

Frank Siegmund

Körpergewicht und BMI bezeugen einen hohen Lebensstandard im europäischen Mittelalter

Zusammenfassung:

Die in der Evolutionsbiologie entwickelten Formeln zur Schätzung des Körpergewichts anhand des Femurkopfes (Ruff u. a. 1991; McHenry 1992; Grine u. a. 1995; Auerbach/Ruff 2004) werden im folgenden Beitrag systematisch auf mittelalterliche Skelettserien aus Mitteleuropa angewendet. Für 33 Serien des 4.–15. Jahrhunderts mit insgesamt 1349 geschlechts- und altersbestimmten Individuen (718 Männer, 631 Frauen) werden das Körpergewicht, die Körperhöhe und der Body Mass Index (BMI) geschätzt. Eine Diskussion der Schätzformeln lässt die Spanne möglicher Fehler erkennen sowie jene Lösung, die der historischen Wirklichkeit am nächsten kommt. Danach lag im Mittelalter das mittlere Körpergewicht der Männer bei 71 kg, der Frauen bei 59 kg, der mittlere BMI bei 25,5 bzw. 24,5. Diese Ergebnisse lassen auf einen guten Lebensstandard im Untersuchungszeitraum schließen. Die Schätzergebnisse werden differenziert nach Alterskohorten, sozialen Statusgruppen und einzelnen Zeitabschnitten innerhalb des Mittelalters. Vom Früh- zum Spätmittelalter wuchs der BMI im Mittel um 1,0 (♂) bzw. 1,1 (♀) kg/m², da die Menschen zugleich im Mittel um 3,2 (♂) bzw. 2,9 (♀) cm kleiner wurden. Der Vergleich von Körperhöhe, Gewicht und BMI zeigt an, dass im frühen Mittelalter Kinder und Jugendliche einen höheren Lebensstandard hatten als im 8.–15. Jh. Der sehr unterschiedliche Reichtum der Grabbeigaben in der Merowingerzeit hängt bei den im erwachsenen Alter Verstorbenen nicht mit einem unterschiedlichen Lebensstandard zusammen.

Schlüsselwörter: Körpergewicht; BMI; Sozialgeschichte; Wirtschaftsgeschichte; Mittelalter

Body Mass and Body Mass Index Indicate a High Standard of Living in Medieval Europe

Abstract:

Body mass (BM) and body mass index (BMI) are often used as proxies for biological standard of living, and in medicine to identify weight related health risks. In archaeology, BM estimation was applied to early hominines (Ruff u. a. 1991; McHenry 1992; Grine u. a. 1995; Auerbach/Ruff 2004), but only exceptionally to individuals from agricultural populations (Ruff u. a. 2006). The present study applies four BM estimation formula based on femoral head to a systematic collection of medieval populations (4th–15th c. AD) from Central Europe (33 series, 1349 individuals with known sex and age, i.e. 718 males, 631 females). The comparison of the estimations indicates the span of possible errors and

shows the most plausible solution, given by the combination of BM estimation after Auerbach/Ruff (2004) and stature estimation after Pearson (1899). The mean body mass of males in medieval times was 71 kg, of females 59 kg, mean BMI was 25.5 resp. 24.5, which indicates a good standard of living. The results are differentiated among age groups, social groups and periods within medieval age. The mean BMI increased significantly from early to late medieval times by 1.0 (♂) resp. 1.1 (♀), which was caused by a reduction of mean stature of 3.2 cm (♂) resp. 2.9 cm (♀). Comparison of BM, stature and BMI demonstrates a higher standard of living for subadults in Early Medieval time compared to 8th to 15th century. Different social groups within adults, as indicated by the early medieval grave goods, show no significant differences in BMI.

Keywords: Body Mass; Body Mass Index; Social History; Economic History; Medieval Europe

Einleitung

Körpergewicht und *Body Mass Index* (BMI) sind alltägliche Begriffe der Gegenwart. Ihre Bedeutung in den westlichen Zivilisationen seit der Mitte des 20. Jahrhunderts geht auf die Wahrnehmung eines zu hohen oder zu niedrigen Körpergewichts als Gesundheitsproblem zurück (z.B. Eknoyan 2006). Bewegungsmangel und reichliche Ernährung verursachen Übergewicht, was das Risiko zu verschiedenen Krankheiten erhöht (u.a. Diabetes, Herz-Kreislauf-Störungen). Am anderen Ende der Skala führt ein an Schlankheit orientiertes Ideal von Schönheit zunehmend zu bewusstem Nahrungszwischenverzicht, der im Extremfall in eine Mangelernährung münden kann, die ebenfalls als gesundheitlich bedenklich gilt. Jenseits der westlichen Zivilisationen ist weiterhin die aus der Not geborene Unterernährung ein virulentes Problem. Um das Phänomen Körpergewicht vergleichend beschreiben zu können, wird ein Index aus Körpergewicht und Körperhöhe gebildet, damit für unterschiedlich große Menschen eine übergreifend vergleichbare Maßzahl entsteht. Das Körpergewicht in Kilogramm, dividiert durch die quadrierte Körperhöhe in Metern, bildet jenen Wert, der im 19. Jahrhundert als Quételet-Index in die Literatur eingeführt wurde (Quételet 1832; 1871; Eknoyan 2008). Der heute übliche Begriff *body mass index* (BMI) für diese Maßzahl kam erst in den 1970er Jahren auf (erste Nennung: Keys u. a. 1972).

In der Wirtschafts- und Sozialgeschichte gilt der BMI als ein Indikator für den Lebensstandard von Bevölkerungen oder Bevölkerungsgruppen.¹ Der BMI erlaubt Einblicke in die Sozialgeschichte. Er zeigt z.B. die sich verändernde Körperwahrnehmung in Europa auf, nach der noch im 19. Jahrhundert ein erhöhtes Körpergewicht als Zeichen von Wohlstand galt, während heute viele Menschen einen niedrigen BMI anstreben (z.B. Gordon-Larsen u. a. 1997; Eknoyan 2006). Der BMI wird als Indikator schichtspezifischen (Bielicki u. a. 2001; Baranowski u. a. 2003; Komlos/Lauderdale 2004) und kulturgruppenspezifischen Verhaltens genutzt (z.B. Katzmarzyk/Malina 1999; Komlos/Lauderdale 2004; Franzen/Smith 2009). Für das Erwachsenenleben ist eine Altersabhängigkeit des BMI nachgewiesen; tendenziell nimmt der BMI am Anfang des

1 Komlos/Lauderdale 2004; Komlos u. a. 2008; Kjøllesdal u. a. 2010; Staub u. a. 2010.

Erwachsenenlebens (20–40 Jahre) stärker, später (40–60 Jahre) geringer zu und stagniert im Alter (>60 Jahre) (z. B. Welton u. a. 2002; Komlos/Lauderdale 2004; Danubio u. a. 2005). Angesichts der starken Präsenz des Begriffes BMI im Alltag und der Fülle an modernen Beobachtungen (siehe z. B. in Gänze die Zeitschrift ›Economics & Human Biology‹) erscheint es wünschenswert, den BMI auch für ältere Epochen beobachten zu können, um ihn auch dort als Indikator für die Sozial- und Wirtschaftsgeschichte zu nutzen.

Eine kritische Diskussion des BMI findet in der Medizin statt, wo er vor allem für die Quantifizierung von Übergewicht und Fettleibigkeit benutzt wird.² Ein wesentlicher Einwand ist, dass auch viel Muskelmasse zu einem hohen BMI führen kann (z. B. Ruff 2000), d. h. neben der Ernährung auch die Lebensweise und körperlichen Belastungen einen Einfluss haben. In der Medizin häufiger vorgeschlagene Alternativen zum BMI sind das Taille-Hüft-Verhältnis (*waist : hip ratio, waist-to-hip ratio, WHR*; i. e. Umfang der Taille – auf Höhe Bauchnabel gemessen – dividiert durch den maximalen Umfang der Hüfte), das Taille-zu-Höhe-Verhältnis (*waist : height ratio, waist-to-height ratio, WHtR*; i. e. Taillenumfang dividiert durch Körperhöhe), oder auch der Bauchumfang (*waist circumference, WC*). Diese Alternativen sind für spezifische Gesundheitsrisiken bessere Indikatoren.³ Viele Studien halten jedoch am BMI als wertvollen Risikoanzeiger fest,⁴ so dass dieser trotz der Einwände bislang nicht umfassend durch einen anderen Indikator ersetzt worden ist.

Die World Health Organization (WHO) hat eine Tabelle zur Klassifikation der BMI-Werte für Erwachsene ab 21 Jahren entwickelt,⁵ an der sich die übliche Terminologie der Begriffe untergewichtig (<18,5), normalgewichtig (18,5–24,99), übergewichtig (25,0–29,99) und fettleibig (≥30) orientiert. Auch wenn diese Grenzwerte immer wieder hinsichtlich ihrer Allgemeingültigkeit bezweifelt werden (z. B. Henderson 2005), gehen sie dennoch in den weltweit verwendeten Standard zur Diagnose und Klassifikation von diesbezüglichen Krankheiten ein (z. B. ICD10: E40-46, E65-68). Für die hier verfolgte Fragestellung, die nicht auf Risikoprognosen für spezifische Krankheiten abzielt, sondern auf die Beobachtung des allgemeinen Lebensstandards, kann der BMI als Maß verwendet werden. Zu bedenken ist dabei auch, dass es für das archäologische Knochenmaterial derzeit keine Alternative gibt, denn Konzepte zur Schätzung des Bauch- oder Taillenumfangs anhand von Skelettelementen fehlen.

Da sich der Knochenbau eines Menschen an verschiedene Belastungen anpasst, u. a. an geringeres oder höheres Körpergewicht, hat die Anthropologie Möglichkeiten entwickelt, das Körpergewicht auch anhand von Skelettelementen zu schätzen. Als besonders effizient gilt die Beckenbreite (*bi-iliac width*), anhand derer das Körpergewicht zuverlässig abschätzbar ist (Auerbach/Ruff 2004). Da die Beckenbreite auch an Lebenden gemessen werden kann (z. B. Ruff u. a. 2005), sind ohne allzu hohen Aufwand umfangreiche Referenzmessungen zur Erstellung von Schätzformeln möglich. Die mittleren Schätzfehler sind gering, bei relativ stark von den Referenzpopulationen abweichenden

2 DPCG 2005; Franzosi 2006; Nevill u. a. 2006; Ulijaszek/Lofink 2006; Burkhauser/Cawley 2008; Meeuwssen u. a. 2010; Schneider u. a. 2010.

3 Siehe Foucan u. a. 2002; Lee u. a. 2008; Haun u. a. 2009; Pataky u. a. 2009.

4 z. B. Oshaug u. a. 1995; Gill u. a. 2003; Arslan et al. 2010; Kjøllesdal u. a. 2010.

5 WHO 1995, 2000; http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html (besucht am 15.6.2011).

Gruppen ergaben sich mittlere Fehler des geschätzten BMI von meist bis 3,5% (Ruff u. a. 2005, Tab. 2). Da die Beckenbreite jedoch außer an Lebenden nur an gut und vollständig erhaltenen Beckenknochen ermittelt werden kann, ist sie zur Ermittlung des Körpergewichts anhand des archäologischen Materials nur bedingt geeignet.

Wegen seiner guten und häufigen Überlieferung ist der Durchmesser des Femurkopfes von Interesse, der ähnlich genaue Schätzungen wie die Beckenbreite zulässt (Auerbach/Ruff 2004). Auch andere Knochenmaße eignen sich gut für die Schätzung des Körpergewichts, z. B. der erste Lendenwirbel, einige Fußknochen (Porter 1999; 2002; Riepert u. a. 2002) oder Knochenstärken, die insbesondere an Röntgenbildern ermittelt werden können (z. B. Wheatley 2005). Da solche Beobachtungen bei den anthropologischen Befundungen an archäologischem Material jedoch noch nicht standardmäßig erhoben werden, stehen Vergleichsdaten nur in zu geringer Zahl zur Verfügung. So bleibt der Femurkopf einstweilen das geeignetste Merkmal, das zudem recht häufig beurteilbar ist.

Zielsetzung

Schätzungen von Körpergewicht und BMI anhand des Knochenmaterials aus archäologischer Forschung wurden bislang vorwiegend im Kontext evolutionsbiologischer Fragestellungen diskutiert.⁶ Für nach-paläolithische Epochen ist der BMI nur selten untersucht worden; eine prominente Ausnahme ist der Tiroler Eismann (»Ötzi«), dessen Körpergewicht mit mehreren Methoden auf 61 kg geschätzt wurde, woraus sich bei einer geschätzten Körperhöhe von 1,58 m ein BMI von etwa 24,4 ergibt (Ruff u. a. 2006). Ziel der vorliegenden Studie ist es, die gängigen Formeln zur Schätzung des BMI erstmals auf eine große Stichprobe mittelalterlicher Skelettpopulationen anzuwenden, die Ergebnisse und die Bandbreite der Schätzfehler zu diskutieren, und das Resultat differenziert nach Alterskohorten, Zeitabschnitten innerhalb des Mittelalters und sozialen Gruppen auf sein sozial- und wirtschaftsgeschichtliches Aussagepotential hin zu untersuchen.

Material

Für die hier verfolgte Fragestellung wurden aus der Literatur alle geeigneten anthropologischen Skelettserien aus Mitteleuropa zusammengetragen, für die von geschlechts- und altersbestimmten erwachsenen Individuen Daten vom Femurkopf (F18, F19 oder F20) verfügbar sind: 33 Serien, davon 3 spätantike, 15 merowingerzeitliche, 8 karolingerzeitliche und 8 hoch- bis spätmittelalterliche Populationen (insgesamt 1349 Individuen: 718 Männer, 631 Frauen; Tab. 1). Bei allen berücksichtigten Serien orientierten sich die Messungen an den bei R. Martin fixierten Standards (Martin 1914; 1928; Martin/Saller 1957); die Alters- und Geschlechtsbestimmungen erfolgten jeweils nach der in Mitteleuropa üblichen »komplexen Methode« (Acsádi/Nemeskéri 1970; Ferembach u. a. 1979; 1980).

6 z. B. Hartwig-Scherer 1994; Rafferty u. a. 1995; Kappelmann 1996; Ruff u. a. 1997; Ruff 2002.

Methoden

Für die Schätzung des Körpergewichts anhand des Femurkopfes stehen drei Formeln zu Verfügung: Ruff u. a. 1991; McHenry 1992 sowie Grine u. a. 1995. Die Schätzformeln nach Ruff u. a. (1991, 406 Tab. 4) beruhen auf Röntgenbildern von 80 lebenden Amerikanern, zu denen neben dem aktuellen Körpergewicht auch ihr Gewicht im Alter von etwa 18 Jahren ermittelbar war. Die Serie umfasste Männer und Frauen (41 : 39) sowie farbige und weiße Amerikaner (29 : 51) mit einem mittleren Alter von 52,3 Jahren (Spanne 24–81 Jahre) und einem mittleren Körpergewicht von 76,7 kg (Spanne 42–135 kg). Es wurden zwei geschlechtsspezifische und eine Schätzformel für beide Geschlechter publiziert:

$$[1] \text{ ♂ kg Körpergewicht} = [(2,741 * \text{mm Dm.Femurkopf}) - 54,9] * 0,9$$

$$[2] \text{ ♀ kg Körpergewicht} = [(2,426 * \text{mm Dm.Femurkopf}) - 35,1] * 0,9$$

$$[3] \text{ ♂/♀ kg Körpergewicht} = [(2,160 * \text{mm Dm.Femurkopf}) - 24,8] * 0,9$$

Die Anwendung der geschlechtsspezifischen Formeln auf einige ähnliche Individuen, die nicht Teil der Referenzserie waren, ergab einen mittleren Vorhersagefehler (%PE) von 6% (Ruff u. a. 1991, 408 Tab. 5; %PE = $\frac{\text{observed} - \text{predicted}}{\text{predicted}} * 100$). Die Anwendung auf zwei Testpopulationen ergab einen mittleren Vorhersagefehler von ± 2 % (weiße Amerikaner) bzw. ± 8 % (Pecos Pueblo, im Mittel ca. 15 kg leichter als die Referenzpopulation). Im Hinblick auf die in ihrer Referenzpopulation gegebene Neigung zur Fettleibigkeit empfahlen Ruff u. a. (1991, 411) bei Anwendung ihrer Formeln auf prähistorische Populationen eine Minderung der Ergebnisse auf 90%, weshalb die Formeln [1–3] jeweils eine Multiplikation mit 0,9 beinhalten.

Die Formeln von McHenry (1992) zielten auf die Körpergewichte von Hominiden. Da deren Körper oft erheblich leichter ist als der heutiger Menschen, umschloss seine Referenzserie von 59 menschlichen Individuen bewusst auch einige kleine Menschen, daneben aber auch zahlreiche andere Primaten (McHenry 1992, 410 f. Tab. 1). Für mehrere Messstrecken entwickelte er mit drei unterschiedlichen Regressionsverfahren eine Vielzahl an Formeln (McHenry 1992, 413 Tab. 2). Die spätere Literatur hat aber nicht diese für höhere Primaten allgemein entwickelten Formeln übernommen, sondern eine anhand seiner Referenzdaten der vier menschlichen Populationen neu berechnete Formel verwendet (Auerbach/Ruff 2004, 334 Tab. 2; Kurki u. a. 2010, 171 Tab. 2), die jedoch allgemein als »McHenry 1992« zitiert wird:

$$[4] \text{ ♂/♀ kg Körpergewicht} = (2,239 * \text{mm Dm.Femurkopf}) - 39,9$$

Fehlerrechnungen zur Formel [4] wurden nicht mitgeteilt. Spätere Untersuchungen zeigten, dass im Vergleich zu Schätzungen anhand der Beckenbreite die Schätzungen über den Femurkopf nach Formel [4] um knapp 5 % tiefer ausfallen (Auerbach/Ruff 2004, 336 Tab. 3). Angewendet auf besonders kleine und leichte Populationen ergaben

die Schätzungen des Körpergewichts nach [4] einen mittleren Fehler von +6% (Kurki u. a. 2010, 173 Tab. 4).

Die Schätzformel nach Grine u. a. (1995, 178) beruht auf einer Referenzserie von Populationsmittelwerten verschiedener moderner Nordamerikaner (*»including African Americans, European Americans, and Native Americans«*), die als *»large-bodied«* bezeichnet werden. Es wurde eine Formel für beide Geschlechter ermittelt:

$$[5] \text{ ♂/♀ kg Körpergewicht} = (2,268 * \text{mm Dm.Femurkopf}) - 36,5$$

Vergleichende Untersuchungen haben gezeigt (Auerbach/Ruff 2004), dass bei Anwendung auf durchschnittliche Individuen die Schätzungen des Körpergewichts nach den Formeln [1–3] dem Ergebnis von Schätzungen anhand der Beckenbreite am nächsten kommen und nur etwa 0,15% tiefer ausfallen. Schätzungen nach McHenry (1992) fallen um etwa 4,8% niedriger aus, Schätzungen nach Grine u. a. 1995 liegen um etwa 1,5% über dem Ergebnis, welches anhand der Beckenbreite ermittelt wurde. Um nicht stets mit drei Schätzungen zu operieren, hatten Ruff u. a. (1997) vorgeschlagen, das arithmetische Mittel der drei Methoden als mittlere Schätzung zu verwenden. Diese mittlere Schätzung [6] liegt im Vergleich um ca. 0,7% unter den Schätzungen anhand der Beckenbreite (Auerbach/Ruff 2004, Tab. 3).

$$[6] \text{ arithmetisches Mittel aus [1 oder 2 oder 3], [4] und [5]}$$

Anwendungen dieser mittleren Schätzung [6] auf Populationen mit extrem kleinen und extrem großen Individuen zeigten eine Regression zur Mitte, d. h. sie ergaben bei sehr kleinen Individuen Überschätzungen um 4,1 kg (10,7%) und bei sehr großen Individuen Unterschätzungen um 2,6 kg (3,6%) (Auerbach/Ruff 2004, Tab. 4).

Allen Berechnungen wurde wenn möglich der sagittale Durchmesser des Femurkopfes (F19) zu Grunde gelegt. Da in der Regel stattdessen der Umfang des Femurkopfes (F20) gemessen und publiziert wurde, musste in diesen Fällen F19 aus F20 abgeleitet werden:

$$[7] \text{ F19} = (\text{F20}/3,14159)$$

Wenn Maßangaben zum rechten und linken Femur vorlagen, wurde der Mittelwert gebildet. Waren F19 oder F20 nicht verfügbar, wurde ersatzweise der transversale Durchmesser des Femurkopfes (F18) in die Formeln eingesetzt. Zusätzlich zum Körpergewicht erfolgte eine Schätzung der Körperhöhe anhand der Langknochenmaße (Rösing 1988; Siegmund 2010) unter Verwendung der Formeln von Pearson (1899). Aus beiden Größen wurde nach der Formel [8] der *Body Mass Index* (BMI) errechnet.

$$[8] \text{ BMI} = \text{BM nach [6] in kg}/(\text{Körperhöhe in m})^2$$

Für den Vergleich von Altersstufen wurden die publizierten Altersbestimmungen übernommen, die auf der *»komplexen Methode«* beruhen (Acsádi/Nemeskéri 1970; Ferem-

bach u. a. 1979; 1980) und in die Klassen adult (20–39,9 Jahre), matur (40–59,9 Jahre) und senil (≥ 60 Jahre) überführt.

Die aus den Längenmaßen errechnete geschlechtsspezifische Körperhöhe und der BMI weichen nicht signifikant von einer Normalverteilung ab (Kolmogorov-Smirnov-Test; Sachs/Hedderich 2006, 336–339). Die Maße des Femurkopfes und das daraus abgeleitete Körpergewicht weichen signifikant von einer Normalverteilung ab (Kolmogorov-Smirnov-Test), da die Wölbung hier größer als 0,263 ist; d. h. die Daten sind stärker als normal auf die Mittelwerte hin zentriert. Daher werden in den Tabellen Mittelwert und Standardabweichung angegeben. Die Tests auf Mittelwertunterschiede erfolgten mit dem nicht-parametrischen Kruskal-Wallis-H-Test (Sachs/Hedderich 2006, 442–445). Alle statistischen Berechnungen wurden mit Hilfe des Programms SPSS Vers. 19 durchgeführt.

Für die Verfolgung der sozialen Fragestellung wurden die anhand der Grabbeigaben vorgenommenen Gruppenbildungen der jeweiligen Bearbeiter übernommen (Tab. 1). Diese Gliederungskonzepte orientieren sich an dem grundlegenden Aufsatz von R. Christlein (1973), der die Grabbeigaben nach ihrem Wert in drei Qualitätsgruppen A–C ordnete (zur weiteren Diskussion dieses Modells zuletzt Sicherl 2011, 152–160). Dabei steht der Begriff »Qualitätsgruppe A« für beigabenlose oder -arme Gräber, Gruppe B für eine deutlich beigabenreichere Ausstattung und Gruppe C für überdurchschnittlich reich ausgestattete Inventare, z. B. Gräber mit Pferdegeschirr. Echte C-Gräber im Christlein'schen Sinne sind auf den hier beobachteten Reihengräberfeldern sehr selten; in der Regel haben die jeweiligen Bearbeiter zusätzlich innerhalb der Qualitätsgruppe B die besonders reichen Gräber definiert und zusammen mit den tatsächlichen C-Gräbern als »Schicht B/C« bezeichnet (Dohrn-Ihmig 1999, 123 f.; Weis 1999, 95–99; Groove 2001, 241–247). Diese Praxis wird hier übernommen. Das differenziertere Gliederungssystem für Mannheim-Vogelstang wurde auf die Christlein'sche Dreigliederung vereinfacht (Koch 2007; Siegmund 2010, 95 mit Anm. 211).

Ergebnisse

Es hat sich gezeigt, dass es unwesentlich ist, welche Messstrecke vom Femurkopf zur Verfügung steht. Für die Individuen, für die mehr als ein Maß zur Verfügung stand, ergab ein Vergleich zwischen gemessenem F19 und einem aus F20 errechneten F19 einen Unterschied von im Mittel 0,00 mm bei einer Standardabweichung von 0,00 mm (505 Fälle). Die Differenz F18 minus F19 konnte 215-mal berechnet werden, sie beträgt im Mittel 0,25 mm bei einer Standardabweichung von 1,4 mm, d. h. kann ebenfalls vernachlässigt werden.

Die Schätzungen des Körpergewichts im Mittelalter liegen für Männer bei 71 kg, für Frauen bei 59 kg (Tab. 2). Die Unterschiede zwischen den Ergebnissen der drei bzw. vier Schätzmethode sind deutlich und statistisch hochsignifikant (Wilcoxon Rangtest für verbundene Stichproben, sign. jeweils $< 0,000$; Sachs/Hedderich 2006, 400–403) und zeigen die erwartete Tendenz. Für Männer beträgt der maximale Mittelwertunterschied 4,8 kg, wobei die Schätzungen nach McHenry (1992) niedrig ausfallen, jene nach Grine u. a. (1995) hoch, während die Schätzungen nach Ruff u. a. (1991) in der

Tab. 1: Nachweis der erfassten Populationen. Für die Anzahl der Frauen und Männer sind nur die geschlechts- und altersbestimmten erwachsenen Individuen berücksichtigt (insgesamt 1349 Individuen, 718 Männer und 631 Frauen). Die Serien sind nach Perioden geordnet: sAnt: Spätantike (4. Jh.), Me: Merowingerzeit (5.–7. Jh.), Ka: Karolingerzeit (8.–10. Jh.), MA: Hoch- und Spätmittelalter (11.–15. Jh.).

Population	Periode	Männer	Frauen	Nachweis
Linz, AU	sAnt	14	9	Wiltchke-Schrotta u.a 1991
Pratteln, CH	sAnt	6	1	Kaufmann 1987
Stettfeld, D	sAnt	15	4	Wahl/Kokabi 1988
Eichstetten, D	Me	40	38	Hollack/Kunter 2001
Güttingen, CH	Me	11	4	Kaufmann 1989
Hemmingen, D	Me	7	11	Obertová 2008
Horb-Altheim, D	Me	6	7	Obertová 2008
Mannheim-V., D	Me	85	98	Rösing 1975
Munzingen, D	Me	26	24	Burger-Heinrich 2001
Niedererlenbach, D	Me	25	22	Konieczka/Kunter 1999a
Oberwil, CH	Me	10	9	Trancik Petitpierre 2991
Oerlingen, CH	Me	10	5	Hauser 1938
Pleidelsheim, D	Me	21	16	Obertová 2008
Ried-Mühlehölzli, CH	Me	17	20	Kaufmann/Schoch 1983
Seeberg, CH	Me	10	6	Ulrich-Bochsler 2009
Sontheim, D	Me	21	11	Creel 1966
Stetten, D	Me	36	27	Konieczka/Kunter 1999b
Wyhl, D	Me	6	1	Obertová 2008
Aesch BL, CH	Ka	35	19	Trancik Petitpierre, unpubl.
Kallnach 1-2, CH	Ka	23	16	Ulrich-Bochsler 2006
Kallnach 3-4, CH	Ka	2	5	Ulrich-Bochsler 2006
Nordhessen, D	Ka	9	4	Kunter 1989
Pottenbrunn, AU	Ka	27	33	Fabrizii-Reuter/Reuter 2001
Rohrbach 1, CH	Ka	2	-	Ulrich-Bochsler 1988
Rohrbach 2-3, CH	Ka	3	1	Ulrich-Bochsler 1988
Steffisburg, CH	Ka	17	10	Ulrich-Bochsler/Meyer 1994
Mistail, CH	MA	7	2	Papageorgopoulou, unpubl.
Paspels, CH	MA	1	1	Papageorgopoulou, unpubl.
Tinizong, CH	MA	5	3	Papageorgopoulou, unpubl.
Tomils, CH	MA	115	110	Papageorgopoulou 2008
Walkringen 1-2, CH	MA	8	3	Ulrich-Bochsler/Meyer 1992
Walkringen 3-4, CH	MA	4	2	Ulrich-Bochsler/Meyer 1992
Westerhus, SWE	MA	47	61	Gejvall 1960
Zwentendorf, AU	MA	47	57	Heinrich 2001

Tab. 2: Geschätztes Körpergewicht (in kg) anhand des Femurkopfes nach den drei Schätzformeln und mittlere Schätzung. n: Anzahl der schätzbaren Individuen; \bar{x} : Mittelwert; σ : Standardabweichung. ISD: Index of sexual dimorphism nach Smith (1999; vgl. Kurki et al. 2010 Tab. 6).

	n	Ruff et al. 1991	McHenry 1992	Grine et al. 1995	mittl. Schätzung
		$\bar{x} \pm \sigma$	$\bar{x} \pm \sigma$	$\bar{x} \pm \sigma$	$\bar{x} \pm \sigma$
Männer	718	70,5 \pm 7,0	69,0 \pm 6,3	73,8 \pm 6,4	71,1 \pm 6,6
Frauen	631	61,5 \pm 5,3	55,5 \pm 5,4	60,2 \pm 5,5	59,1 \pm 5,4
ISD		0.136	0.217	0.203	0.184

Tab. 3: Mittelwert und Standardabweichung des BMI bei Kombination verschiedener Schätzmethoden des Körpergewichts und der Körperhöhe.

BM-Schätzung	Pearson 1899	Trotter/Gleser 1952 ›white‹	Trotter/Gleser 1952 ›negro‹	Breitinger & Bach
♂ Ruff et al. 1991	25,2 ±2,3	24,0 ±2,3	25,3 ±2,4	24,4 ±2,2
♂ McHenry 1992	24,7 ±2,1	23,5 ±2,1	24,7 ±2,2	23,8 ±2,0
♂ Grine et al. 1995	26,4 ±2,2	25,1 ±2,2	26,4 ±2,3	25,5 ±2,0
♂ mittl. Schätzung	25,4 ±2,2	24,2 ±2,2	25,5 ±2,3	24,5 ±2,1
♀ Ruff et al. 1991	25,4 ±2,0	24,1 ±2,0	25,1 ±2,0	23,7 ±1,8
♀ McHenry 1992	22,9 ±2,0	21,8 ±2,0	22,7 ±2,0	21,4 ±1,9
♀ Grine et al. 1995	24,8 ±2,0	23,6 ±2,0	24,6 ±2,1	23,2 ±1,9
♀ mittl. Schätzung	24,4 ±2,0	23,2 ±2,0	24,1 ±2,0	22,8 ±1,9

Mitte zwischen diesen und zugleich meist nahe am Mittelwert aller drei Schätzungen liegen. Bei den Frauen beträgt der maximale Mittelwertunterschied 6,0 kg, wobei die Schätzungen nach Ruff u. a. (1991) hoch liegen, die übrigen Verhältnisse entsprechen dem Muster bei den Männern. Dem Vorgehen von Auerbach/Ruff (2004) folgend, wird der Einfachheit halber für die nachfolgende Argumentation das arithmetische Mittel der drei Schätzformeln [6] gewählt. Bei den Männern liegt der Unterschied zwischen dieser mittleren und den extremen Schätzungen bei -2,1 bis +2,7 kg (-3 bis +4%), bei den Frauen bei -3,6 bis +2,4 kg (-6 bis +4%). Der von Smith (1999) eingeführte Index des Sexualdimorphismus liegt für die vier tabellierten Schätzungen des Körpergewichts mit 0,136 bis 0,217 im Rahmen des Plausiblen (Tab. 2). Bei einer von Kurki u. a. (2010, Tab. 6) zusammengetragenen Reihe von Körpergewichten moderner, einfach lebender Populationen lag der Mittelwert dieses Indexes bei 0,142 (Std.abw. 0,054), bei etwa zwei Drittel der Populationen lag er also im Bereich 0,088–0,196.

Zusätzlich zur Berechnung des BMI anhand der Körperhöhenschätzung nach Pearson (1899) sind in Tabelle 3 Schätzungen des BMI aufgeführt, denen andere Methoden der Körperhöhenschätzung zu Grunde gelegt wurden, nämlich die für unsere Populationen eher überschätzenden Formeln Trotter/Gleser (1952) ›white‹ und Breitinger (1937)/Bach (1965) sowie die niedrig schätzende Formel Trotter/Gleser (1952) ›negro‹ (Rösing 1988; Siegmund 2010). Liest man aus dieser Tabelle die jeweils höchste und niedrigste Kombination aus, weicht das Ergebnis bei den Männern um -2,0 bis +1,0 BMI-Punkte (ca. -8 bis +4%) von der mittleren Schätzung in Kombination mit Pearson (1899) ab, bei den Frauen um -3,0 bis +1,0 BMI-Punkte (ca. -12 bis +4%). Bleibt man innerhalb einer Methode der Schätzung des Körpergewichts, z. B. bei der mittleren Schätzung, liegen die Differenzen, die durch unterschiedliche Körperhöhenschätzungen entstehen, bei insgesamt 1,3 (Männer) bzw. 1,7 (Frauen) BMI-Punkten (5% bzw. 7%). Bleibt man innerhalb einer Methode der Körperhöhenschätzung und vergleicht die Ergebnisse der unterschiedlichen Gewichtsschätzungen, ergeben sich maximale Differenzen von 1,7 BMI-Punkten (7%) bei den Männern und 2,5 Punkten (10%) bei den Frauen.

Tab. 4: Zuordnung der mittelalterlichen Individuen gemäß der mittleren Schätzung in die BMI-Klassen nach WHO. In den Zellen oben die Anzahl der Individuen, darunter die Spaltenprozentage. Die Spalte rechts »alternativ« illustriert das Ergebnis nach der sicher nicht berechtigten, extrem niedrigen Schätzung aus der Kombination McHenry (1992) und Trotter/Gleser (1952) »white« als »worst-case-Szenario«, das sicher überschritten wurde.

BMI-Klasse	Männer	Frauen	alle	alternativ
untergewichtig	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	15 1,1%
normalgewichtig	315 43,9%	405 64,2%	720 53,4%	1140 84,5%
übergewichtig	386 53,8%	219 34,7%	605 44,8%	188 13,9%
adipös	17 2,4%	7 1,1%	24 1,8%	6 0,4%
Summe	718	631	1349	1349

Aus dem Vergleich der Referenzpopulationen mit den hier geschätzten Individuen und den Ergebnissen der verschiedenen Methoden ergibt sich die mittlere Schätzung des Körpergewichts [6] und der Körperhöhe nach Pearson (1899) als jene Schätzung, die für den BMI die der ehemaligen Wirklichkeit wahrscheinlich am nächsten kommenden Werte liefert. Die methodischen Alternativen signalisieren die Größenordnung von Fehlern, die auf der Methodenwahl beruhen. Letztlich sind diese Fehler relativ klein. Bricht man die wahrscheinliche Lösung in die WHO-Klassifikation um (Tab. 4), ergibt sich das Bild einer Bevölkerung, in der Unterernährung und Fettleibigkeit seltene Ausnahmen waren. Wie Tabelle 3 und die spätere Diskussion zeigen, ergibt die Kombination aus den Schätzungen des Körpergewichts nach McHenry (1992), die unsere Populationen sehr wahrscheinlich unterschätzen, mit Schätzungen der Körperhöhe nach Trotter/Gleser (1952) »white«, die zu sehr großen Individuen führen, den niedrigsten BMI. Diese Kombination darf als ein unwahrscheinliches Extremszenario gewertet werden, das realiter sicher überschritten wurde. Die rechte, grau hinterlegte Spalte in Tabelle 4 zeigt die Umsetzung dieser Schätzung in die WHO-Klassifikation.

Tabelle 5 zeigt den Bezug zwischen Gewicht, Körperhöhe, BMI und erreichtem Lebensalter. Senile Männer haben den höchsten BMI, bei den Frauen fällt der höchste BMI in die Altersklasse matur. Die altersbedingten Unterschiede in der Körperhöhe sind gering und nicht signifikant, dagegen sind die Unterschiede im Körpergewicht signifikant. Die altersbedingten Veränderungen des BMI hängen also mit altersbedingten Veränderungen des Körpergewichts zusammen. Diese Unterschiede sind innerhalb des Mittelalters nicht für alle Zeitabschnitte gleich, sondern im frühen Mittelalter stärker ausgeprägt (Tab. 6).

Etwas komplexer sind die Zusammenhänge der drei Parameter mit den vier beobachteten Zeitabschnitten (Tab. 7); hier sind Unterschiede beim BMI und in der Körperhöhe signifikant. Die zeitliche Entwicklung und die Zusammenhänge sind für beide Geschlechter identisch. Die Menschen der Spätantike sind relativ schwer und klein, die der Merowingerzeit deutlich größer und haben folglich einen geringeren BMI. Die Menschen der Karolingerzeit sind wieder schwerer und kleiner, was zu einem höheren

Tab. 5: Körpergewicht (mittlere Schätzung), Körperhöhe (nach Pearson 1899) und BMI für Männer und Frauen im Altersbezug. Unterste Zeile: Ergebnis des Kruskal-Wallis-H-Test auf Mittelwertunterschied, chi-Quadrat und asymptotische Signifikanz. Die Unterschiede im Gewicht und BMI sind signifikant.

	n	Gewicht	Körperhöhe	BMI
♂ adult	229	70,0 ±6,5	167,1 ±5,6	25,1 ±2,0
♂ matur	284	71,8 ±6,5	167,3 ±5,5	25,7 ±2,2
♂ senil	94	72,0 ±6,8	166,9 ±5,2	25,8 ±2,4
<i>Test χ^2 / sign.</i>		<i>11,62 / 0,003</i>	<i>1,47 / 0,480</i>	<i>11,34 / 0,003</i>
♀ adult	256	58,4 ±5,8	155,4 ±5,1	24,2 ±2,2
♀ matur	223	59,9 ±5,1	155,8 ±4,6	24,7 ±1,8
♀ senil	91	59,2 ±5,2	155,7 ±3,9	24,4 ±1,8
<i>Test χ^2 / sign.</i>		<i>10,02 / 0,007</i>	<i>0,47 / 0,790</i>	<i>10,94 / 0,004</i>

BMI als in der Merowingerzeit führt. Die hoch- und spätmittelalterlichen Menschen sind leichter und kleiner, wobei in der Kombination der BMI annähernd gleich bleibt. Die beschriebenen zeitbedingten Unterschiede sind größer als die Veränderungen entlang der Lebensalter (Tab. 5).

Für einige der frühmittelalterlichen Populationen kann aufgrund der Sitte von Grabbeigaben ein Vergleich mit dem Reichtum der Grabausstattungen vorgenommen werden. Tabelle 8 weist nach, dass es keine signifikanten Unterschiede des BMI zwischen den drei Qualitätsgruppen gibt. Beigabenlose oder arm ausgestattete Männer (A) sind etwas leichter und kleiner als normal ausgestattete Männer (B), was in Kombination zu einem identischen BMI führt. Die Männer der höchsten Qualitätsgruppe (C) sind bei gleicher Körperhöhe etwas leichter. Bei den Frauen zeigt sich über die drei Ausstattungsgruppen eine Tendenz zu geringerem Gewicht, mehr Körperhöhe und leicht abnehmendem BMI; auch hier sind die Unterschiede klein und nicht signifikant. Der Signifikanztest wurde zunächst für alle drei Qualitätsgruppen gemeinsam durchgeführt (Tab. 8, 4. Zeile), anschließend erneut als Paarvergleich von Gruppe A zu B (Tab. 8, 5. Zeile) und Gruppe B zu C (Tab. 8, 6. Zeile). In diesen Paarvergleichen erweist sich der Unterschied in der Körperhöhe zwischen den Gruppen A und B als signifikant.

Diskussion

Fehlerabschätzung und Plausibilität der Ergebnisse

Die Schätzformeln wirken auf unsere Serien ähnlich wie bei andernorts ermittelten Vergleichen an modernen Menschen (Auerbach/Ruff 2004). Bei den Männern ergeben die Schätzungen des Körpergewichts nach McHenry (1992) niedrigere Werte, jene nach Grine u. a. (1995) höhere Werte, und die Schätzungen nach Ruff u. a. (1991) liegen nahe am Mittelwert aller drei Schätzungen. Bei den Frauen hingegen ergeben die Schätzungen nach Ruff u. a. (1991) die höchsten Werte, der Mittelwert der drei Schätzungen liegt dann zwischen den Schätzungen nach McHenry (1992) und Grine u. a. (1995). Nach

den Ergebnissen in Tabelle 2 liegen die Körpergewichte der hier untersuchten Serien nahe denen der Referenzpopulation von Ruff u. a. (1991), sie sind höher als die der Referenzpopulation von McHenry (1992) und geringer als die der Referenzpopulation von Grine u. a. (1995). Daher ergibt die mit Auerbach/Ruff (2004) favorisierte mittlere Schätzung die der historischen Realität am nächsten kommenden Werte. In ihrer Studie zu einer extrem leichten Population aus Südafrika mit Männern von im Mittel 47,9 kg Gewicht und 160,9 cm Größe und Frauen von 40,1 kg Gewicht und 150,1 cm Größe zeigten Kurki u. a. (2010), dass die Schätzformeln anhand des Femurkopfes das tatsächliche Gewicht überschätzen. Die Formeln nach Ruff u. a. (1991) ergaben dort für Männer um etwa 22 % zu hohe Werte, für Frauen um knapp 6 % zu hohe Werte (Kurki u. a. 2010, 173 Tab. 4). Der an dieser Serie konstatierte Schätzfehler des Körpergewichts von bis zu 22 % darf als sichere Obergrenze des für unsere Serien anzunehmenden Fehlers gelten. An besser mit den hier untersuchten Serien vergleichbaren Populationen ergaben sich im Vergleich zwischen Schätzungen anhand der Beckenbreite und anhand des Femurkopfes (mittlere Schätzung) Fehler von +1,1 bis -2,6 kg resp. +2,1 bis -3,6 %, nur eine extrem kleine Population ergab auch hier einen größeren Fehler von +4,1 kg resp. +10,7 % (Auerbach/Ruff 2004, 338 Tab. 4; vgl. Ruff u. a. 2005). Der in Tabelle 3 durchgeführte systematische Vergleich für die Kombination der unterschiedlichen Schätzungen zeigt auch die Unterschiede im resultierenden BMI auf, die durch die Wahl der Schätzformeln für die Körperhöhe verursacht werden; diese Unterschiede sind ähnlich, aber etwas größer als die Unterschiede, die aus der Wahl der Schätzformel für das Körpergewicht herrühren. Entnimmt man Tabelle 3 die unwahrscheinlichen, jeweils extremen Kombinationen beider Schätzungen, unterscheiden sich die Ergebnisse bei den Männern um $\pm 1,45$ BMI-Punkte ($\pm 5,8\%$), bei den Frauen um $\pm 2,0$ BMI-Punkte ($\pm 8,5\%$). Der durch die Methodenwahl verursachte mögliche Schätzfehler ist demnach nicht groß.

Der sich danach abzeichnende Geschlechtsdimorphismus im Körpergewicht liegt nach den von Kurki u. a. (2010, Tab. 6) zusammengestellten Daten einfach lebender Bevölkerungsgruppen im Rahmen des Üblichen. Die hier mit 6,6 kg (Männer) resp. 5,4 kg (Frauen) ermittelte Standardabweichung des Körpergewichts und des BMI von 2,1 bzw. 1,9 fällt relativ gering aus (Tab. 2–3). So wurde z. B. für moderne Schweizer Rekruten eine Standardabweichung des Körpergewichts von um 12,3 kg und des BMI von um 3,5 bei etwa 1,78 m Körperhöhe ermittelt (Rühli u. a. 2008, 460 Tab. 2), doch haben Staub u. a. (2010, Tab. 1) zeigen können, dass die zunehmende Streuung ein rezentes Phänomen ist. Schweizer Rekruten der 1870er Jahren zeigen eine Standardabweichung des BMI von um 1,9. Die in diesen Studien genannten Mittelwerte des BMI von seinerzeit 20,6 und heute 22,9 liegen unter unseren Schätzungen für das Mittelalter; doch dabei ist zu berücksichtigen, dass die Rekrutendaten an 19-Jährigen erhoben wurden, die vor allem hinsichtlich des Gewichts noch im Wachstum begriffen sind (Rühli u. a. 2008, 460 Tab. 3), und dass die generelle Arbeitsbelastung, die zu höherer Muskelmasse führt, im Mittelalter höher gewesen sein dürfte. Für erwachsene US-amerikanische Gefängnisinsassen aus dem 19. Jahrhundert sind BMI-Mittelwerte von 23–24 (Farbige) bzw. 22–23 (Weiße) überliefert (Carson 2009, 123 Tab. 1). Männliche italienische Einwanderer in die USA der Jahre 1849–1951 hatten ein mittleres Körpergewicht von 68,8 kg $\pm 9,7$ und einen mittleren BMI von 25,2 $\pm 3,6$, die Frauen dieser Kohorte ein mittleres

Tab. 6: BMI für Männer und Frauen im Altersbezug, differenziert nach Epochen. Unterste Zeile: Ergebnis des Kruskal-Wallis-H-Test auf Mittelwertunterschied, chi-Quadrat und asymptotische Signifikanz. Die Unterschiede im 5.–7. Jahrhundert und für die Männer im 11.–15. Jahrhunderts sind signifikant.

	5.–7. Jh.		8.–10. Jh.		11.–15. Jh.	
	n	BMI	n	BMI	n	BMI
♂ adult	92	24,4 ±2,0	43	25,6 ±2,3	94	25,4 ±1,7
♂ matur	130	25,1 ±1,9	55	26,2 ±2,3	99	26,2 ±2,5
♂ senil	46	25,4 ±2,1	15	25,4 ±1,9	33	26,5 ±2,7
<i>Test χ^2 / sign.</i>		<i>9,06 / 0,011</i>		<i>1,98 / 0,371</i>		<i>10,69 / 0,005</i>
♀ adult	122	23,3 ±1,8	45	25,1 ±2,3	89	24,9 ±2,1
♀ matur	88	24,4 ±1,9	29	24,8 ±1,8	106	24,8 ±1,7
♀ senil	47	24,1 ±1,6	11	23,9 ±1,4	33	24,9 ±2,2
<i>Test χ^2 / sign.</i>		<i>20,13 / 0,000</i>		<i>3,55 / 0,169</i>		<i>0,10 / 0,954</i>

Tab. 7: Körpergewicht (mittlere Schätzung), Körperhöhe (nach Pearson 1899) und BMI für Männer und Frauen im Bezug zur Zeitstellung der Serien. Unterste Zeile: Ergebnis des Kruskal-Wallis-H-Test auf Mittelwertunterschied, chi-Quadrat und asymptotische Signifikanz. Die Unterschiede der Körperhöhe und des BMI sind signifikant.

	n	Gewicht	Körperhöhe	BMI
♂ 4. Jh.	35	71,4 ±6,8	165,6 ±5,4	26,0 ±2,3
♂ 5.-7. Jh.	331	70,7 ±6,5	168,6 ±4,9	24,9 ±2,0
♂ 8.-10. Jh.	118	72,4 ±6,4	167,5 ±5,3	25,8 ±2,3
♂ 11.-15. Jh.	234	70,9 ±5,6	165,4 ±5,6	25,9 ±2,6
<i>Test χ^2 / sign.</i>		<i>6,58 / 0,087</i>	<i>46,42 / 0,000</i>	<i>36,66 / 0,000</i>
♀ 4. Jh.	14	59,3 ±5,6	153,8 ±4,2	25,1 ±2,5
♀ 5.-7. Jh.	299	58,7 ±5,1	157,0 ±4,3	23,8 ±1,8
♀ 8.-10. Jh.	88	60,3 ±6,4	155,7 ±4,4	24,8 ±2,1
♀ 11.-15. Jh.	230	59,1 ±5,3	154,1 ±4,7	24,9 ±1,9
<i>Test χ^2 / sign.</i>		<i>3,63 / 0,305</i>	<i>52,68 / 0,000</i>	<i>41,02 / 0,000</i>

Körpergewicht von 62,0 kg ±11,2 und einen mittleren BMI von 25,1 ±4,7 (Danubio u. a. 2005, 37 Tab. 2 und 38 Tab. 4).

Insgesamt zeigt diese Diskussion, dass für unsere archäologischen Serien auf breiterer Basis abgeleitete genauere Schätzformeln für das Körpergewicht wie auch für die Körperhöhe wünschenswert wären, sich jedoch bereits beim jetzigen Stand Zahlen ergeben, die überschaubare Fehler aufweisen und plausible Werte ergeben. Das in Tabelle 4 (rechte Spalte) veranschaulichte »worst-case-Szenario« zeigt in der Umsetzung in die WHO-Klassifikation, dass selbst dann die damalige Bevölkerung als normal ernährt betrachtet werden muss. Die populäre Vorstellung eines nachantik darbanden Mittelalters (»dark ages«) ist nicht berechtigt.

Wahrscheinlich gehen die Schätzformeln für das Körpergewicht mit einer Regression auf die Mitte einher und führen zu Standardabweichungen, die etwas geringer ausfallen als in der historischen Realität. Daher ist ein direkter Vergleich der Streuung (Standardabweichung) der Werte für Körpergewicht und BMI mit modernen Daten nur mit Vorsicht möglich. Durchsucht man für den BMI die WHO-Datenbank⁷ nach Ländern, die heute eine zu Tabelle 4 ähnliche Verteilung auf die BMI-Klassen erkennen lassen, erweisen sich in Europa insbesondere Irland, Rumänien und Norwegen mit einem sehr geringen Anteil an Untergewichtigen und Adipösen als ähnlich (siehe auch Kues 2010, 68 Tab. 1; Staub u. a. 2010, Tab. 1).

BMI und Lebensalter

Das menschliche Skelett als lebendes System passt sich Veränderungen an. An Extremsituationen wie der normalerweise innerhalb von 2 bis 3 Monaten erfolgenden Verheilung von Knochenbrüchen (z. B. Grigoryan u. a. 2003; Bates/Ramachandran 2007) oder dem Leben in Schwerelosigkeit lässt sich beobachten, wie schnell diese Anpassungen erfolgen. Bei Astronauten verringert sich die Knochendichte während des Raumflugs um etwa 1–2 % pro Monat, die Wiederanpassung an irdische Bedingungen beginnt schnell mit spürbaren Effekten bereits nach 3 Wochen, dauert aber drei- bis viermal so lange wie der Abbau.⁸ Nach 6 bis 9 Monaten ist der Ausgangszustand fast, aber noch nicht vollständig erreicht.⁹ An Athleten wurde beobachtet, dass ihre in der aktiven Zeit erhöhte Knochendichte acht Jahre nach Ende der sportlichen Aktivitäten auf die normalen Werte zurückgebildet ist (Tervo u. a. 2009). So passt sich auch der Femurkopf an ein individuell verändertes Körpergewicht an (Ruff u. a. 1991), wobei man nach den oben genannten Beobachtungen von einer Zeitverzögerung ausgehen darf, die für unsere Fragen vernachlässigbar ist. Die Aufteilung unserer Stichprobe auf die drei Altersklassen adult, senil und matur zeigt keine Unterschiede in den Körperhöhen, aber signifikante Unterschiede für das Körpergewicht und den BMI (Tab. 5). Die daran sichtbar werdende Altersabhängigkeit des aus Knochen geschätzten Körpergewichts entspricht aktuellen Beobachtungen an Lebenden. Die altersabhängigen Unterschiede in der Moderne betragen – bei beträchtlichen Unterschieden zwischen verschiedenen Populationen – oft um +3 bis +8 BMI-Punkte.¹⁰ Sie sind somit scheinbar deutlich größer als im Mittelalter. Auch hier vermuten wir eine schätzungsbedingte Regression zur Mitte, d. h. eine tatsächlich stärkere Amplitude als es in Tabelle 6 deutlich wird. Ansonsten sind die Richtungen der Entwicklung heute wie damals gleich: das mittlere Körpergewicht nimmt tendenziell vom Beginn des Erwachsenenlebens an bis in ein höheres Alter zu und stagniert dann.

Wie Tabelle 7 zeigt, ist der Altersbezug des BMI jedoch keine universelle Konstante, denn für die einzelnen Abschnitte des Mittelalters stellt sich das Phänomen unterschiedlich dar. Im frühen Mittelalter (5.–7. Jh.) sind die Unterschiede bei Männern und Frauen groß und hochsignifikant, in der Karolingerzeit (8.–10. Jh.) gering und nicht

7 <http://apps.who.int/bmi/index.jsp> (besucht am 15.6.2011).

8 Holick 1998; Blaber u. a. 2010; Ohshima 2006; 2010.

9 Collet u. a. 1997; Caillot-Augusseau u. a. 1998; Lang u. a. 2006; Payne u. a. 2007; Sibonga u. a. 2007.

10 Welon u. a. 2002; vgl. z. B. Katzmarzyk/Malina 1999; Bielicki u. a. 2001; Komlos/Lauderdale 2004; Danubio u. a. 2005; Meeuwssen u. a. 2010.

signifikant, im Hoch- und Spätmittelalter nur bei den Männern signifikant. Demnach wuchs der Lebensstandard im Früh- und Spätmittelalter im Laufe des Erwachsenenlebens signifikant, dies gilt ebenso für die Frauen im Frühmittelalter. In keiner Teilserei zeichnet sich zum senilen Alter hin eine signifikante Verschlechterung ab. Für das frühe Mittelalter zeugt der nach der Maturitas weiter anwachsende BMI der Männer zum senilen Alter und der gleichbleibende BMI der senilen Frauen von guten Lebensbedingungen gerade auch in höherem Alter – eine Beobachtung, die der These vom generellen Alterselend widerspricht, die anhand der Grabbeigaben entwickelt wurde (Stauch 2008). Ergänzend zur Deutung des BMI als Spiegel der Ernährung und des allgemeinen Lebensstandards könnte eine Deutung dieser Unterschiede auch als Ergebnis alterspezifisch unterschiedlicher Tätigkeiten und Belastungen erwogen werden. Die von Ruff (2000) zusammengestellten Daten für erfolgreiche Hochleistungssportler kontrastieren Kraftsportler mit hohem BMI um 27,7 gegen Ausdauersportler mit geringerem BMI um 20,7 (errechnet nach den vier jeweils extremsten Sportarten in Ruff 2000, Tab. 3). Doch in Populationen mit weniger extremen und einseitigen Belastungen sind die tätigkeitsbedingten Unterschiede im mittleren BMI zwischen den Kohorten mit unter 0,5 BMI-Punkten nicht sehr hoch und stets kleiner als kulturelle Unterschiede (Rühli u. a. 2008, 461 Tab. 4; Carson 2009, 123 Tab. 1), weshalb unsere Beobachtungen für das Mittelalter eher auf Unterschiede in Ernährung und Lebensstandard zurückgehen dürften denn auf unterschiedliche Arbeiten.

Veränderungen im Laufe des Mittelalters

Veränderungen von Körpergewicht, Körperhöhe und BMI innerhalb des Mittelalters zeigt Tabelle 7. Die zeitbedingten Unterschiede in Körperhöhe und BMI sind signifikant. Die Spanne zwischen den niedrigsten und höchsten Mittelwerten beträgt 3,2 cm Körperhöhe und 1,3 BMI-Punkte. Dies entspricht jeweils etwa der Hälfte ihrer Standardabweichung, d. h. die Variabilität innerhalb der Zeitabschnitte ist größer als die Unterschiede zwischen ihnen. Dass es sich hierbei um relativ geringe Veränderungen handelt, bestätigt auch ein Vergleich mit Studien zur Jetztzeit, wo z. B. in den USA nach einer bzw. zwei Generationen Zuwächse um etwa 2 BMI-Punkte beobachtet wurden (Komlos u. a. 2008, Abb. 8). Dennoch legt die Signifikanz der Unterschiede den Versuch einer Interpretation nahe. Die hier zusammengestellten Serien stammen im Wesentlichen aus Süddeutschland und der Schweiz. Spätestens nach der mobilitätsbedingten Durchmischung der mitteleuropäischen Bevölkerungen während der Völkerwanderungszeit sind in diesem Raum innerhalb des Mittelalters große genetische Unterschiede nicht zu erwarten. Daher dürften die Unterschiede vor allem mit der Lebens- und Wirtschaftsweise zusammenhängen. Im Vergleich der beiden Ausgangsparameter Körperhöhe und Gewicht erweist sich die Körperhöhe als der wesentliche, da signifikante Unterschied, der wiederum die signifikanten Unterschiede beim BMI verursacht. Die frühmittelalterlichen Männer und Frauen sind im Zeitvergleich jeweils die größten, danach fällt die Körperhöhe schrittweise ab und entsprechend steigt der BMI. Die Körperendgröße wird beim Menschen etwa im Alter von 18 Jahren erreicht mit geringem Restwachstum bis zum 23. Lebensjahr (Trotter/Gleser 1958; Eveleth/Tanner 1990), d. h. die Körperhöhe spiegelt im Wesentlichen den Lebensstandard in der Kindheit und Jugend wider (Hermanussen u. a. 2010), während sich das Körpergewicht auch

im Erwachsenenleben weiter verändert. Die im Vergleich relativ hohe Körpergröße im Frühmittelalter bei durchschnittlichem Körpergewicht zeigt daher besonders gute Lebensbedingungen für Kinder und Jugendliche an, dem ein durchschnittlich gutes Erwachsenenleben folgte. Diese These einer besonderen Fürsorge für Kinder und Jugendliche in der Merowingerzeit findet auch in anderen Beobachtungen eine Stütze. So liegt nach einer Zusammenstellung von B. Lohrke für West- und Süddeutschland der Anteil der Bestattungen von Nicht-Erwachsenen in der Merowingerzeit bei etwa 20% (Lohrke 2004, 51 Tab. 2), die von ihr genannten karolingerzeitlichen Serien hingegen haben einen Anteil von etwa 46% (Lohrke 2004, 165 f.). Ähnlich sind Zahlen der Zusammenstellung von S. Ulrich-Bochsler (1997), die auf Beobachtungen in der Schweiz basieren; sie untersuchte die Gräber innerhalb der Kirchen sowie jene auf den außerhalb der Kirchen gelegenen Friedhöfen und bilanziert einen Anteil der Nicht-Erwachsenen im Frühmittelalter von 22,7% bzw. 31,7%, im Hoch- und Spätmittelalter von 50,6% bzw. 68,7% (Ulrich-Bochsler 1997, 27 f.). In der bisherigen Diskussion wurde der vergleichsweise geringe Anteil an verstorbenen Kindern und Jugendlichen in der Merowingerzeit von vielen Forschern quellenkritisch erklärt und als nicht der historischen Wirklichkeit entsprechendes »Kinderdefizit« bezeichnet (z.B. Ulrich-Bochsler 1997; Lohrke 2004). Demgegenüber hatte insbesondere A. Czarnetzki die Zahlen als Abbild der Lebenswirklichkeit interpretiert (Czarnetzki 1987, 201 f.; Czarnetzki u.a. 1989, 10 f.; Czarnetzki 1995); seines Erachtens ist im frühen Mittelalter die vorwiegend ländliche Lebensweise und die geringe Bevölkerungsdichte gesünder als das mittelalterliche Stadtleben mit seinem hohen Infektionsrisiko und einer daraus resultierenden hohen Kindersterblichkeit. Die These Czarnetzkis passt gut zum Befund der Schriftquellen, die für die Merowingerzeit einen besonderen Schutz der gebärfähigen und schwangeren Frauen und damit den kollektiven Wunsch der Gesellschaft nach Kindern bezeugen (z.B. Siegmund 1998; Lohrke 2004). Zudem ist das im frühen Mittelalter im Vergleich zu vorgeschichtlichen Epochen relativ hohe Heiratsalter der Frauen zu bedenken (Siegmund 1998), das ihre reproduktive Phase verkürzte und eine erhöhte Fürsorge für die geborenen Kinder erforderte. So gibt es insgesamt mehrere Argumente dafür, dass der vergleichsweise geringe Anteil verstorbener Kinder auf den frühmittelalterlichen Gräberfeldern der damaligen Lebenswirklichkeit entspricht. Dazu würde wiederum die hier entwickelte Deutung vom Zusammenspiel von Körperhöhe und BMI passen und das Bild vom frühen Mittelalter als einer Epoche verfestigen, in der man sich intensiver um Kinder und Jugendliche kümmerte, gefolgt von Zeiten, in denen die Lebensbedingungen für Kinder und Jugendliche wieder härter waren.

Körperhöhe, Körpergewicht, BMI und Sozialstatus

Hinsichtlich der sozialen Fragestellung ergeben sich an den beurteilbaren frühmittelalterlichen Gräberfeldern keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den drei Qualitätsgruppen (Tab. 8). Führt man den Test auf Mittelwertunterschiede nicht für alle drei Gruppen zugleich durch (Tab. 8, 4. Zeile), sondern paarweise für die Gruppen A und B (Tab. 8, 5. Zeile) sowie die Gruppen B zu C (Tab. 8, 6. Zeile), deutet sich einzig für die Körperhöhe der Männer zwischen den Gruppen A und B ein signifikanter Unterschied an, der nach dem zuvor Gesagten auf unterschiedliche Lebensbedingungen in Kindheit und Jugend rückschließen lässt. Dies entspricht Beobachtungen von H. Härke

Tab. 8: Körpergewicht, -höhe und BMI in der Merowingerzeit, differenziert nach den Schichten A bis C nach Christlein (1973). Grundlage sind die Serien Mannheim-Vogelstang, Munzingen, Nieder-Erlenbach, Sontheim und Stetten sowie die Sammelserie aus dem 5. Jahrhundert (Hemmingen, Horb-Altheim, Pleidelsheim und Wyhl). Kursiv, obere Zeile: Ergebnis des Kruskal-Wallis-H-Test auf Mittelwertunterschied für alle drei Gruppen. Darunter: Ergebnisse eines paarweisen Tests A zu B und B zu C.

	n	Gewicht	Körperhöhe	BMI
♂ A	88	69,8 ±6,3	168,3 ±4,6	24,6 ±1,9
♂ B	75	71,4 ±6,2	169,7 ±4,4	24,7 ±1,8
♂ C	6	70,0 ±6,8	169,8 ±3,0	24,0 ±2,0
<i>Test χ^2 / sign.</i>		<i>2,77 / 0,251</i>	<i>4,94 / 0,085</i>	<i>1,10 / 0,576</i>
<i>A zu B</i>		<i>2,05 / 0,152</i>	<i>* 4,37 / 0,037</i>	<i>0,27 / 0,603</i>
<i>B zu C</i>		<i>0,43 / 0,514</i>	<i>0,03 / 0,864</i>	<i>1,06 / 0,304</i>
♀ A	65	59,9 ±5,8	156,6 ±4,4	24,0 ±1,9
♀ B	58	58,9 ±4,7	157,1 ±4,0	23,9 ±1,9
♀ C	8	57,7 ±3,2	157,9 ±3,5	23,7 ±1,6
<i>Test χ^2 / sign.</i>		<i>0,17 / 0,918</i>	<i>0,96 / 0,618</i>	<i>0,13 / 0,940</i>
<i>A zu B</i>		<i>0,28 / 0,592</i>	<i>0,55 / 0,459</i>	<i>0,02 / 0,903</i>
<i>B zu C</i>		<i>0,00 / 0,992</i>	<i>0,20 / 0,651</i>	<i>0,13 / 0,724</i>

(1992, 195–200), der für Männergräber im frühmittelalterlichen Südengland einen Zusammenhang zwischen Körperhöhe und Reichtum der Grabausstattung aufgezeigt hat, man dort also ebenfalls für die Gruppe der reichen Waffenträger eine bessere Kindheit und Jugend konstatieren kann. Anhand von Körpergewicht und BMI zeigt sich, dass es im frühmittelalterlichen Erwachsenenleben keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei sozialen Gruppen gab. Offenbar waren im frühen Mittelalter auch jene Menschen, die in arm ausgestatteten Gräbern niedergelegt wurden, normal und nach heutigen Begriffen gut ernährt. Allenfalls hatten die Männer unter ihnen eine etwas härtere Kindheit und Jugend. Diejenigen, die später im Grabritus eine besonders reiche Ausstattung erhielten, hatten einen ähnlichen Lebensstandard und ähnliche Belastungen wie die ärmeren Menschen. Hinsichtlich der Oberschicht liegt eine wichtige Einschränkung dieser bedeutenden Aussage in der hier untersuchten Stichprobe, die nur sehr wenige C-Gräber im engeren Sinne umfasst, sondern mit den von den Bearbeitern als »B/C« klassifizierten Gräbern auch die lokale Spitze der Qualitätsgruppe B mit einbezieht. Eine gezielte Untersuchung zu den Gräbern der Elite, insbesondere auf Separatnekropolen, wäre wünschenswert.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Körpergewicht und *Body Mass Index* (BMI) sind wegen ihrer Vergleichbarkeit mit modernen Informationen ein interessanter Parameter insbesondere für den Lebensstandard vergangener Populationen. Sie können anhand der Dimension des Femurkopfes

mit Hilfe von Standardschätzformeln ermittelt werden.¹¹ Die resultierenden Werte sind plausibel und mit überschaubaren Schätzfehlern behaftet. Vermutlich gehen die Schätzformeln mit einer Regression zur Mitte einher, so dass die tatsächlichen Unterschiede zwischen den Individuen etwas größer waren als es die Schätzungen anzeigen. Für das Mittelalter ergibt sich ein mittlerer BMI der Männer bei etwa 25,5 und der Frauen bei 24,5; es gab kaum Unterernährung und wenig Fettleibigkeit. Die Entwicklung des BMI über die Lebensspanne entspricht im Mittelalter dem Verlauf in modernen westlichen Zivilisationen. Eine längere, von gänzlich anderen Aktivitäten oder Mangelernährung geprägte Phase im hohen Lebensalter zeichnet sich nicht ab. Bei den beigabeführenden Gräbern des frühen Mittelalters besteht kein enger Zusammenhang zwischen dem Lebensstandard im Erwachsenenleben und der Beigabenausstattung. Im Zusammenspiel der Parameter zeugt die Körperhöhe mehr vom Lebensstandard in Kindheit und Jugend, das Körpergewicht von dem des Erwachsenenlebens. Im Vergleich zum folgenden Mittelalter hatten demnach die Kinder und Jugendlichen während der Merowingerzeit einen höheren Lebensstandard, während der Lebensstandard der Erwachsenen über das ganze Mittelalter einschließlich der Merowingerzeit ähnlich blieb. Für weitere Untersuchungen wäre es nützlich, die hier verwendeten Schätzformeln zu verbessern, weitere geeignete Skelettelemente wie z. B. Fußknochen für die Schätzung des Körpergewichts heranziehen zu können, und das Ergebnis stärker auch mit anderen Indikatoren der Lebensweise vergleichen zu können, z. B. dem Zahnbild. Hier mangelt es jedoch an der Publikation eigentlich vorhandener Daten. Auf der Seite der Archäologie wäre eine gezielte Studie zu den »Fürstengräbern« weiterführend und vor allem ein mehr messend-beschreibendes und weniger klassifizierendes System für die soziale Analyse der Beigabenausstattung.

Dank

Für die Anregung zur Beschäftigung mit diesem Thema und erste Literaturhinweise danke ich T. Uldin (Basel) herzlich. Für die Übermittlung unpublizierter Daten danke ich E. Burger-Heinrich (München), U. Koch (Mannheim), Chr. Papageorgopoulou (Mainz), V. Trancik Petitpierre (Aesch) und S. Ulrich-Bochsler (Bern). In eingehenden Diskussionen haben Chr. Papageorgopoulou, S. Viehmeier (Basel) und D. Quast (Mainz) das Entstehen dieses Artikels begleitet und durch zahlreiche Hinweise bereichert.

Eine räumlich auf die Schweiz begrenzte Studie zu diesem Thema, die vor allem die anthropologischen Fragen beleuchtet, wurde gemeinsam mit Chr. Papageorgopoulou auf der 80. Jahrestagung der AAPA in Minneapolis USA, 13.–16. April 2011 präsentiert (American Journal of Physical Anthropology 144 Suppl. 52, 2010, 274; DOI: 10.1002/ajpa.21502) und zum Druck an das Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie (Jahrgang 16) eingereicht.

11 Ruff u. a. 1991; McHenry 1992; Grine u. a. 1995; Ruff u. a. 1997.

Literatur

- Acsádi/Nemeskéri 1970: G. Acsádi/J. Nemeskéri, History of human life span and mortality. Budapest: Hungarian Academic Society 1970.
- Arslan u.a. 1010: A. A. Arslan/K. J. Helzlsouer/C. Kooperberg u.a., Anthropometric measures, body mass index, and pancreatic cancer: a pooled analysis from the Pancreatic Cancer Cohort Consortium (PanScan). *Archives of Internal Medicine* 170(9), 2010, 791–802.
- Auerbach/Ruff 2004: B. M. Auerbach/C. B. Ruff, Human Body Mass Estimation: A comparison of »morphometric« and »mechanical« methods. *Am. Journal Physic. Anthr.* 125, 2004, 331–342.
- Bach 1965: H. Bach, Zur Berechnung der Körperhöhe aus den langen Gliedmaßen weiblicher Skelette. *Anthr. Anz.* 29, 1965, 12–21.
- Baranowski u.a. 2003: M. J. Baranowski/J. Jorga/I. Djordjevic, Evaluation of adolescent body satisfaction and associated eating disorder pathology in two communities. *European Eating Disorders Rev.* 11, 2003, 478–495. DOI: 10.1002/erv.529
- Bates/Ramachandran 2007: P. Bates/M. Ramachandran, Bone injury, healing and grafting. In: M. Ramachandran (Hrsg.), *Basic orthopaedic sciences: the Stanmore guide*. London: Hodder Arnold 2007, 123–134.
- Bielicki u.a. 2001: T. Bielicki/A. Szklarska/Z. Welon, Variation in body mass index among Polish adults: Effects of sex, age, birth cohort, and social Class. *Am. Journal Physic. Anthr.* 116, 2001, 166–170.
- Blaber u.a. 2010: E. Blaber/H. Marçal/B. P. Burns, Bioastronautics: The influence of microgravity on astronaut health. *Astrobiology* 10(5), 2010, 463–473. DOI: 10.1089/ast.2009.0415
- Breitinger 1938: E. Breitinger, Zur Berechnung der Körperhöhe aus den langen Gliedmaßenknochen. *Anthr. Anz.* 14, 1937 (1938) 249–274.
- Burger-Heinrich 2001: E. Burger-Heinrich, Die menschlichen Skelettreste aus dem Gräberfeld von Munzingen, Stadt Freiburg. In: A. M. Groove, *Das alamannische Gräberfeld von Munzingen/Stadt Freiburg*. Materialh. Arch. Baden-Württemberg 54. Stuttgart: Theiss 2001, 347–424.
- Burkhauser/Cawley 2008: R. V. Burkhauser/J. Cawley, Beyond BMI: The value of more accurate measures of fatness and obesity in social science research. *Journal of Health Economics* 27(2), 2008, 519–529.
- Caillot-Augusseau u.a. 1998: A. Caillot-Augusseau/M. H. Lafage-Proust/C. Soler/J. Pernod/F. Dubois/C. Alexandre, Bone formation and resorption biological markers in cosmonauts during and after a 180-day space flight (Euromir 95). *Clinical Chemistry* 44(3), 1998, 578–585.
- Carson 2009: S. A. Carson, Racial differences in body mass indices of men imprisoned in 19th century Texas. *Economics and Human Biology* 7, 2009, 121–127.
- Christlein 1973: R. Christlein, Besitzabstufungen zur Merowingerzeit im Spiegel reicher Grabfunde aus West- und Süddeutschland. *Jahrb. RGZM* 20, 1973, 147–180.
- Collet u.a. 1997: P. Collet/D. Uebelhart/L. Vico/L. Moro/D. Hartmann/M. Roth/C. Alexandre, Effects of 1- and 6-month spaceflight on bone mass and biochemistry in two humans. *Bone* 20 (6), 1997, 547–551.
- Creel 1966: N. Creel, Die Skelette aus dem Reihengräberfriedhof Sontheim an der Brenz. In: Chr. Neuffer-Müller, *Ein Reihengräberfriedhof in Sontheim an der Brenz (Kreis Heidenheim)*. Veröff. Staatl. Amtes Denkmalpfl. Stuttgart A 11. Stuttgart: Silberburg 1966, 73–103.
- Czarnetzki 1987: A. Czarnetzki, Vorläufiger anthropologischer Bericht über die Skelettreste aus dem merowingerzeitlichen Gräberfeld von Heidenheim-Großkuchen »Gassenecker«. In: A. Heege, *Grabfunde der Merowingerzeit aus Heidenheim-Großkuchen*. Materialh. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg 9. Stuttgart: Theiss 1987, 193–208.
- Czarnetzki 1995: Ders., Das Kleinkinderdefizit der Merowingerzeit in Südwestdeutschland im Spiegel medizinhistorischer Ergebnisse. *Bull. Schweiz. Ges. Anthr.* 1(2), 1995, 89–103.

- Czarnetzki u. a. 1989: Ders./Chr. Uhlig/R. Wolf, Menschen des Frühen Mittelalters im Spiegel der Anthropologie und Medizin. Stuttgart: Württembergisches Landesmuseum ²1989.
- Danubio u. a. 2005: M. E. Danubio/E. Amicone/R. Vargiu, Height and BMI of Italian immigrants to the USA, 1908–1970. *Economics and Human Biology* 3, 2005, 33–43.
- DPCG 2005: DPCG Diverse Populations Collaborative Group, Weight-height relationships and body mass index: Some observations from the Diverse Populations Collaboration. *Am. Journal Physic. Anthr.* 128, 2005, 220–229.
- Dohrn-Ihmig 1999: M. Dohrn-Ihmig, Das fränkische Gräberfeld von Nieder-Erlenbach, Stadt Frankfurt am Main. *Beitr. Denkmalschutz Frankfurt a.M.* 11. Frankfurt: Denkmalamt Frankfurt a. M. 1999.
- Eknoyan 2006: G. Eknoyan, A history of obesity, or how what was good became ugly and then bad. *Advances in Chronic Kidney Disease* 13(4), 2006, 421–427.
- Eknoyan 2008: Ders., Adolphe Quetelet (1796–1874) – the average man and indices of obesity. *Nephrology, Dialysis, Transplantation* 23, 2008, 47–51. DOI: 10.1093/ndt/gfm517
- Eveleth/Tanner 1990: Ph. B. Eveleth/J. M. Tanner, *Worldwide variation in human growth*. Cambridge: University Press ²1990.
- Fabrizii-Reuer/Reuer 2001: S. Fabrizii-Reuer/E. Reuer, Das frühmittelalterliche Gräberfeld von Pottenbrunn, Niederösterreich: eine anthropologische Auswertung. *Mitt. Prähist. Komm. Österr. Akad.* 40. Wien: Verlag Österr. Akad. Wiss. 2001.
- Ferembach u. a. 1979: D. Ferembach/I. Schwidetzky/M. Stloukal, Empfehlungen für die Alters- und Geschlechtsdiagnose am Skelett. *Homo* 30, 1979, (1)–(32).
- Ferembach u. a. 1980: Dies., Recommendations for age and sex diagnoses of skeletons. *Journal of Human Evolution* 9, 1980, 517–549.
- Franzen/Smith 2009: L. Franzen/Ch. Smith, Differences in stature, BMI, and dietary practices between US born and newly immigrated Hmong children. *Social Science & Medicine* 69, 2009, 442–259.
- Foucan u. a. 2002: L. Foucan/J. Hanley/J. Delouneaux/S. Suissa, Body mass index (BMI) and waist circumference (WC) as screening tools for cardiovascular risk factors in Guadeloupean women. *Journal of Clinical Epidemiology* 55(10), 2002, 990–996.
- Franzosi 2006: M. G. Franzosi, Should we continue to use BMI as a cardiovascular risk factor? *The Lancet* 368 (9536), 2006, 624–625.
- Gejvall 1960: N.-G. Gejvall, *Westerhus: medieval population and church in the light of skeletal remains*. Lund: Håkan Ohlssons Boktryckeri 1960.
- Gill u. a. 2003: T. Gill/C. Chittleborough/A. Taylor, Body mass index, waist hip ratio, and waist circumference: which measure to classify obesity? *Sozial- u. Präventivmedizin* 48, 2003, 191–200.
- Gordon-Larsen u. a. 1997: P. Gordon-Larsen/B. S. Zemel/F. E. Johnston, Secular changes in stature, weight, fatness, overweight, and obesity in urban African American adolescents from the mid-1950's to the mid-1990's. *Am. Journal Human Biology* 9, 1997, 675–688.
- Grine u. a. 1995: F. E. Grine/W. L. Jungers/P. V. Tobias/O. M. Pearson, Fossil *Homo* femur from Berg Aukas, northern Namibia. *Am. Journal Physic. Anthr.* 97(2), 1995, 151–185.
- Grigoryan u. a. 2003: M. Grigoryan/J. A. Lynch/A. L. Fierlinger, Quantitative and qualitative assessment of closed fracture healing using computed tomography and conventional radiography. *Academic Radiology* 10(11), 2003, 1267–1273.
- Groove 2001: A. M. Groove, *Das alamannische Gräberfeld von Munzingen / Stadt Freiburg*. *Materialh. Arch. Baden-Württemberg* 54. Stuttgart: Theiss 2001.
- Härke 1992: H. Härke, *Angelsächsische Waffengräber des 5. bis 7. Jahrhunderts*. *Zeitschr. Arch. Mittelalter Beih.* 6. Köln: Rheinland-Verlag 1992.
- Hartwig-Scherer 1994: S. Hartwig-Scherer, Body weight prediction in fossil *Homo*. *CFS Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 171, 1994, 267–279.
- Haun u. a. 2009: D. R. Haun/F. J. Pitanga/I. Lessa, Waist-height ratio compared to other indicators of obesity as predictor of high coronary risk. *Revista da Associação Médica Brasileira* 55(6), 2009, 705–711.

- Hauser 1938: U. Hauser, Anthropologische Untersuchung des alamannischen Gräberfeldes von Oerlingen (Kt. Zürich). Zürich: Universität Zürich 1938.
- Heinrich 2001: W. Heinrich, Zwentendorf: Ein Gräberfeld aus dem 10.–11. Jahrhundert. Anthropologische Auswertung. Mitt. Prähist. Komm. Österr. Akad. 42. Wien: Verlag Österr. Akad. Wiss. 2001.
- Henderson 2005: R. M. Henderson, The bigger the healthier: Are the limits of BMI risk changing over time? *Economics and Human Biology* 3, 2005, 339–366.
- Hermanussen u. a. 2010: M. Hermanussen/E. Godina/F. J. Rühli u. a., Growth variation, final height and secular trend. Proceedings of the 17th Aschauer Soiree, 7th November 2009. *Homo* 61(4), 2010, 277–284. DOI: 10.1016/j.jchb.2010.06.001
- Holick 1998: M. F. Holick, Perspective on the impact of weightlessness on calcium and bone metabolism. *Bone* 22(5), 1998, 105S–111S.
- Hollack/Kunter 2001: B. Hollack/M. Kunter, Die menschlichen Skelettreste aus dem frühmittelalterlichen Gräberfeld von Eichstetten am Kaiserstuhl. In: B. Sasse, Ein frühmittelalterliches Reihengräberfeld bei Eichstetten am Kaiserstuhl. *Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg* 75. Stuttgart: Theiss 2001, 441–474.
- ICD10: International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, 10th revision, Version for 2007. <http://apps.who.int/classifications/apps/icd/icd10online/> [besucht am 5. 4. 2010].
- Kappelmann 1996: J. Kappelmann, The evolution of body mass and relative brain size in fossil hominids. *Journal of Human Evolution* 30, 1996, 243–276.
- Katzmarzyk/Malina 1999: P. T. Katzmarzyk/R. M. Malina, Body size and physique among Canadians of First Nation and European ancestry. *Am. Journal Physic. Anthr.* 108, 1999, 161–172.
- Kaufmann 1987: B. Kaufmann, Anthropologische Bearbeitung und Auswertung der menschlichen Skelettreste aus der Grabung Pratteln-Pfarreizentrum »Romana« 1976/77. *Jahresber. Augst u. Kaiseraugst* 7, 1987, 177–242.
- Kaufmann 1989: Ders., Güttingen TG »Grauer Stein«: Bearbeitung der menschlichen Skelettreste aus den Grabungen 1927, 1966 und 1973. *Anthropologische Beiträge* 2. Aesch: Anthropologisches Forschungsinstitut 1989.
- Kaufmann/Schoch 1983: Ders./M. Schoch, Ried/Mühlehölzli: Ein Gräberfeld mit frühmittelalterlichen und hallstattzeitlichen Bestattungen – Anthropologie. *Archéologie Fribourgeoise* 1b. Freiburg i. U.: Universitätsverlag 1983.
- Keys u. a. 1972: A. Keys/F. Fidanza/M. J. Karvonen/N. Kimura/H. Taylor, Indices of relative weight and obesity. *Journal on Chronic Diseases* 25, 1972, 329–343.
- Kjøllestadal u. a. 2010: M. R. Kjøllestadal/G. Holmboe-Ottesen/A. Mosdøl/M. Wandel, The relative importance of socioeconomic indicators in explaining differences in BMI and waist:hip ratio, and the mediating effect of work control, dietary patterns and physical activity. *The British Journal of Nutrition* 104(8), 2010, 1230–1240. DOI: 10.1017/S0007114510001868
- Koch 2007: U. Koch, Mannheim unter fränkischer Herrschaft: Die merowingerzeitlichen Grabfunde aus dem Stadtgebiet. In: H. Probst (Hrsg.), *Die Frankenzeit. Mannheim vor der Stadtgründung* I,1. Regensburg: Pustet 2007, 10–420.
- Komlos/Lauderdale 2004: J. Komlos/B. E. Lauderdale, Spatial correlates of U.S. heights and BMIs, 2002. *Munich Economics Discussion Paper* 2004-24. <http://epub.ub.uni-muenchen.de/466/>
- Komlos u. a. 2008: Ders./A. Breitfelder/A. Sunder, The transition to Post-industrial BMI values among US children. *Munich Economics Discussion Paper* 2008-10. <http://epub.ub.uni-muenchen.de/4304/>
- Konieczka/Kunter 1999a: P. Konieczka/M. Kunter, Anthropologie. In: Dohrn-Ihmig 1999, 233–296.
- Konieczka/Kunter 1999b: P. Konieczka/M. Kunter, Die menschlichen Skelettreste aus dem alamannischen Gräberfeld von Stetten an der Donau (Kreis Tuttlingen). In: Weis 1999, 238–327.

- Kues 2010: A. B. Kues, Taller – healthier – more equal? The biological standard of living in Switzerland in the second half of the 20th century. *Economics and Human Biology* 8, 2010, 67–79.
- Kunter 1989: M. Kunter, Menschliche Überreste aus frühmittelalterlichen Grabfunden in Nordhessen (6.–9. Jh.). In: K. Sippel, Die frühmittelalterlichen Grabfunde in Nordhessen. Materialh. Vor- u. Frühgesch. Hessen 7. Wiesbaden: Selbstverlag des Landesamtes für Denkmalpflege Hessen 1989, 235–277.
- Kurki u. a. 2010: H. K. Kurki/J. K. Ginter/J. T. Stock u. a., Body size estimation of small-bodied humans: applicability of current methods. *Am. Journal Physic. Anthr.* 141(2), 2010, 169–180.
- Lang u. a. 2006: T. F. Lang/A. D. Leblanc/H. J. Evans/Y. Lu, Adaptation of the proximal femur to skeletal reloading after long-duration spaceflight. *Journal of Bone and Mineral Research* 21(8), 2006, 1224–1230.
- Lee u. a. 2008: C. M. Lee/R. R. Huxley/R. P. Wildman/M. Woodward, Indices of abdominal obesity are better discriminators of cardiovascular risk factors than BMI: a meta-analysis. *Journal of Clinical Epidemiology* 61(7), 2008, 646–653.
- Lohrke 2004: B. Lohrke, Kinder in der Merowingerzeit: Gräber von Mädchen und Jungen in der Alemannia. *Freiburger Beitr. Arch. u. Gesch. d. ersten Jt.* 9. Rahden/Westfalen: Leidorf 2004.
- Martin 1914: R. Martin, Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung mit besonderer Berücksichtigung der anthropologischen Methoden. Jena: Fischer 1914.
- Martin 1928: Ders., Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung mit besonderer Berücksichtigung der anthropologischen Methoden. 3 Bde. Jena: Fischer 1928.
- Martin/Saller 1957: Ders./K. Saller, Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung mit besonderer Berücksichtigung der anthropologischen Methoden. 4 Bde. Stuttgart: Fischer 1957.
- McHenry 1992: H. M. McHenry, Body size and proportions in early Hominids. *Am. Journal Physic. Anthr.* 87, 1992, 407–431.
- Meeuwesen u. a. 2010: S. Meeuwesen/G. W. Horgan/M. Elia, The relationship between BMI and percent body fat, measured by bioelectrical impedance, in a large adult sample is curvilinear and influenced by age and sex. *Clinical Nutrition* 29(5), 2010, 560–566. DOI: 10.1016/j.clnu.2009.12.011
- Nevill u. a. 2006: A. M. Nevill/A. D. Stewart/T. Olds/R. Holder, Relationship between adiposity and body size reveals limitations of BMI. *Am. Journal Physic. Anthr.* 129, 2006, 151–156.
- Obertová 2008: Z. Obertová, The early medieval Alamannic population at Horb-Altheim (450–510 A.D.). *BioArchaeologica* 4. Rahden/Westfalen: Leidorf 2008.
- Oshaug u. a. 1995: A. Oshaug/K. H. Bugge/C. H. Bjønnes/M. Ryg, Use of anthropometric measurements in assessing risk for coronary heart disease: a useful tool in worksite health screening? *International Archives of Occupational and Environmental Health* 67(6), 1995, 359–366.
- Ohshima 2006: H. Ohshima, [Bone loss and bone metabolism in astronauts during long-duration space flight]. *Clinical Calcium* 16(1), 2006, 81–85.
- Ohshima 2010: H. Ohshima, [Secondary osteoporosis UPDATE. Bone loss due to bed rest and human space flight study]. *Clinical Calcium* 20(5), 2010, 709–716.
- Papageorgopoulou 2008: Chr. Papageorgopoulou, The medieval population of Tomils: an archaeo-anthropological approach. *Phil. Diss.* Basel 2008.
- Pataky u. a. 2009: Z. Pataky/E. Bobbioni-Harsch/V. Makoundou/A. Golay, Enlarged waist circumference and cardiovascular risk factors. *Revue Médicale Suisse* 5(196), 2009, 671–672 ; 674–675.
- Payne u. a. 2007: M. W. C. Payne/D. R. Williams/G. Trudel, Space flight rehabilitation. *Am. Journal Physic. Medicine & Rehabilitation* 86(7), 2007, 583–591. DOI: 10.1097/PHM.0b013e31802b8d09

- Pearson 1899: K. Pearson, Mathematical contributions to the theory of evolution. On the reconstruction of the stature of prehistoric races. 5. Philosophical transactions of the Royal Society of London A 192, 1899, 169–244.
- Porter 1999: A. M. Porter, The prediction of physique from the skeleton. *Internat. Journal Osteoarch.* 9, 1999, 102–115.
- Porter 2002: Ders., Estimation of body size and physique from hominin skeletal remains. *Homo* 53, 2002, 17–38.
- Quételet 1832: A. Quételet, Recherches sur le poids de l'homme aux different âges. *Nouveaux Memoires de l'Academie Royale des Sciences et Belle-Lettres de Bruxelles* 7, 1832.
- Quételet 1871: Ders., L'anthropométrie ou le mesure des differentes facultés de l'homme. Bruxelles: C. Muquardt 1871.
- Rafferty u. a. 1995: K. L. Rafferty/A. Walker/Chr. B. Ruff/M. D. Rose/ P. J. Andrews, Postcranial estimates of body weight in *Proconsul*, with a note on a distal tibia of *P. major* from Napak, Uganda. *Am. Journal Physic. Anthr.* 97, 1995, 391–402.
- Riepert et al. 2002: T. Riepert/M. Baltz/B. Nafe/F. Schweden/C. Rittner, Der plantare und dorsale Fersensporn als Hinweis auf höheres Lebensalter und erhöhten Bodymass-Index. *Rechtsmedizin* 12, 2002, 100–103. DOI: 10.1007/s00194-002-0137-7
- Rösing 1975: F. W. Rösing, Die fränkische Bevölkerung von Mannheim-Vogelstang (6.–7. Jh.) und die merowingerzeitlichen Germanengruppen Europas. *Biol. Diss. Hamburg* 1975.
- Rösing 1988: Ders., Körperhöhenrekonstruktion aus Skelettmaßen. In: R. Knussmann (Hrsg.), *Anthropologie: Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen* 1. Stuttgart: Fischer 1988, 586–600.
- Rühli u. a. 2008: F. J. Rühli/M. Henneberg/U. Woitek, Variability of height, weight, and body mass index in a Swiss armed forces 2005 census. *Am. Journal Physic. Anthr.* 137, 2008, 457–468.
- Ruff 2000: Chr. B. Ruff, Body mass prediction from skeletal frame size in elite athletes. *Am. Journal Physic. Anthr.* 113, 2000, 507–517.
- Ruff 2002: Ders., Variation in human body size and shape. *Annu. Rev. Anthr.* 31, 2002, 211–232.
- Ruff u. a. 1991: Ders./W. W. Scott/A. Y.-C. Liu, Articular and diaphyseal remodelling of the proximal femur with changes in body mass in adults. *Am. Journal Physic. Anthr.* 86, 1991, 397–413.
- Ruff u. a. 1997: Ders./E. Trinkaus/T. W. Holliday, Body mass and encephalization in Pleistocene *Homo*. *Nature* 387, 1997, 173–176. DOI: 10.1038/387173a0
- Ruff u. a. 2005: Ders./M. Niskanen/J.-A. Junno/P. Jamison, Body mass prediction from stature and bi-iliac breadth in two high latitude populations, with application to earlier higher latitude humans. *Journal of Human Evolution* 48, 2005, 381–392.
- Ruff u. a. 2006: Ders./B. M. Holt/V. Sládek/M. Berner/W. A. Murphy jr./D. zur Nedder/H. Seidler/W. Recheis, Body size, body proportions, and mobility in the Tyrolean »Iceman«. *Journal of Human Biology* 51, 2006, 91–101.
- Sachs/Hedderich 2006: L. Sachs/J. Hedderich, *Angewandte Statistik*. Berlin: Springer ¹²2006.
- Schneider u. a. 2010: H. J. Schneider/N. Friedrich/J. Klotsche u. a., The predictive value of different measures of obesity for incident cardiovascular events and mortality. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 95(4), 2010, 1777–1785. DOI: 10.1210/jc.2009-1584
- Sibonga u. a. 2007: J. D. Sibonga/H. J. Evans/H. G. Sung/E. R. Spector/T. F. Lang/V. S. Oganov/A. V. Bakulin/L. C. Shackelford/A. D. LeBlanc, Recovery of spaceflight-induced bone loss: Bone mineral density after long-duration missions as fitted with an exponential function. *Bone* 41, 2007, 973–978.
- Sicherl 2011: B. Sicherl, Das merowingerzeitliche Gräberfeld von Dortmund-Asseln. *Bodenaltertümer Westfalens* 50. Mainz: von Zabern 2011.
- Siegmund 1998: F. Siegmund, *Pactus Legis Salicae* § 13: über den Frauenraub in der Merowingerzeit. *Frühmittelalterl. Stud.* 32, 1998, 101–123.

- Siegmund 2010: Ders., Die Körpergröße der Menschen in der Ur- und Frühgeschichte Mitteleuropas und ein Vergleich ihrer anthropologischen Schätzmethode. Norderstedt: PoD 2010.
- Smith 1999: R. J. Smith, Statistics of sexual size dimorphism. *Journal of Human Evolution* 36, 1999, 423–459.
- Stauch 2008: E. Stauch, Alter ist Silber, Jugend ist Gold? Zur altersdifferenzierten Analyse frühgeschichtlicher Bestattungen. In: S. Brather (Hrsg.), *Zwischen Spätantike und Frühmittelalter*. RGA Ergbd. 57. Berlin: de Gruyter 2008, 275–295.
- Staub u. a. 2010: K. Staub/F. J. Rühli/U. Woitek/Chr. Pfister, BMI distribution / social stratification in Swiss conscripts from 1875 to present. *Europ. Journal Clinical Nutrition* 64, 2010, 335–340.
- Tervo u. a. 2009: T. Tervo/P. Nordström/M. Neovius/A. Nordström, Reduced physical activity corresponds with greater bone loss at the trabecular than the cortical bone sites in men. *Bone* 45, 2009, 1073–1078.
- Trancik Petitpierre 1991: V. Trancik Petitpierre, Die anthropologische Auswertung der frühmittelalterlichen Skelette aus der Kirche St. Peter und Paul zu Oberwil. Archäologie und Museum. Liestal: Amt für Museen und Archäologie 1991.
- Trotter/Gleser 1952: M. Trotter/G. C. Gleser, Estimation of stature from long bones of American Whites and Negroes. *Am. Journal Physic. Anthr.* 10, 1952, 463–514; 355–356.
- Trotter/Gleser 1958: Dies., A re-evaluation of estimation of stature based on measurements of stature taken during life and of long bones after death. *Am. Journal Physic. Anthr.* 16, 1958, 79–123.
- Ulijaszek/Lofink 2006: St. J. Ulijaszek/H. Lofink, Obesity in biocultural perspective. *Annu. Rev. Anthr.* 35, 2006, 337–360.
- Ulrich-Bochsler 1988: S. Ulrich-Bochsler, Die anthropologischen Forschungen. In: P. Eggenberger/M. Rast Cotting/S. Ulrich-Bochsler (Hrsg.), *Rohrbach: Reformierte Pfarrkirche*. Bern: Haupt 1988, 103–111.
- Ulrich-Bochsler 1997: Dies., Anthropologische Befunde zur Stellung von Frau und Kind in Mittelalter und Neuzeit: soziobiologische und soziokulturelle Aspekte im Lichte von Archäologie, Geschichte, Volkskunde und Medizingeschichte. Schriftenreihe der Erziehungsdirektion des Kantons Bern/Archäologischer Dienst. Bern: Haupt 1997.
- Ulrich-Bochsler 2006: Dies., Anthropologische Rekonstruktion einer frühmittelalterlichen Bevölkerung aus dem Berner Seeland. In: C. Kissling/S. Ulrich-Bochsler (Hrsg.), *Kallnach-Bergweg: Das frühmittelalterliche Gräberfeld und das spätrömische Gebäude*. Bern: Rub Media 2006, 113–176.
- Ulrich-Bochsler 2009: Dies., Anthropologische Auswertung der Gräber. In: P. Eggenberger/R. Bacher/J. Frey/S. Frey-Kupper/A. Heigold-Stadelmann/S. Ulrich-Bochsler (Hrsg.), *Seeberg, Pfarrkirche: die Ergebnisse der Bauforschungen von 1999/2000*. Bern: Archäologischer Dienst des Kantons Bern 2009, 217–248.
- Ulrich-Bochsler/Meyer 1992: Dies./L. Meyer, Die anthropologischen Forschungen. In: P. Eggenberger/M. Bossert/S. Ulrich-Bochsler (Hrsg.), *Walkringen: Reformierte Pfarrkirche*. Bern: Staatlicher Lehrmittelverlag 1992, 91–144.
- Ulrich-Bochsler/Meyer 1994: Dies./L. Meyer, Die anthropologischen Forschungen. In: P. Eggenberger/S. Ulrich-Bochsler, *Steffisburg: Reformierte Stadtkirche*. Bern: Haupt 1994, 101–159.
- Wahl/Kokabi 1988: J. Wahl/M. Kokabi, Das römische Gräberfeld von Stettfeld I: Osteologische Untersuchung der Knochenreste aus dem Gräberfeld. *Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg* 29. Stuttgart: Theiss 1988.
- Weis 1999: M. Weis, Ein Gräberfeld der späten Merowingerzeit bei Stetten an der Donau. *Materialh. Arch. Baden-Württemberg*. Stuttgart: Theiss 1999.
- Welon u. a. 2002: Z. Welon/A. Szklarska/T. Bielicki/R. M. Malina, Sex differences in the pattern of age-dependent increase in the BMI from 20 – 59 years. *Am. Journal Physic. Anthr.* 14, 2002, 693–698.