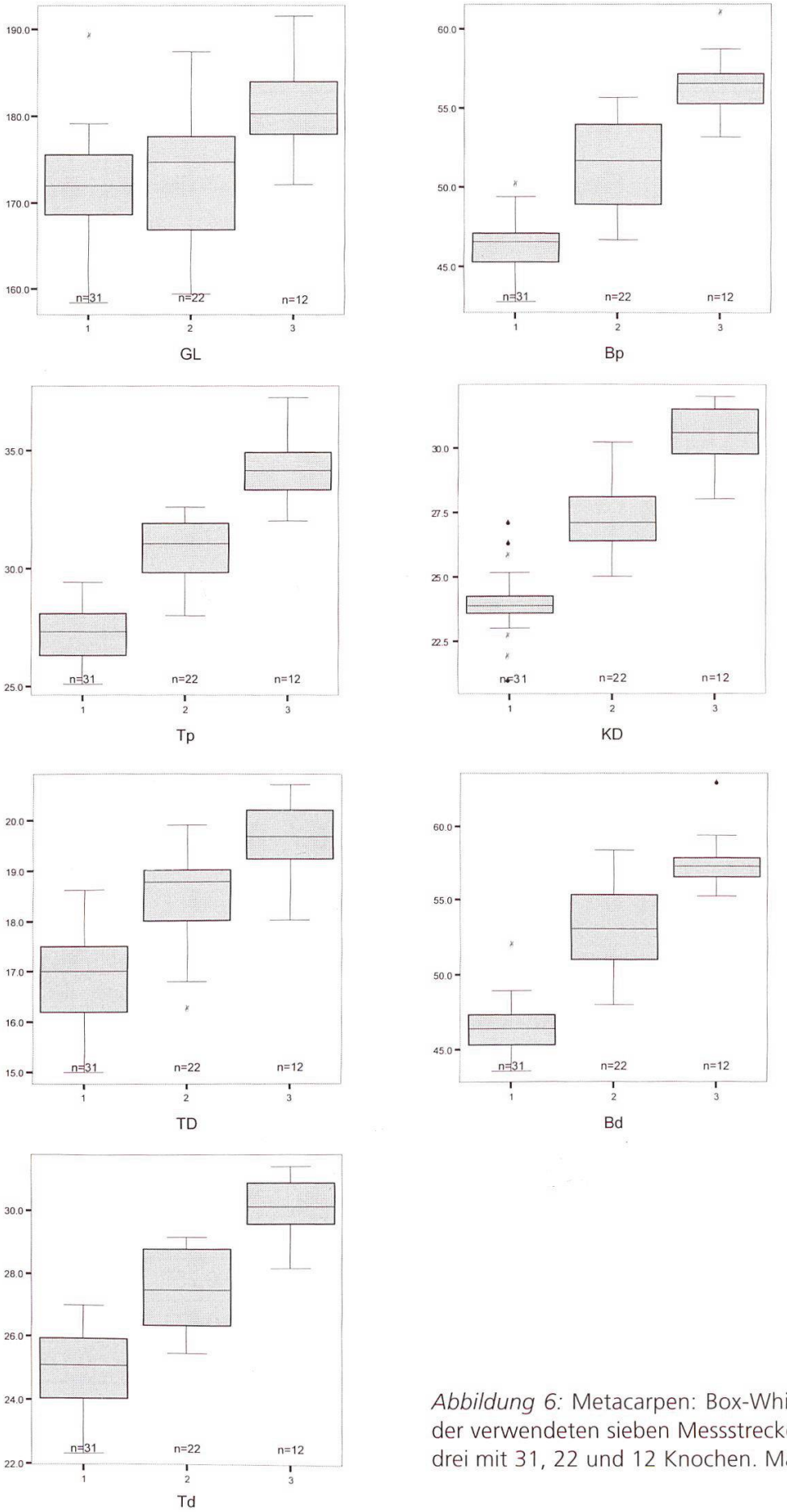

Abbildung 6: Metacarpen: Box-Whisker-Darstellungen der verwendeten sieben Messstrecken. Cluster eins bis drei mit 31, 22 und 12 Knochen. Masse in mm.

Abbildung 7: Drei Metacarpen aus den Clustern eins (links) bis drei (rechts). Die Auswahl der Beispiele erfolgte unter dem Gesichtspunkt der gleichen Körperseite (hier rechts) und ihrer möglichst grossen Nähe zu den Cluster-Zentren.

Tieren. Mit anderen Worten ausgedrückt wäre ein doppelt so grosses Tier zwar acht mal schwerer, hätte aber bei gleichbleibenden Proportionen der Knochen auch eine um den Faktor zwei reduzierte Tragfähigkeit seiner Knochen.

Der Zusammenhang von Knochenquerschnitt bzw. -robustizität und Körpergewicht des Tieres liesse sich demnach auch mathematisch darlegen. Einen Versuch dazu hat Matolcsi (1970) unternommen, indem er über die Metapodiengewichte von Ungarischen Grauen Steppenrindern auf ihre ursprünglichen Körpergewichte geschlossen hat.[27] Vor dem Hintergrund dieser Berechnungen erreichten die Rinder aus der Gerechtigkeitsgasse Körpergewichte von ca. 75–150 kg, was auch im Vergleich zu heutigen kleinwüchsigen Rassen sehr wenig ist. Diese Werte dürften aber eher Minimalwerten entsprechen, schreibt doch Matolcsi selber einschränkend dazu: «...wir [wissen] noch nicht hinreichend, wie der Mineralgehalt der

[27] Matolcsi (1970), 128–133. Die Formel lautet: (Metapodiengewicht [g] / quantitative Wertzahl x Durchschnittslänge der Metapodien / tatsächliche Länge des Metapodiums x k)^2 x 1000. Die quantitative Wertzahl entspricht der Summe der sieben Messstrecken GL, Bp, KD, Bd, Tp, TD und Td. Die Konstante k beträgt beim Metacarpus 1,000 (Kuh) bzw. 1,055 (Stier) und beim Metatarsus 0,865 (Kuh) bzw. 0,965 (Stier).

Knochen sich im Erdboden verändert…»[28] Auch der Feuchtigkeitsverlust der Knochen nach einer jahrhundertelangen Lagerung in einem trockenen Sediment verringert das spezifische Gewicht. Ein von uns durchgeführter Versuch ergab dabei, dass ein aus der Gerechtigkeitsgasse stammender, vollkommen trockener Knochen nach etwa einem Monat Lagerung in einer Umgebung von ca. 90% Luftfeuchtigkeit ungefähr 10% an Gewicht zugenommen hat.[29]

Metatarsus

Gleich bei der ersten Sichtung der 43 Metatarsen fielen drei besonders lange Knochen mit schmaler Diaphyse auf, die wir in dieser Form bei den Metacarpen nicht vorgefunden hatten. Daher war es auch nicht erstaunlich, dass die Clusteranalyse der Metatarsen im Unterschied zu den Metacarpen eine Einordnung in vier Gruppen ergab. Die einzelnen Gruppen enthielten 20 (47%), 11 (26%), 9 (21%) und 3 (7%) Cluster-Mitglieder *(Abb. 8–10)*.

Deutlich ist anhand der Strukturmatrix der Einfluss der Grössten Länge GL und der kleinsten Breite der Diaphyse KD beim zweiten Faktor zu sehen, der zur Clusterbildung der drei erwähnten Metatarsen führte. Da wir bei den Metacarpen keine entsprechenden Knochen fanden, haben wir uns entschlossen, diese drei Metatarsen in die weiteren Betrachtungen vorerst nicht einzubeziehen. Wir möchten uns vielmehr auf die restlichen – neu berechneten – drei Gruppen fokussieren mit der Absicht, die jeweils drei Gruppen der Vorder- und Hinterextremitäten miteinander zu vergleichen. Auch auf die Darstellung der detaillierten Ergebnisse bei der Analyse der vier Cluster verzichten wir aus Gründen der Übersichtlichkeit und der geringen Anzahl der Knochen im vierten Cluster. Als Angaben sollen die einzelnen Messergebnisse der drei Knochen genügen *(Abb. 11)*.

Die Verteilung der restlichen 40 Metatarsen auf die drei verbleibenden Gruppen ergab ein Verhältnis von 21 (53%) zu 10 (25%) zu 9 (23%) Mitgliedern. Eine einzige, aber letztlich irrelevante Verschiebung der Clusterzugehörigkeit eines Knochens führen wir auf methodische Gründe der Neuberechnung zurück (vergleiche dazu die beiden Strukturmatrizen).

Die Diskriminanzanalyse zeigte, dass die Trennung vor allem auf den Breitenmassen Bd, Bp und KD beruhte (Funktion eins) sowie auf der Grössten Länge GL für die zweite Funktion *(Abb. 12 und 13)*. Im Gegensatz zu den Metacarpen sind bei den Metatarsen beide Funktionen hochsignifikant (0,000); der Zuordnungstest ergab eine korrekte Zuordnung bei 97,5% (95,0% bei der *leave-one-out*-Methode) der Fälle. Der kreuzweise Vergleich aller Mittelwerte ergab eine Signifikanz bei 76% der Vergleiche auf dem 1%-Niveau (16 von 21) und 81% auf dem 5%-Niveau (17 von 21) *(Abb. 14)*.

[28] Matolcsi (1970), 132.

[29] Ausgangsgewicht des trockenen Metatarsus: 112,2 g. Nach einem Monat in feuchter Umgebung: 121,2 g. Nach zwei Monaten: 121,6 g. Nach neun Monaten: 121,5 g.

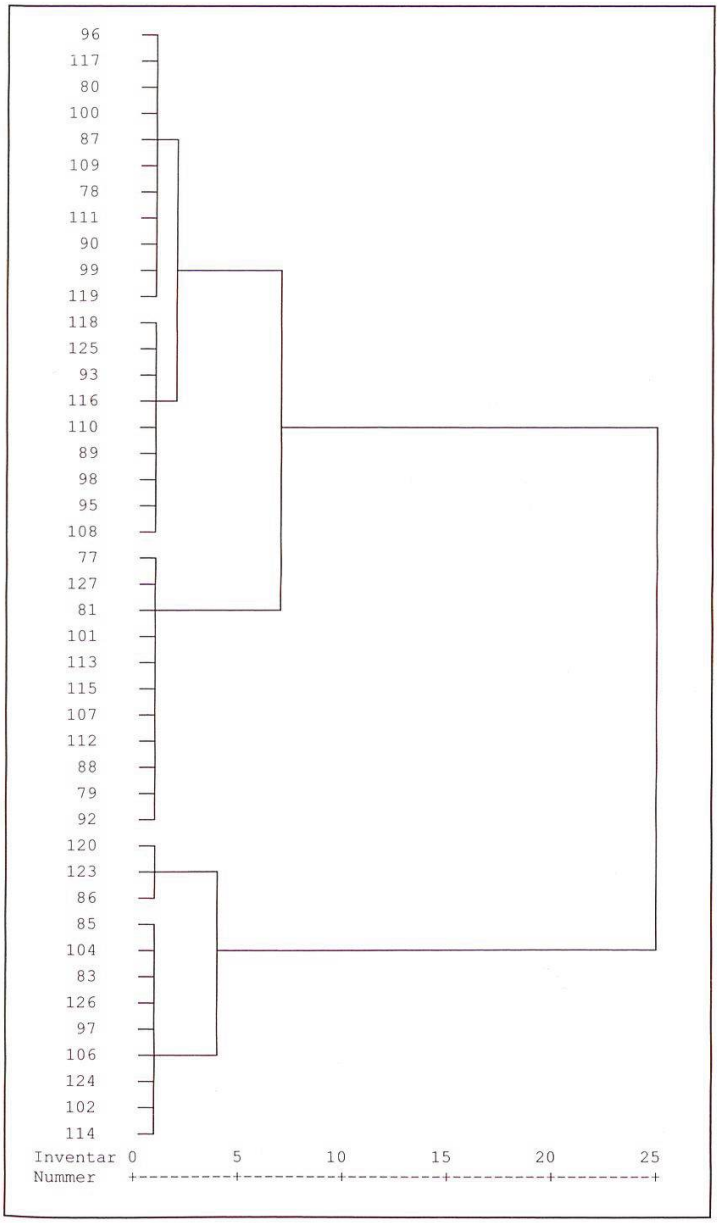

Abbildung 8: Metatarsen: Dendrogramm der Clusteranalyse nach dem Ward-Verfahren. Die willkürlich von 0 bis 25 reichende Skala gibt die skalierten Abstände zwischen den Clustern wieder.

Für eine Beschreibung der Gestalt der Metatarsen haben wir wiederum jeweils solche gewählt, die dem Gruppenmittelpunkt am nächsten liegen. Sie lassen sich in aufsteigender Gruppenzugehörigkeit – im Bild *(Abb. 15)* von links nach rechts – folgendermassen beschreiben: (1) grazil; (2) grazil, länger als 1, robustere Gelenke; (3) eher robust und gleich lang wie 1, deutlich stärkere Gelenke; (4) grazil, deutlich länger als die drei anderen.

Zusammenfassende Betrachtung der Metapodien

Von den 65 Metacarpen stammen 28 von der rechten und 37 von der linken Körperhälfte; bei den Metatarsen stammen 26 von der rechten und 14 von der linken Seite. Auch wenn auf den ersten Blick bei den Metatarsen ein deutliches

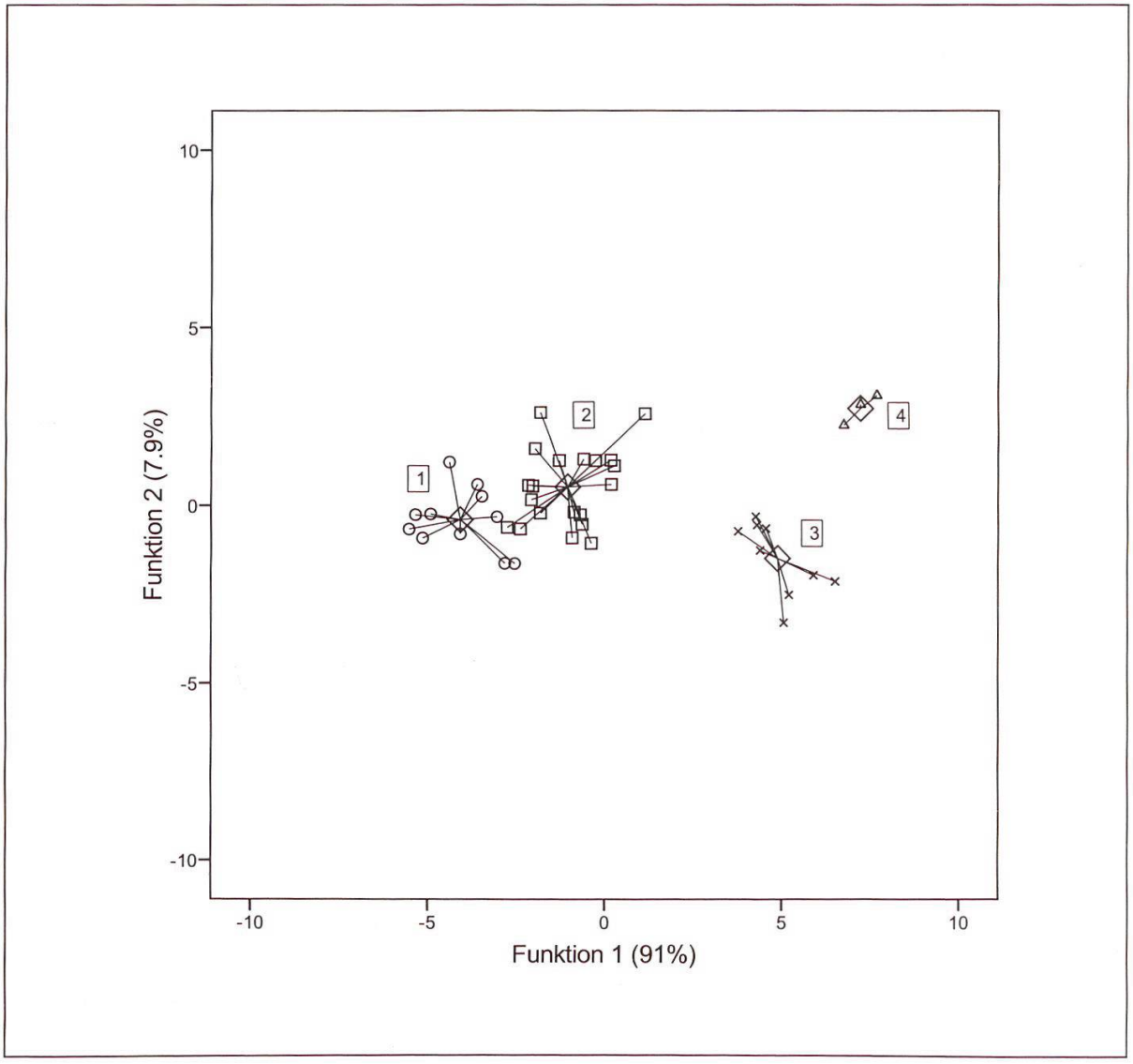

Abbildung 9: Metatarsen: Streudiagramm der beiden ersten kanonischen Diskriminanzfunktionen der vier Cluster mit ihren Zentroiden. Die in Klammern gesetzten Prozente geben die Anteile der Funktionen an der Gesamtvarianz an.

	Funktion	
	1	2
Bd	0,732	–0,116
Bp	0,548	–0,163
Tp	0,432	–0,096
GL	0,208	0,879
KD	0,540	–0,542
Td	0,299	0,002
TD	0,499	0,052

Abbildung 10: Metatarsen: Strukturmatrix, Korrelationen zwischen Merkmalsvariablen und den beiden ersten Diskriminanzfunktionen.

Inv.-Nr.	GL	Bp	Tp	KD	TD	Bd	Td
86	213,0	44,5	39,8	22,8	22,8	52,8	26,0
120	216,2	44,4	42,0	23,0	21,8	53,7	28,0
123	218,8	46,2	41,4	24,0	21,9	50,0	28,7

Abbildung 11: Masstabelle der Metatarsen im Cluster vier (Masse in mm).

Missverhältnis zwischen rechter und linker Körperseite zu bestehen scheint, so ist dieses statistisch jedoch nicht nachweisbar bzw. nicht signifikant (p = 0,081). Bei den Metacarpen liegt p mit einem Wert von 0,32 erwartungsgemäss viel höher. Fassen wir alle Metapodien zusammen, ergibt sich ein Verhältnis von 54 rechten zu 51 linken Knochen, was für eine homogene Verteilung sprechen würde. Die Anzahl der Metacarpen (65) und der Metatarsen (40) weicht hingegen statistisch (p = 0,02) von einem erwarteten Eins-zu-eins-Verhältnis ab. Als Erklärung hierfür nehmen wir an, dass die grössere Robustizität der Metacarpen zu einer grösseren Erhaltungswahrscheinlichkeit führt und sie damit im Material tendenziell übervertreten sind.[30]

Bei der Prüfung der Clusterzugehörigkeit gingen wir analog vor, d.h., wir prüften anhand eines Chi-Quadrat-Tests die Homogenität der Verteilung in den drei Clustern. Hier sind keine signifikanten Unterschiede zwischen Vorder- und Hinterextremität feststellbar. Die beobachteten prozentualen Verteilungen in den einzelnen Gruppen weichen bei Metacarpen und Metatarsen nicht signifikant voneinander ab und verhalten sich wie 50% (49,5%) im ersten Cluster zu 30% (30,5%) im zweiten und zu 20% (20,0%) im dritten Cluster.

Widerristhöhen

Insgesamt liegen die 125 berechneten Widerristhöhen der Hausrinder aus der Gerechtigkeitsgasse in einem Spektrum von 98 cm bis 120 cm, mit einem Mittelwert von 108 cm und einer Standardabweichung von 4,6. Damit erreichen die Widerristhöhen kaum die Grössen von rezenten kleinwüchsigen Rassen wie z.B. dem Schottischen Hochlandrind[31] oder dem Hinterwälder Rind.[32]

Metacarpen und Metatarsen zeigen keine signifikanten Unterschiede in ihren Mittelwerten (107,6 cm resp. 108,9 cm) und Standardabweichungen (4,8 resp.

[30] Diese Vermutung wird duch die Tatsache gestützt, dass auch unter ca. 25 000 mittelalterlichen und neuzeitlichen Tierknochen aus verschiedenen Fundstellen in der Stadt und im Kanton Bern vom Rind deutlich mehr vollständige Metacarpen als Metatarsen (22 MC, 7 MT) geborgen worden sind. Rehazek (2007).

[31] Kuh: 110 cm – 120 cm, Bulle: 125 cm – 135 cm.

[32] Kuh: 115 cm – 125 cm, Bulle: max. 145 cm.

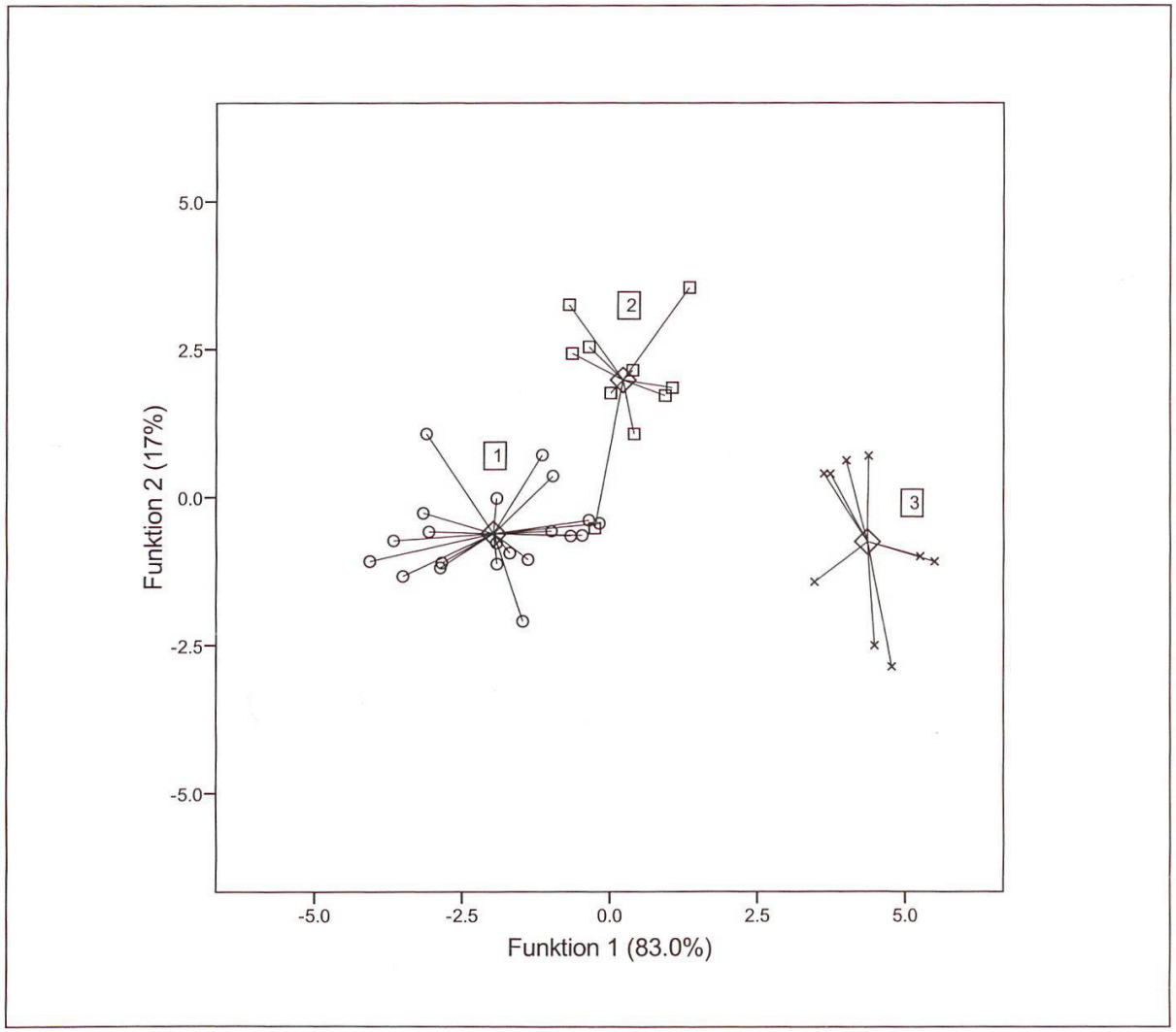

Abbildung 12: Metatarsen: Streudiagramm der beiden ersten kanonischen Diskriminanzfunktionen der drei Cluster mit ihren Zentroiden. Die in Klammern gesetzten Prozente geben die Anteile der Funktionen an der Gesamtvarianz an.

	Funktion	
	1	2
Bd	0,847	–0,101
Bp	0,665	–0,068
KD	0,654	–0,445
Tp	0,509	–0,081
TD	0,487	0,000
Td	0,396	0,217
GL	0,121	0,743

Abbildung 13: Metatarsen: Strukturmatrix, Korrelationen zwischen Merkmalsvariablen und den beiden Diskriminanzfunktionen.

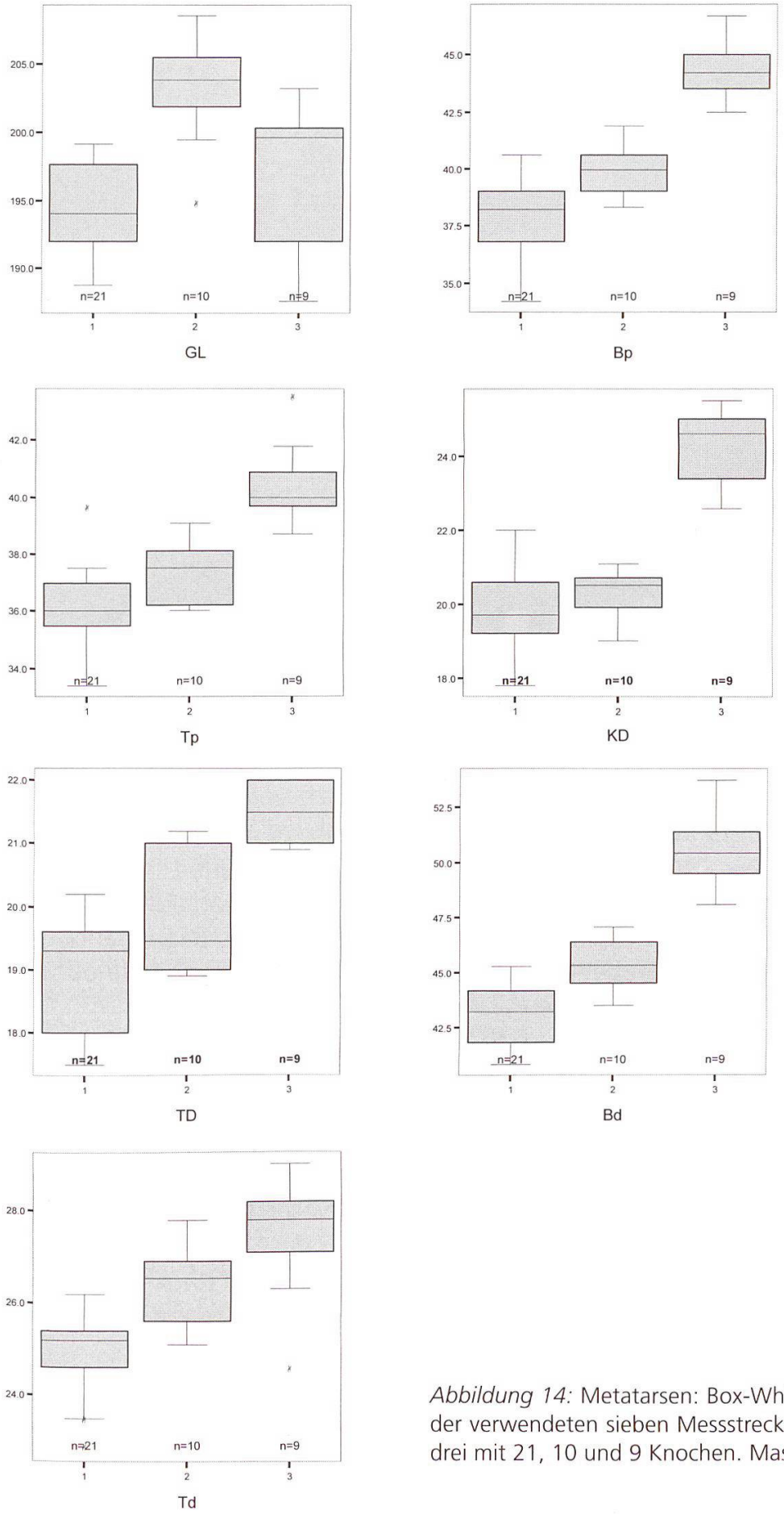

Abbildung 14: Metatarsen: Box-Whisker-Darstellungen der verwendeten sieben Messstrecken. Cluster eins bis drei mit 21, 10 und 9 Knochen. Masse in mm.

Abbildung 15: Vier Metatarsen aus den Clustern eins (links) bis vier (rechts). Die Auswahl der Beispiele erfolgte unter dem Gesichtspunkt der gleichen Körperseite (hier links) und ihrer möglichst grossen Nähe zu den Clusterzentren.

4,1). Wir werten dies als ein Hinweis darauf, dass die Vorder- und Hinterextremitätenknochen von jeweils denselben Tieren stammen. Wie schon aufgrund einer univariaten Analyse der Messstrecke GL zu erwarten war, zeigen auch die 125 Widerristhöhen kein klares Verteilmuster, welches mit der oben beschriebenen Clusterbildung in Einklang zu bringen wäre.

Im Grössenvergleich mit den Rindern aus zwei zeitgleichen (13./14. Jahrhundert) Fundstellen der Stadt Bern[33] (n = 8, min. 95 cm, max. 140 cm, MW 117 cm) sind die Tiere aus der Gerechtigkeitsgasse im Schnitt insgesamt deutlich kleiner (Rehazek 2007). Dieser Befund kommt dadurch zustande, dass in einer der beiden Vergleichsfundstellen (Mattenenge) Metapodien von sehr grossen, wahrscheinlich männlichen Tieren vorhanden waren. Die Häufung dieser sehr grossen Rindermetapodien in der Mattenenge wurde damit erklärt, dass die in unmittelbarer Nähe wohnenden Beinschnitzer (Paternosterer, Knopfmacher) Knochen von besonders grossen Tieren als Rohstoffe bevorzugten, da sie sich wegen ihrer dicken Kompakta besser für die Verarbeitung eigneten.

[33] Es handelt sich um die beiden benachbarten Fundstellen Mattenenge (13. Jahrhundert) und Burg Nydegg Sodbrunnen (14. Jahrhundert).

Diskussion

Zunächst möchten wir noch einmal auf die oben beschriebene Clusterbildung eingehen und dabei versuchen, Beziehungen zwischen den einzelnen Clustern der Metacarpen und Metatarsen herauszuarbeiten. Eine mögliche und plausible Erklärung für den Zusammenhang der Cluster eins, zwei und drei jeweils der Vorder- und Hinterextremität wäre, dass sie aus identischen Grundgesamtheiten in Bezug auf das Geschlecht oder die Rasse stammen. Gehen wir dazu etwas ins Detail:

Bei den drei Clustern verhalten sich alle Messstrecken bei Metacarpen und Metatarsen mit einer Ausnahme in der Tendenz ähnlich, insofern als diejenigen der ersten Gruppe kleiner als diejenigen der zweiten sind, welche wiederum kleiner als diejenigen der dritten sind (Abb. 6 und 14). Die einzige Ausnahme besteht bei der Grössten Länge GL bei den Metatarsen. Hier überragt der mittlere Cluster die beiden anderen deutlich.

Auch bei der Breite der Diaphyse KD scheint der Cluster zwei bei den Metatarsen, wenn wir von den Proportionen der Cluster eins und drei ausgehen, eher zu klein zu sein. Statistisch gesehen beruhen diese Unterschiede allerdings auf Zufall. Die Frage, inwieweit damit der ursächliche Zusammenhang der drei Gruppen von Vorder- und Hinterextremität geklärt ist, bleibt trotzdem bestehen. Wir dürfen deshalb nicht vergessen, dass dieser Analyse zwar über 100 Einzelknochen zugrunde liegen, die erwähnten drei Gruppen aber bisweilen nur gerade von neun oder zehn Knochen gebildet werden. Der Cluster vier, welcher nur bei den Metatarsen auftaucht, besteht sogar nur aus drei Knochen. [34]

Festzuhalten gilt es bei den Metatarsen jedoch, dass wir es mit mindestens vier deutlich abtrennbaren Clustern zu tun haben, was nun unweigerlich die Frage nach dem jeweils zugrunde liegenden Geschlecht aufwirft. Bei zwei bzw. drei Gruppen ist diese Frage scheinbar leicht zu lösen, da man unwillkürlich und in Anlehnung an die entsprechende Literatur davon ausgeht, dass es sich bei ihnen um Kühe, Stiere und Ochsen handelt. Dabei ist allerdings nicht zu unterschlagen, dass die meisten Autoren bei den Kastraten fast immer ein Fragezeichen setzen.

Bei vier Gruppen wird die Interpretation jedoch schwieriger. Das unerwartete Ergebnis führt uns hier vor Augen, dass beim vorliegenden Material ausser dem Geschlecht zumindest ein weiterer Faktor massgeblich die Clusterbildung beeinflusst haben muss. Unserer Meinung nach kann das nur bedeuten, dass es phänotypisch unterschiedliche Rinder gab.

Benecke (1994, 218) weist in seiner Monographie der Haustierentwicklung in Europa auf das Vorhandensein von in Grösse und Wuchsform verschiedenen regionalen Landrassen bereits im Früh- und Hochmittelalter hin. Deutliche Verän-

[34] Nicht vergessen sollte man überdies, dass streng genommen nur 37 Tiere dieser Untersuchung zugrunde liegen könnten (aufgrund der Berechnung der Mindestindividuenzahl anhand der rechten Metacarpen), auch wenn wir dies als wenig wahrscheinlich ansehen.

derungen im Phänotyp lassen sich hingegen erst am Ende des Spätmittelalters bzw. während der Frühneuzeit nachweisen. In dieser Zeit setzt in vielen Regionen eine allgemeine Grössenzunahme der Rinder ein, die schliesslich in den darauf folgenden Jahrhunderten in die Rassenbildung der Neuzeit überleitet. Bezogen auf die Stadt und den Kanton Bern ist diese deutliche Grössenzunahme der Rinder erst ab dem 19. Jahrhundert anhand archäozoologischer Daten fassbar[35]. Dies spricht jedoch nicht gegen die Annahme, dass im städtischen Bern mit seinem geographisch weiträumigen Einzugsgebiet (Berner Oberland und Mittelland) bereits im 13./14. Jahrhundert verschiedene Landrassen auf den Markt kamen.[36] Die bereits erwähnten Funde grosser Rinder in der Mattenenge und im Sodbrunnen Nydegg scheinen dies jedenfalls zu bestätigen, auch wenn Rinder dieser Grösse im vorliegenden Material der Gerechtigkeitsgasse nicht nachzuweisen sind.

Wenden wir uns nun aber wieder den vier klar voneinander abgrenzbaren Clustern von Metapodien bzw. Rindern zu. Wie sind sie im Einzelnen zu interpretieren?

Die Metacarpen und Metatarsen des Clusters eins sind im vorliegenden Fall dabei wohl am einfachsten anzusprechen. Der Umstand, dass sie im Vergleich mit den anderen Metapodien deutlich kleiner und vor allem graziler sind, lässt eigentlich nur den logischen Schluss zu, dass es sich bei ihnen um Knochen von weiblichen Tieren, d.h. Kühen, handeln muss.

Bei den anderen drei Gruppen stellt sich nun die Frage, ob und in welchem Fall die Proportionsunterschiede auf geschlechtsspezifische Ursachen, auf das Vorhandensein von verschiedenen «Rassen» oder sonstige Faktoren zurückzuführen sind. Gerade die Deutung der Cluster zwei bis vier als Ausdruck von verschiedenen «Rassen», also genotypisch unterscheidbaren Tieren, ist unseres Erachtens mit Problemen behaftet, da Haustiere bekanntlich recht flexibel auf unterschiedliche Futterversorgung reagieren (Mastfütterung vs. Mager- bzw. Hungerfütterung). So könnten die Unterschiede in der Konstitution (Körperform) und Proportionierung (Wuchsform) durchaus auch auf lokal unterschiedliche Haltungs- bzw. Fütterungsbedingungen schliessen lassen. Unterschiede im Genotyp sind dabei allerdings nicht ausgeschlossen und entstanden nach kurzer Zeit wohl auch zwangsläufig, sind aber vorerst anhand unseres Materials und unserer Methode nicht nachweisbar.

Im Falle des Clusters vier wäre mit dem jetzigen Kenntnisstand am ehesten eine Interpretation in Richtung Stiere oder Kastraten, d.h. Ochsen, angebracht. Auch

[35] Rehazek (2007). Die Körperproportionen der Rinder, veranschaulicht durch eine Zunahme bzw. Abnahme der Grössenindizes LSI, bleiben vom 12. bis zum 18. Jahrhundert in etwa konstant, bevor sie dann ab dem 19. Jahrhundert – also erst relativ spät im europäischen Massstab gesehen – markant ansteigen. Bei den Schweinen setzt die Grössenzunahme allerdings bereits im 18. Jahrhundert ein.

[36] So schreibt O'Connor (2003), 172 wohl zu Recht: «A large town is likely to have drawn livestock from a large area, encompassing livestock populations between which there was little exchange of genes, and perhaps living in quite different grazing environments.»

das Vorhandensein von nur zwei «männlich» bestimmten Beckenknochen gegenüber elf «weiblichen» Becken spräche für diese Interpretation. Da es sich bei den drei Metatarsen um ungewöhnlich lange Knochen handelt, könnte man annehmen, dass sie von Tieren stammen, die aufgrund rein geschlechtstypischer Merkmale grösser als ihre Artgenossen waren. Im Falle von Ochsen müsste man dann auch von einem relativ frühen Zeitpunkt der Kastration ausgehen, denn erst dadurch war ein prolongiertes Grössenwachstum auch nach dem eigentlichen Abschluss der Wachstumsperiode (mit ca. vier bis sechs Jahren) gewährleistet.

Letztlich ist es anhand der hier vorgestellten Untersuchungsergebnisse – mit einer Ausnahme – nicht möglich, eine genauere Zuordnung von Geschlechtern oder Rassen zu machen. Damit werden die Grenzen der klassischen Osteometrie bei Populationen mit geringen Sexual- oder Wuchsformunterschieden aufgezeigt.

Für weitere Abklärungen erachten wir es deshalb als unerlässlich, DNA-Analysen durchzuführen.

Bibliographie

Umberto Albarella (1997): Shape variation of cattle metapodials: age, sex or breed? Some examples from mediaeval and postmediaeval sites. Anthropozoologica, 25/26, 1997, 37–47.

Armand Baeriswyl/Christiane Kissling (2006): Bern BE, Kram- und Gerechtigkeitsgasse. Jahrbuch Archäologie Schweiz 89, 2006, 270f.

László Bartosiewicz (1985): Interrelationsships in the Formation of Cattle Long Bones. Zool. Anzeiger Jena 3/4, 1985, 253–262.

László Bartosiewicz (1987): Cattle metapodials revisited: a brief review. Archaeozoologia I/1, 1987, 47–51.

Norbert Benecke (1994): Archäozoologische Studien zur Entwicklung der Haustierhaltung in Mitteleuropa und Südskandinavien von den Anfängen bis zum ausgehenden Mittelalter. Schriften zur Ur- und Frühgeschichte 46, 1994. Berlin.

Guido Breuer/André Rehazek/Barbara Stopp (1999): Grössenveränderungen des Hausrindes. Osteometrische Untersuchungen grosser Fundserien aus der Nordschweiz von der Spätlatènezeit bis ins Frühmittelalter am Beispiel von Basel, Augst (Augusta Raurica) und Schleitheim-Brüel. Jahresberichte aus Augst und Kaiseraugst 20, 1999, 207–228.

Évelyne Cossette/Marie-Pierre Horard-Herbin (2003): A Contribution to the Morphometrical Study of Cattle in Colonial North America. Journal of Arch. Science 30, 2003, 263–274.

Jonni Fock (1966): Metrische Untersuchungen an Metapodien einiger europäischer Rinderrassen. Dissertation München, 1966.

Caroline Grigson (1982): Sex and age determination of some bones and teeth of domestic cattle: a review of the literature. In: Bob Wilson, Caroline Grigson, Sebastian Payne, Aging and Sexing Animal Bones from Archaeological Sites. BAR British Series 109, 1982, 7–23.

H.R. Guilbert/P.W. Gregory (1952): Some features of growth and development in Hereford cattle. J. Anim. Sci. 11, 1952, 3–16.

Karl Heinz Habermehl (1961): Altersbestimmung bei Haustieren, Pelztieren und beim jagdbaren Wild, 1961. Berlin und Hamburg.

János Matolcsi (1970): Historische Erforschung der Körpergrösse des Rindes aufgrund von ungarischem Knochenmaterial. Zeitschrift für Tierzüchtg. u. Züchtungsbiol., 87, 1970, 89–137.

Terry O'Connor (2003): The analysis of urban animal bone assemblages. Archaeology of York, 19/2, 2003. York.

André Rehazek (2007): Die archäozoologische Analyse von mittelalterlichen und neuzeitlichen Tierknochen aus der Stadt und dem Kanton Bern. Ein Beitrag zur Wirtschafts- und Alltagsgeschichte vom 6./8. bis ins 19./20. Jahrhundert. Dissertation Basel, 2007.

Robin N.W. Thomas (1988): A statistical evaluation of criteria used in sexing cattle metapodials. Archaeozoologia, II, 1.2, 1988, 83–92.

Hans-Peter Uerpmann (1977): Animal bone finds and economic archaeology: A critical study of ‹osteoarchaeological› method. World Archaeology 4, 1977, 307–322.

Louise H. van Wijngaarden-Bakker/P.L. Bergström (1988): Estimation of the shoulder height of cattle. Archaeozoologia, II, 1.2, 1988, 67–82.

Angela von den Driesch (1976): Das Vermessen von Tierknochen aus vor- und frühgeschichtlichen Siedlungen, 1976. München.

Angela von den Driesch/Joachim Boessneck (1974): Kritische Anmerkungen zur Widerristhöhenberechnung aus Längenmassen vor- und frühgeschichtlicher Tierknochen. In: Säugetierkundliche Mitteilungen 22, 1974, 325–348.

Joe H. Ward (1963): Hierarchical grouping to optimize an objective function. Journal of American Statistical Association 58 (301), 1963, 236–244.