

Wegleitung Körperhöhenschätzung

[Guidelines for stature estimation]

FRANK SIEGMUND

Dittingerstrasse 33, 4053 Basel, Switzerland; www.frank-siegmund.de

Zusammenfassung

Angesichts der überwältigenden Fülle von Literatur zur Körperhöhenschätzung gibt der Beitrag eine kurze Wegleitung für Praktiker, welche Formeln und Entscheidungen nach aktuellem Kenntnisstand für archäologische Serien aus Mitteleuropa zu richtigeren und besser vergleichbaren Ergebnissen führen. Er fasst die Diskussion zu den in Europa am häufigsten verwendeten Schätzformeln für die Körperhöhe zusammen (Rösing 1988, Siegmund 2010) und gibt darüber hinaus eine erste Einschätzung der neuen Formeln von Ruff u.a. (2012). Einige gelegentlich aus praktischen Gründen erwogene Modifikationen der ursprünglich vorgesehenen Anwendung der Formeln werden diskutiert und ihre Auswirkungen auf der Ergebnisse abgeschätzt. Die resultierenden Empfehlungen werden dem Text vorangestellt und anschliessend in Form von sieben Thesen begründet und diskutiert.

Schlüsselwörter: Körperhöhe, Körpergröße, Methodik, gute Praxis

Summary

Given the overwhelming amount of literature on body height estimation, the present contribution offers guidelines to researchers in order to decide and apply the most appropriate stature estimation formula based on current knowledge from Central European archaeological series, and to gain better and more comparable results. It summarizes the discussion of the most commonly used stature estimation formulas in Europe (Rösing 1988, Siegmund 2010) and gives a first assessment of new published formulas (Ruff *et al.* 2012). Some modifications of the original formulas – occasionally used for practical reasons – are discussed and their impact on the results is being assessed. The resulting recommendations are presented and justified in the form of seven theses.

Keywords: stature, body height estimation, methods, good practice

Einleitung und Zielsetzung

Die Schätzung der ehemaligen Lebendhöhe aus Langknochen von (prä-) historischem Skelettmaterial ist scheinbar eine einfache Rechenaufgabe, realiter aber mit allerlei theoretischen und praktischen Problemen und Entscheidungen behaftet. Angesichts der Fülle an Literatur zu einem seit gut 120 Jahren wissenschaftlich diskutierten Thema fragen Praktiker immer wieder nach einer kurzen Wegleitung auf aktuellem Wissensstand, die es erlaubt, langwierige gründliche Literaturstudien hintan zu stellen. Der vorliegende Text möchte diesem Wunsch nachkommen. Bei tiefergehendem Informationsbedarf kann weiterhin auf den nützlichen Beitrag von Friedrich Rösing im Knussmann'schen Handbuch verwiesen werden (Rösing 1988), der eine Synthese aller damals wesentlichen methodischen Grundlagen bietet. Später publizierte Formeln sind dann bei Siegmund (2010) vergleichend vorgestellt und

diskutiert. Nach neuen Formeln für indigene Nordamerikaner (Auerbach and Ruff 2010) haben nun Ruff *et al.* (2012) in einer ambitionierten Studie auf Basis einer – im positiven Sinne – räumlich diversen und grossen Stichprobe von gut erhaltenen europäischen Skeletten neue Formeln erarbeitet. An 501 Skelettindividuen, die das ganze Holozän abdecken und in denen auch Frauen gut repräsentiert sind (233 Frauen, 268 Männer), wurde deren Lebendhöhe nach der modifizierten Fully-Methode (Raxter *et al.* 2006) ermittelt und daraus Schätzungen abgeleitet, die älteren Vorschlägen überlegen sein sollen. Auf diesen Arbeiten aufbauend bietet die folgende Wegleitung Entscheidungshilfen, um die besser geeigneten Formeln zu identifizieren, nennt die Gründe dafür und hilft, in der Praxis ein adäquates Vorgehen zu finden. Die einzelnen Aspekte und Entscheidungen, zu denen sich Bearbeiter positionieren müssen, werden in Form von sieben

kurzen Thesen vorgestellt, die anschliessend erläutert und begründet werden.

Empfehlungen

Für vergleichendes Arbeiten sind nur Ergebnisse brauchbar, die mit der gleichen Schätzformel berechnet wurden (These 1, Tab. 1). Unter den bekannten Schätzformeln sind Pearson (1899), Trotter und Gleser (1952) 'negro' und die Kombinierte Schätzung für vor-moderne europäische Serien besonders geeignet (These 7, Tab. 10–14); die neuen Formeln nach Ruff *et al.* (2012) führen zu ähnlich guten Ergebnissen, scheinen aber Frauen leicht zu überschätzen. Dabei hat die Ähnlichkeit der Körperproportionen der gängigen Referenzpopulationen mit der Zielpopulation keinen spürbaren Einfluss auf die Richtigkeit der Schätzergebnisse (These 6, Tab. 6–9). Körperhöhenschätzungen, die sich abweichend von der zu bevorzugenden Messung beider Körperseiten nur auf die Strecken einer Körperseite stützen, sind akzeptabel (These 3, Tab. 4). Andere Änderungen gegenüber dem ursprünglich vorgesehenen Vorgehen der einzelnen Formeln – wie beispielsweise das Schätzen nur anhand des Femurs – führen zu spürbaren Verzerrungen der Ergebnisse (These 2, 4; Tab. 2, 4). Die Auswirkung einzelner kleiner Messfehler ist demgegenüber gering (These 5, Tab. 5).

These (1)

Die Ergebnisse der verschiedenen Schätzformeln unterscheiden einander deutlich. Nur Werte, die aufgrund der gleichen Schätzformel ermittelt wurden, können sinnvoll miteinander verglichen werden.

Erwartungen an die Güte der Schätzergebnisse

Im Unterschied zu forensischen Aufgaben, die ein optimales Ergebnis für ein einzelnes Individuum anstreben, zielen Untersuchungen an (prä-) historischem Knochenmaterial vorwiegend auf Serien und Gruppen, die so zu untersuchen sind, dass daraus für historische Fragestellungen optimal vergleichbare Informationen gewonnen und bereitgestellt werden, so dass auch Vergleiche der jeweils untersuchten Individuen und Serie mit publizierten Informationen zu anderen Serien sinnvoll möglich sind. Die spätere Verwendung der Ergebnisse setzt klare Wünsche an die Genauigkeit und Richtigkeit der Schätzungen. Bei historischen

Untersuchungen gelten Unterschiede der Körperhöhe zwischen Serien und Gruppen in der Grössenordnung von wenigen Zentimetern als relevant und werden interpretiert. So unterscheiden sich z.B. die Mittelwerte der Körperhöhen für die grossen historischen Epochen in Europa seit der Neolithisierung unter Ausklammerung des 19. bis 21. Jahrhunderts um maximal 4,5 cm (Siegmund 2010, 82 ff. Abb. 7–8 und Tab. 39–40); in Studien zum 19. bis 21. Jahrhundert werden Mittelwertunterschiede von ca. einem Zentimeter als historisch relevant interpretiert (z.B. Rühli *et al.* 2008, Staub *et al.* 2011). Daran wird deutlich, wie klein die Bandbreite ist, innerhalb derer Verzerrungen tolerabel wären, die durch die Anwendung unterschiedlicher Formeln entstehen. Angewendet auf die gleiche Serie führen die Schätzformeln jedoch zu Unterschieden der Schätzergebnisse, die diesen Toleranzbereich mehr oder weniger stark überschreiten.

Formelbedingte Unterschiede der Schätzergebnisse

Die Grössenordnung der formelbedingten Unterschiede im Schätzergebnis soll hier an einer umfangreichen Sammelserie mittelalterlicher Skelette ($n=1796$; 4.–15. Jahrhundert) vorwiegend aus der Schweiz und aus Süddeutschland illustriert werden (Nachweis der Serien bei Siegmund 2012, 265 Tab. 1; zusätzlich: Kirchlindach CH, nach Ulrich-Bochsler 1983). Bei allen hier berücksichtigten Serien folgen die Messstrecken den Definitionen nach Martin (1914, 1928) bzw. Martin und Saller (1957), allen Geschlechts- und Altersbestimmungen liegt der in Europa übliche Standard zu Grunde (Ferembach *et al.* 1979). Für die Körperhöhenschätzung werden die klassischen und in der europäischen Literatur häufiger angewendeten Formeln verwendet sowie erstmals auch der neue Formelsatz von Ruff *et al.* (2012). Zu Vergleichszwecken wird die „Kombinierte Schätzung“ (Siegmund 2010, 36) berechnet, i.e. das arithmetische Mittel aus den drei Schätzungen nach Pearson (1899) und Trotter und Gleser (1952) 'white' und 'negro'. Wie Tab. 1 zeigt, differieren die Schätzergebnisse je nach Formel im Mittel um bis zu 4,5 cm. Dabei ergeben die Formeln von Pearson (1899) und von Trotter und Gleser (1952) 'negro' gemeinsam relativ niedrige Schätzungen, während jene von Breitingner (1938) und Bach (1965) sowie Trotter und Gleser (1952) 'white' zu hohen Schätzungen führen. Die neuen Formeln von Ruff *et al.* (2012) liegen nahe am Ergebnis der Kombinierten Schätzung, ein demgegenüber leicht erhöhter Wert für die Frauen fällt auf. Zudem wird im Vergleich aller Formeln unter dem Aspekt Geschlecht deutlich, dass bei Schätzungen nach Breitingner (1938) und Bach (1965)

sowie Olivier *et al.* (1978) die Abweichungen für Frauen und Männer zueinander mit um 1,5 bzw. 2,0 cm stärker ausfallen als bei den übrigen Formeln, d.h. hier möglicherweise auch eine Geschlechtsverzerrung vorliegt. Insgesamt liegt in Tab. 1 der formelbedingte Unterschied bei bis zu ca. 4,5 cm und entspricht damit der Grössenordnung des vor-modernen diachronen Trends (Siegmond 2010, 82 ff. Abb. 7–8 und Tab. 39–40).

Tab. 1: Körperhöhen-schätzungen (in cm) nach unterschiedlichen Formeln für die mittelalterliche Sammelserie aus der Schweiz und Süddeutschland (n=1796). Die Differenzen sind bezogen auf die Kombinierte Schätzung, d.h. das arithmetische Mittel der drei Schätzungen Pearson (1899), Trotter und Gleser (1952) ‘white’ und ‘negro’.

Sammelserie CH & D 4.–15. Jh. AD	Männer n=962	Frauen n=834
Pearson 1899	-1,5	-1,7
Breitinger 1938/Bach 1965	+1,5	+3,5
Trotter & Gleser 1952 ‘white’	+3,0	+2,5
Trotter & Gleser 1952 ‘negro’	-1,5	-0,8
Olivier <i>et al.</i> 1978	+0,4	+1,9
Ruff <i>et al.</i> 2012	+0,2	+1,2
Kombinierte Schätzung (cm)	168,7	157,4

These (2)

Nur die authentische Umsetzung der Schätzformeln führt zu belastbaren Ergebnissen. Abweichungen von dem in der Originalliteratur vorgesehenen Vorgehen führen zu spürbaren Verzerrungen.

Diskussion

Systematische Unterschiede können auch aus praktischen Entscheidungen resultieren, die verschiedene Bearbeiter unterschiedlich treffen. So werden immer wieder Bearbeitungen publiziert, bei denen die Körperhöhen allein anhand der Femurlänge geschätzt wurden, auch dann, wenn die Originalpublikation der Formeln ein Schätzen möglichst anhand von Femur und Tibia oder anhand aller Langknochen vorsieht. Der Effekt dieses Vorgehens wird in Tab. 2 veranschaulicht; sie zeigt die Ergebnisse, wenn die Schätzformeln so angewendet werden, wie es die Originalpublikationen vorsehen (Tab. 2, Spalte „original“), und alternativ, wenn statt dessen nur anhand des Femurs geschätzt wird. Die Unterschiede sind bei allen Formeln im Mittel gering und bleiben mit Ausnahme des Falles Bach (1965) unter 1,0 cm; der systematische Unterschied ist also im Vergleich zu den

formelbedingten Differenzen (Tab. 1) klein, aber angesichts der oben beschriebenen Erwartungen an die Genauigkeit auch keinesfalls zu vernachlässigen. Hinzuweisen ist zudem auf die Tatsache, dass die Standardabweichungen meist bei um 1,5 bis 2,0 cm liegen, was die individuellen Differenzen jenseits des systematischen Unterschieds beschreibt. Insgesamt führt das abweichende Vorgehen demnach zu einer zusätzlichen und unnötigen Unschärfe, welche die Vergleichbarkeit der Schätzungen beeinträchtigt und daher vermieden werden sollte.

Tab. 2: Mittelwerte der Körperhöhen-schätzungen (in cm) nach verschiedenen Formeln für die auch in Tab. 1 verwendete mittelalterliche Sammelserie. Zunächst wurden die Formeln in exakt jener Weise appliziert, die in der Originalpublikation vorgesehen ist. Anschliessend wurde für jedes Individuum nur die jeweilige Femurformel angewendet; die Spalte „nur Femur“ zeigt die mittlere Differenz zum ersten Schätzergebnis (Mittelwert \pm Standardabweichung).

Sammelserie CH & D 4.–15. Jh. AD	Männer, n = 725		Frauen, n = 655	
	original	nur Femur	original	nur Femur
Pearson 1899	168,4	+0,8 \pm 1,8	155,9	-0,1 \pm 1,5
Breitinger 1938/ Bach 1965	171,0	+0,1 \pm 1,7	160,3	+1,5 \pm 1,7
Trotter & Gleser 1952 ‘white’	171,6	-0,4 \pm 0,5	158,9	-0,4 \pm 0,5
Trotter & Gleser 1952 ‘negro’	166,9	+0,7 \pm 1,5	155,5	+0,2 \pm 1,1
Olivier <i>et al.</i> 1978	170,3	+0,0 \pm 2,7	157,3	-0,2 \pm 2,3
Ruff <i>et al.</i> 2012	168,8	+0,4 \pm 1,9	158,6	+0,7 \pm 1,6
Komb. Schätzung	169,0	+0,5 \pm 1,5	156,8	-0,1 \pm 1,1

These (3)

Die Messung beider Körperseiten und deren Berücksichtigung bei der Körperhöhen-schätzung ist das optimale Vorgehen. Das Messen nur einer Körperseite – meist wird die linke gewählt – führt jedoch zu nur geringen und daher vernachlässigbaren Abweichungen.

Diskussion

Aus Effizienzgründen wird bei Bearbeitungen manchmal systematisch nur eine Körperseite vermessen und die andere Körperseite nur dann herangezogen, wenn mangels Erhaltung die bevorzugte Seite nicht vermessenbar ist. Der menschliche Körper ist jedoch asymmetrisch, die einzelnen Knochen einer Körperseite können länger oder kürzer sein als jene der anderen Seite, so dass einseitige Befundungen möglicherweise

einen systematischen Fehler verursachen. Nach der umfassenden Studie von Auerbach und Ruff (2006) ist der Seitenunterschied – bei nennenswerter individueller Variabilität – in der Länge der Beinknochen im Mittelwert der Populationen jedoch nahe Null, während die Armknochen wegen der bekannten Tendenz zur Rechtshändigkeit tendenziell rechts kräftiger und auch ein wenig länger ausfallen; der Rechts-Links-Unterschied in den Humerus- und Radiuslängen beträgt um 1 %. Daher wird hier an einem konkreten Fall veranschaulicht, ob die Entscheidung für einseitige Messungen spürbare Auswirkungen hat; dazu wird die mittelalterliche Serie von Westerhus (Mittelschweden, 13.–14. Jh.; Gejvall 1960) herangezogen, die in ihrer Metrik und ihren Körperproportionen mittelalterlichen Serien aus der Schweiz sehr ähnlich ist und für die aufwendig viele Daten von beiden Körperseiten publiziert sind. Für Westerhus sind die resultierenden Unterschiede in den Körperhöhen klein, sie liegen mit einer Ausnahme – die Männer nach Olivier u.a. 1978 – im Mittelwert durchweg unter 0,2 cm bei ebenfalls geringen Standardabweichungen (Tab. 3). Angesichts des angestrebten praktischen Effizienzgewinns und im Vergleich zu anderen Fehlerquellen macht dieses Vorgehen einen sehr geringen und somit hinnehmbaren Unterschied aus; allerdings ist das Messen beider Körperseiten robuster gegenüber punktuellen Beobachterfehlern.

Tab. 3: Westerhus (13.–14. Jh.), Mittelschweden: Mittelwerte der Körperhöhenschätzungen, die auf den Massen beider Körperseiten beruhen, und die Differenz (beidseitig minus linksseitig) zu jenen Schätzungen, die auf Messungen allein der linken Körperseite beruhen und nur ersatzweise die Daten der rechten Seite heranziehen.

Westerhus (Gejvall 1960)	Männer, n = 47		Frauen, n = 63	
	beidseitig	links	beidseitig	links
Pearson 1899	168,4±5,3	+0,2±0,3	155,9±4,8	+0,2±0,2
Breitinger 1938/ Bach 1965	171,0±4,6	+0,1±0,2	160,3±3,7	+0,0±0,4
Trotter & Gleser 1952, 'white'	171,6±6,4	-0,1±0,4	158,9±6,5	-0,1±0,2
Trotter & Gleser 1952, 'negro'	166,9±5,6	-0,1±0,3	155,5±6,0	-0,1±0,2
Olivier <i>et al.</i> 1978	170,3±6,8	+0,9±1,4	157,3±6,1	-0,0±0,5
Ruff <i>et al.</i> 2012	169,3±7,4	-0,2±0,5	157,8±6,7	-0,1±0,3
Komb. Schätzung	169,0±5,7	-0,0±0,3	156,7±5,8	+0,0±0,4

These (4)

Schätzungen nach Breitinger (1938) und Bach (1965) unter systematischer Ausklammerung der Tibia verstärken den diesen Formeln innewohnenden Schätzfehler.

Diskussion

Gerade in der Schweiz wird bei Schätzungen nach den Formeln von Breitinger (1938) und Bach (1965), die auf den Massen aller Langkochen beruhen sollten, zumindest gesprächsweise immer wieder einmal erwogen, die Tibia systematisch auszuklammern. Als Argument wird angeführt, dass die Körperproportionen alpiner Populationen vor allem im Vergleich zu Bach (1965) unterschiedlich seien und der Einbezug der Tibia bei Schweizer Serien die Individuen „zu klein“ mache (vgl. die Tabellen bei Kissling/Ulrich-Bochsler 2006, 137 Tab. 14–15). Der resultierende Unterschied zwischen dem authentischen Vorgehen und der Modifikation „ohne Tibia“ bedeutet an der Schweizer und süddeutschen Sammelserie bei den Frauen ein Plus von 1,4 cm (Tab. 4). An den von Rollet (1888) publizierten Daten der Lyoner Anatomieleichen, deren Lebendhöhe bekannt ist, ergibt sich nach den Formeln von Bach (1965) eine Überschätzung der Körperhöhe der Frauen von 3,4 cm; bleibt die Tibia unberücksichtigt, beträgt die Überschätzung sogar 5,7 cm, der Fehler wird also beträchtlich vergrößert. Das möglicherweise in den Publikationen undokumentiert vorkommende Fortlassen der Tibia aus den Schätzformeln sollte daher unbedingt unterbleiben und die Formeln sollten im ursprünglich publizierten Sinne angewendet werden.

Tab. 4a: Körperhöhenschätzungen nach Breitinger (1938) und Bach (1965) an der Sammelserie Schweiz und Süddeutschland (a) und an der Serie Rollet 1888 (b), im Vergleich zu Schätzungen nach Breitinger (1938) und Bach (1965) unter Auslassung der Tibia.

Tab. 4a			
Sammelserie CH & D 4.–15. Jh. AD			
	Männer n=977	Frauen n=843	
Breitinger 1938/Bach 1965	+1,5	+3,4	
Breitinger/Bach, ohne Tibia	+1,7	+4,8	
komb. Schätzung	168,7	157,4	
Tab. 4b			
Anatomieleichen Lyon (Rollet 1888)			
	Männer n=50	Frauen n=50	
Breitinger 1938/Bach 1965	+2,1	+3,4	
Breitinger/Bach, ohne Tibia	+3,0	+5,7	
Lebendhöhe	166,5	154,0	

Tab. 5: Differenz der Körperhöhe in cm zwischen einem fehlerfrei vermessenen Skelett und einem Skelett, bei dem jeweils ein Langknochen um 1, 2, 3, 4 oder 5 mm zu kurz oder zu lang notiert wurde. Ausgangspunkt der Simulation ist ein mittlerer Mann und eine mittlere Frau der Sammelserie Schweiz und Süddeutschland (4.–15. Jh.).

mittleres Skelett der Sammelserie 4.–15. Jh. <i>l</i> Knochen + <i>X</i> mm:	Mann					Frau				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Pearson 1899	0,04	0,08	0,13	0,17	0,23	0,05	0,09	0,12	0,15	0,21
Breitinger 1938/ Bach 1965	0,04	0,07	0,12	0,15	0,20	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15
Trotter & Gleser 1952 'white'	0,04	0,07	0,13	0,16	0,22	0,05	0,09	0,14	0,19	0,23
Trotter & Gleser 1952 'negro'	0,03	0,07	0,12	0,15	0,19	0,04	0,08	0,13	0,17	0,21
Olivier <i>et al.</i> 1978	0,04	0,09	0,14	0,20	0,25	0,05	0,09	0,14	0,19	0,24
Ruff <i>et al.</i> 2012	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,05	0,10	0,14	0,19	0,24
Komb. Schätzung	0,04	0,06	0,12	0,18	0,21	0,04	0,09	0,13	0,17	0,22

These (5)

Sorgfältige, fehlerfreie Befunderhebung ist stets anzustreben. Jedoch verfälschen einzelne kleine Fehler beim Messen der Strecken die späteren Ergebnisse nur in verträglichem Ausmass.

Diskussion

Um die Auswirkungen von Beobachterfehlern abschätzen zu können, wurden die Formeln auf simulierte Daten angewendet: Aus den Mittelwerten der hier genutzten Sammelserie wird ein mittlerer Mann und eine mittlere Frau abgeleitet, und anschliessend je ein Langknochen (Humerus, Radius, Ulna, Femur, Tibia, Fibula) dieser beiden fiktiven Individuen um jeweils 1, 2, 3, 4 oder 5 mm gestreckt resp. verkürzt. Damit werden einzelne Fehlmessungen oder Fehlübertragungen simuliert. Die Körperhöhe der simulierten Skelette wird geschätzt und mit der Schätzung aufgrund der Mittelwerte verglichen. Das Ergebnis ist in Tab. 5 dokumentiert. Das Experiment zeigt, dass Fehlmessungen einzelner Knochen von bis zu 5 mm die resultierende Körperhöhe um nur wenige Millimeter verändern; ein Fehler von einem halben Zentimeter verändert das Resultat um 2,0 bis 2,5 mm. Sorgfältiges, fehlerarmes Arbeiten ist anzustreben, doch zeigt die Simulation, dass kleinere Fehler verschmerzbar sind. Wie schon zu These (3) ist auch hier zu betonen ist, dass auch das Messen beider Körperseiten zur Minimierung der Auswirkungen einzelner Beobachterfehler beiträgt.

These (6)

In der Ur- und Frühgeschichte Mitteleuropas bieten die Körperproportionen der jeweils untersuchten Population keinen Anlass zur Bevorzugung einer spezifischen Schätzformel. Eine Einschränkung ist festzuhalten: die Formeln Bach (1965) beruhen auf einer relativ atypischen Referenzserie.

Diskussion

Als Anlass für die Auswahl einer spezifischen Schätzformel und für die Erstellung neuer Schätzformeln wird häufig auf die Körperproportionen verwiesen: Die Schätzergebnisse seien richtiger, wenn die Proportionen der Referenzpopulation denen der zu untersuchenden Individuen möglichst nahe kämen. Ein systematischer Vergleich der Körperproportionen einer real untersuchten Serie mit denen der üblichen Referenzpopulationen weckt Zweifel an dieser gängigen These. Denn die Streuung der individuellen Körperproportionen ist in untersuchten Serien hoch, und im Vergleich dazu liegen die Werte der Referenzpopulationen der üblichen Schätzformeln – mit wenigen bemerkenswerten Ausnahmen – nahe beieinander. Die drei klassischen Indizes, die nach Martin (1914, 1928) oder Martin und Saller (1957) die Körperproportionen anhand der Langknochen beschreiben, sind der Femoro-Tibial-Index (FTI), der Femoro-Humeral-Index (FHI) und der Humero-Radial-Index (HRI). In Tab. 6–8 sind für die hier untersuchte Sammelserie aus der Schweiz und Süddeutschland (4.–15. Jh.) die Mittelwerte dieser drei Indizes aufgetragen und jene Spannen, die sich aus

dem Mittelwert plus eine und plus zwei Standardabweichungen ergeben resp. minus eine oder zwei Standardabweichungen ergeben. In diese Spannen sind die Werte der Referenzpopulationen der hier diskutierten Schätzformeln eingetragen (Siegmund 2010, Tab. 29–31). Bis auf wenige Ausnahmen liegen alle Referenzpopulation nahe am Mittelwert und jeweils in der Spanne Mittelwert plus/minus eine Standardabweichung. Ausnahmen sind die Frauen bei Bach (1965), die einen offensichtlich sehr ungewöhnlichen FTI aufweisen (Tab. 6). Beim Femoro-Humeral-Index gibt es keine extremen Referenzpopulationen (Tab. 7), beim für die Körperhöhen weniger bedeutsamen Humero-Radial-Index (Tab. 8) liegen die Proportionen der Frauen von Bach (1965) und Olivier *et al.* 1978 und jene Männer der im 2. Weltkrieg Gefallenen, die die Grundlage für die Formel Trotter und Gleser (1952) ‘negro’ bilden, im Bereich zwischen plus/minus eine und plus/minus zwei Standardabweichungen. Die Tabellen 6–8 legen dar, dass – mit Ausnahme der Serie Bach (1965) – alle Referenzpopulationen einander ähnlich sind, wenn man deren Unterschiede mit der

Variabilität einer üblichen Untersuchungsgruppe vergleicht.

Die sich daran andeutende These, dass die Bedeutung der Körperproportionen überschätzt wird, soll anhand der Serie Rollet (1888), bei der die Lebendhöhen bekannt sind, erhärtet werden. Zu jedem Individuum dieser Serie wurden die drei Körperproportionen FTI, FHI und HRI berechnet, und dann die euklidische Distanz zu den Körperproportionen aller Referenzpopulationen. Nach dem Modell der *opinio communis* ist zu erwarten, dass der Schätzfehler der Formeln für jedes Individuum dann klein ist, wenn sein Proportionsabstand zu einer Referenzpopulation klein ist, und *vice versa*, dass der Schätzfehler grösser wird, wenn sich die Proportionen deutlicher voneinander unterscheiden. Tab. 9 zeigt die parametrische Korrelation (nach Pearson) und ihre Signifikanz auf zwischen dem Abstand der Körperproportionen und dem Schätzfehler: es besteht keinerlei Zusammenhang. Einschränkend sei betont, dass dieser Befund sich für Populationen, die von den in Mitteleuropa üblichen Proportionen stark abweichen, anders darstellen kann. Für das hier betrachtete Raum-Zeit-Fenster hingegen ist die Aussage der Tab. 6–9 eindeutig: die Körperproportionen der Zielpopulation bieten keinen Grund für die Bevorzugung einer Schätzformel gegenüber einer anderen Schätzformel, wobei Bach (1965) eine gewisse Sonderstellung einnimmt.

Tab. 6: Vergleich Femoro-Tibial-Index (FTI) zwischen der mittelalterlichen Sammelserie Schweiz und Süddeutschland und den Referenzpopulationen, die den Schätzformeln zu Grunde liegen. Die in Kursivschrift gesetzten Zeilen enthalten den an der Sammelserie beobachteten Mittelwert (m, mean) und die Werte jeweils Mittelwert plus resp. minus eine Standardabweichung (1sd) und zwei Standardabweichungen (2sd). In die entsprechenden Spannen dazwischen sind die Referenzpopulationen mit ihren Indexwerten eingetragen. Die Formeln von Trotter und Gleser (1952) beruhen teils auf Gefallenen des Zweiten Weltkriegs („WW-II“), teils auf der Terry Collection („Terry Coll.“). Die Formeln von Pearson (1899) beruhen auf der Serie von Rollet (1888).

	FTI Männer	FTI Frauen
		91,2: Bach 1965
<i>m+2sd</i>	88,5	86,9
<i>m+1sd</i>	84,7	84,0
	83,0: Breitinger 1938 82,3: WW-II ‘negro’ 82,2: Terry Coll. ‘negro’ 81,8: Olivier <i>et al.</i> 1978	81,6: Terry Coll. ‘negro’
<i>mean</i>	80,8	81,2
	80,7: Ruff <i>et al.</i> 2012 80,6: WW-II ‘white’ 80,3: Rollet 1888 80,2: Terry Coll. ‘white’	80,8: Olivier <i>et al.</i> 1978 80,5: Ruff <i>et al.</i> 2012 79,9: Terry Coll. ‘white’ 79,4: Rollet 1888
<i>m-1sd</i>	77,0	78,4
<i>m-2sd</i>	73,1	75,6

Tab. 7: Vergleich Femoro-Humeral-Index (FHI) zwischen der mittelalterlichen Sammelserie Schweiz und Süddeutschland und den Referenzpopulationen, die den Schätzformeln zu Grunde liegen. Die in Kursivschrift gesetzten Zeilen enthalten den an der Sammelserie beobachteten Mittelwert (m, mean) und die Werte jeweils Mittelwert plus resp. minus eine Standardabweichung (1sd) und zwei Standardabweichungen (2sd). In die entsprechenden Spannen dazwischen sind die Referenzpopulationen mit ihren Indexwerten eingetragen. Vgl. Tab. 6.

	FHI Männer	FHI Frauen
<i>m+2sd</i>	77,4	76,1
<i>m+1sd</i>	74,3	73,6
	71,8: Rollet 1888 71,6: Terry Coll. ‘white’ 71,5: Ruff <i>et al.</i> 2012 71,2: Olivier <i>et al.</i> 1978	72,7: Olivier <i>et al.</i> 1978 71,1: Ruff <i>et al.</i> 2012
<i>mean</i>	71,1	71,0
	70,6: Terry Coll. ‘negro’ 70,5: WW-II ‘white’ 69,7: Breitinger 1938 69,3: WW-II ‘negro’	70,2: Rollet 1888 70,2: Terry Coll. ‘white’ 69,8: Bach 1965 69,7: Terry Coll. ‘negro’
<i>m-1sd</i>	68,0	68,5
<i>m-2sd</i>	64,8	66,0

Tab. 8: Vergleich Humero-Radial-Index (HRI) zwischen der mittelalterlichen Sammelserie Schweiz und Süddeutschland und den Referenzpopulationen, die den Schätzformeln zu Grunde liegen. Die in Kursivschrift gesetzten Zeilen enthalten den an der Sammelserie beobachteten Mittelwert (m, mean) und die Werte jeweils Mittelwert plus resp. minus eine Standardabweichung (1sd) und zwei Standardabweichungen (2sd). In die entsprechenden Spalten dazwischen sind die Referenzpopulationen mit ihren Indexwerten eingetragen. Vgl. Tab. 6.

	HRI Männer	HRI Frauen
<i>m+2sd</i>	82,4	83,8
	79,8: WW-II 'negro'	80,6: Bach 1965
<i>m+1sd</i>	79,5	79,8
	79,1: Terry Coll. 'negro'	78,0: Terry Coll. 'negro'
	78,1: Breitinger 1938	
<i>mean</i>	76,6	75,8
	76,3: Ruff <i>et al.</i> 2012	75,1: Ruff <i>et al.</i> 2012
	75,8: WW-II 'white'	74,2: Terry Coll. 'white'
	75,6: Rollet 1888	74,2: Rollet 1888
	75,4: Olivier <i>et al.</i> 1978	
	75,1: Terry Coll. 'white'	
<i>m-1sd</i>	73,6	71,7
		70,4: Olivier <i>et al.</i> 1978
<i>m-2sd</i>	70,7	67,7

These (7)

Für mitteleuropäische (prä-) historische Serien sind die Schätzformeln nach Pearson (1899), Trotter und Gleser (1952) 'negro' und die Kombinierte Schätzung besonders geeignet. Andere häufig angewendete Formeln überschätzen die Körperhöhe (Breitinger 1938, Bach 1965, Trotter und Gleser 1952 'white') oder führen zu Verzerrungen zwischen den Geschlechtern (Bach 1965, Olivier *et al.* 1978, Ruff *et al.* 2012). Doch auch die Ergebnisse der drei besser geeigneten Formeln differieren oft um ca. 1 cm voneinander, so dass – siehe These (1) – auch dann nach Möglichkeit nur solche Ergebnisse miteinander verglichen werden sollten, die auf identischen Formeln beruhen.

Diskussion

Während für die hier herangezogene grosse archäologische Serie in Tab. 1 nur die Kombinierte Schätzung als Vergleichswert herangezogen werden kann, stehen für vier weitere Serien publizierte Lebendhöhen zur Verfügung. Für zwei dieser Serien kann auf Lebendhöhen zurückgegriffen werden, die nach der 'anatomischen Methode' (Fully 1956) ermittelt wurden: eine kleine Serie von Skeletten mitteleuropäischer Neolithiker (Schmidt *et al.* 2007, Tab. 10) und eine

Tab. 9: Zusammenhang (Korrelation) zwischen Schätzfehler und Nähe der Individuen zur Referenzpopulation der jeweiligen Schätzformeln, berechnet für die Serie Rollet 1888. Tabelliert ist der Korrelationskoeffizient (nach Pearson) und seine Signifikanz; in allen Fällen liegt die Korrelation nahe Null, d.h. es besteht kein Zusammenhang, und sie erreicht in keinem Fall das Signifikanzniveau von kleiner 0,05.

Serie: Rollet 1888 (n=100)	Korrelationskoeffizient	Signifikanz
Pearson 1899	-0,086	0,396
Breitinger 1938/Bach 1965	0,171	0,089
Trotter & Gleser 1952 'white'	-0,073	0,469
Trotter & Gleser 1952 'negro'	-0,164	0,104
Olivier <i>et al.</i> 1978	-0,005	0,960
Ruff <i>et al.</i> 2012	-0,062	0,543

grosse Sammelserie von indigenen Nordamerikanern (Auerbach und Ruff 2010, Tab. 11). Für die neolithische Serie hat die Jenenser Forschungsgruppe um H. Bruchhaus einige Skelette aus Mitteldeutschland nach der konventionellen Fully-Methode vermessen (Fully 1956), die nach Forschungen von M. Raxter u.a. (2006) die Lebendhöhe um etwa 2,4 cm unterschätzt. Demnach läge der ideale Wert der Abweichungen in Tabelle 10 bei etwa -2,4 cm, nach anderen Studien zu den Fully-Schätzungen (Maijanen 2009) fällt diese Unterschätzung um ca. 1 cm geringer aus, d.h. der Optimalwert läge bei ca. -1,4 cm. Auerbach und Ruff (2010) haben indigene Nordamerikaner nach der modifizierten Fully-Methode untersucht, und zwar 2'621 Individuen aus 149 Populationen. In Tabelle 11 sind die von ihnen veröffentlichten Mittelwerte der zu zehn geographischen Regionen zusammengefassten Populationen wie Individuen behandelt und deren Körperhöhen geschätzt.

Aus der Moderne stehen zwei Serien mit Toten archivalisch bekannter Lebendhöhe zur Verfügung: Aus der Mitte des 19. Jahrhunderts die Anatomieleichen aus Lyon (Tab. 12, Rollet 1888), die ihre Kindheit und Jugend mehrheitlich noch unmittelbar vor der Zeit vor der Industriellen Revolution verbracht haben. Aus der Mitte des 20. Jahrhunderts legt der damals als Forensiker tätige George Fully (1955) die Daten von fünfzehn Männern vorwiegend französischer Herkunft vor, die Anfang bis Mitte 1945 verstorben waren (Tab. 13); es handelt sich um Deportierte, die gegen Kriegsende in deutschen Lagern gestorben waren und nach dem 2. Weltkrieg identifiziert und in ihre Heimat überführt wurden.

Als weitere, wenn auch etwas weniger harte Beobachtung wird die Serie aus Eichstetten herangezogen; hierbei handelt es sich um ein frühmittelalterliches Gräberfeld des 6.–7. Jahrhunderts

Tab. 10: Schätzungen der Körperhöhe im Vergleich zu Lebendhöhen nach Fully (1956) an mitteldeutschen Neolithikern (Schmidt *et al.* 2007); dargestellt ist die Differenz Schätzung minus Fully-Höhe. Der erwartete Sollwert liegt bei ca. -1,4 bis -2,4 cm.

mitteleuropäische Neolithiker (Schmidt u.a. 2007)	Männer n=5	Frauen n=4
Pearson 1899	-2,2	-1,1
Breitinger 1938/Bach 1965	+0,7	+3,6
Trotter & Gleser 1952 'white'	+2,1	+3,4
Trotter & Gleser 1952 'negro'	-2,5	-0,1
Olivier <i>et al.</i> 1978	-1,8	+2,1
Ruff <i>et al.</i> 2012	-0,6	+2,4
Komb. Schätzung	-0,9	+0,7
Fully-Methode, original	167,9	156,9

Tab. 11: Schätzungen der Körperhöhe im Vergleich zu Lebendhöhen nach der modifizierten Fully-Methode an Sammlerisrien indigener Nordamerikaner (n=2126; Auerbach und Ruff 2010); dargestellt ist die Differenz Schätzung minus modifizierte Fully-Höhe. Der erwartete Differenz sollte nahe Null liegen.

indigene Nordamerikaner (Auerbach/Ruff 2010)	Männer 10 Regionen	Frauen 10 Regionen
Pearson 1899	+1,0	-0,2
Breitinger 1938/Bach 1965	+3,9	+4,4
Trotter & Gleser 1952 'white'	+4,2	+3,3
Trotter & Gleser 1952 'negro'	-0,1	+0,2
Olivier <i>et al.</i> 1978	+1,1	+1,7
Ruff <i>et al.</i> 2012	+1,1	+2,3
Komb. Schätzung	+1,7	+1,1
Fully-Methode, modifiziert	162,8	152,6

n. Chr. (Hollak and Kunter 2001; Siegmund 2010, 42), bei dem sorgfältige In-situ-Messungen der Skelettlängen vorliegen, die in Tab. 14 mit den Körperhöhenanschätzungen verglichen werden; der erwartete Idealwert ergibt sich aus der üblichen Leichenstreckung und läge demnach bei etwa -2,5 cm (Trotter and Gleser 1952, 512).

In der Summe ergeben die Vergleiche Tab. 10–14 einen klaren und konsistenten Befund: Für Männer liegen die Schätzungen nach Pearson (1899), Trotter und Gleser (1952) 'negro', Olivier *et al.* (1978), Ruff *et al.* (2012) sowie die Kombinierte Schätzung mit jeweils kleinen Abweichungen um ca. 1 cm nahe an den erwarteten Werten, während Breitinger (1938) sowie Trotter und Gleser (1952) 'white' um ca. 2–4 cm überschätzen. Für Frauen liegen die Schätzungen nach Pearson (1899), Trotter und Gleser (1952) 'negro' sowie die Kombinierte Schätzung mit jeweils kleinen Abweichungen bis ca. 1 cm nahe an den erwarteten Werten. Hingegen führen Bach (1965), Trotter und Gleser (1952) 'white', Olivier *et al.* (1978) und auch

Tab. 12: Körperhöhenanschätzungen für die Serie Rollet 1888. Dargestellt ist die Differenz zwischen den Schätzergebnissen und der bekannten Lebendhöhe.

Anatomieleichen Lyon (Rollet 1888)	Männer n=50	Frauen n=50
Pearson 1899	-1,2	-1,4
Breitinger 1938/Bach 1965	+2,1	+4,1
Trotter & Gleser 1952 'white'	+2,5	+2,4
Trotter & Gleser 1952 'negro'	-2,0	-0,8
Olivier <i>et al.</i> 1978	+0,6	+0,1
Ruff <i>et al.</i> 2012	-1,1	+0,8
Komb. Schätzung	-0,2	+0,1
Lebendhöhe	166,5	154,0

Tab. 13: Körperhöhenanschätzungen für die Serie Fully 1955. Dargestellt ist die Differenz zwischen den Schätzergebnissen und der bekannten Lebendhöhe.

Deportierte 2. Weltkrieg 1945 (Fully 1955)	Männer n=15
Pearson 1899	-3,0
Breitinger 1938	+0,8
Trotter & Gleser 1952 'white'	+2,3
Trotter & Gleser 1952 'negro'	-1,4
Olivier <i>et al.</i> 1978	+0,7
Ruff <i>et al.</i> 2012	-0,3
Komb. Schätzung	-0,7
berichtete Körperhöhe	170,7

Ruff *et al.* (2012) zu auffallend grossen Frauen. Der hier an mitteleuropäischen Serien erarbeitete Befund betreffs der Formeln Trotter und Gleser (1952) 'white' und 'negro' entspricht Ergebnissen, die zuletzt auch an 122 archäologischen Individuen aus den Anden (Peru und Chile) gewonnen wurden, für die zunächst (modifizierte) Fully-Körperhöhen ermittelt wurden (Pomeroy and Stock 2012); hier überschätzen die Berechnungen nach Trotter und Gleser (1952) 'negro' die Fully-Höhe um weniger als 1 cm, während sich nach Trotter und Gleser (1952) 'white' Überschätzungen von um 3,5 cm (Männer) bzw. um 4,5 cm (Frauen) ergeben.

Einer eigenen Diskussion bedarf der Befund für die neuen Formeln von Ruff *et al.* 2012, da diese Studie methodisch überzeugt, sorgfältig durchgeführt ist und auf einer guten und relativ grossen Referenzserie beruht. Nach den Schätzergebnissen für die Männer gehört diese neue Formel unbedingt gleichberechtigt an die Seite der hier empfohlenen Formeln Pearson 1899, Trotter und Gleser (1952) 'negro' sowie die Kombinierte Schätzung. Die bei Ruff *et al.* (2012) vorgeschlagene Schätzung für die Frauen führt hingegen anscheinend zu systematischen Überschätzungen von circa 1 cm. Die Erarbeitung der Formel für die Frauen

Tab. 14: Schätzungen der Körperhöhe im Vergleich zu In-situ-Skelettlängen in Eichstetten (6.–7. Jh.). Tabelliert ist die Differenz zwischen Körperhöhen-schätzung und In-situ-Messung, der erwartete Sollwert entspricht der Leichenstreckung und sollte bei ca. -2,5 cm liegen.

Eichstetten, 6.–7. Jh. (Hollak/Kunter 2001)	Männer (n=30)	Frauen (n=37)
Pearson 1899	-2,2	-4,2
Breitinger 1938/Bach 1965	+0,5	-0,5
Trotter & Gleser 1952 'white'	+2,5	+0,8
Trotter & Gleser 1952 'negro'	-2,3	-3,0
Olivier <i>et al.</i> 1978	+0,0	-0,3
Ruff <i>et al.</i> 2012	-2,0	-1,6
Komb. Schätzung	-0,7	-2,1
In-situ-Skelettlänge	170,8	161,7

beruht auf den gleichen guten Grundlagen wie die der Männer, d.h. auf der modifizierten Fully-Methode, die heute umfassend untersucht und validiert ist. Indes: die Fully-Methode (Fully 1956) wurde ausschliesslich anhand männlicher Skelette erarbeitet. In Konsequenz unserer Beobachtungen erscheint es sinnvoll, die Schätzung der 'anatomischen Körperhöhe' für Frauen zu überprüfen und nach Möglichkeit auf eine autonome Basis zu stellen; dies legt auch die Studie von Auerbach (2011) nahe, die systematische Proportionsunterschiede zwischen Frauen und Männern aufgezeigt hat.

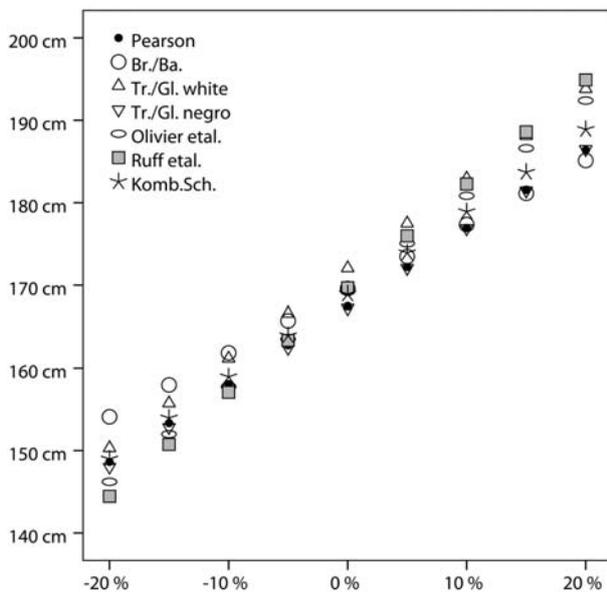


Abb. 1: Simuliert verlängerte oder verkürzte Langknochen eines mittleren Toten (Mann) und die Ergebnisse der daraus berechneten Körperhöhen. Schätzungen nach Pearson (1899), Breitinger (1938), Trotter und Gleser (1952) 'white', Trotter und Gleser (1952) 'negro', Olivier *et al.* (1978), Ruff *et al.* (2012) und Kombinierte Schätzung.

Tab. 15: Regressionsgeraden (vgl. Abb. 1–2), resultierend aus den simuliert um bis zum 20% verkleinerten bzw. um 20% vergrösserten Knochenmassen eines mittleren Individuums und den daraus berechneten Körperhöhen.

Steigung der Regressionsgeraden	Männer	Frauen
Pearson 1899	0,943	0,861
Breitinger 1938/Bach 1965	0,774	0,570
Trotter & Gleser 1952 'white'	1,085	1,093
Trotter & Gleser 1952 'negro'	0,960	0,991
Olivier <i>et al.</i> 1978	1,154	1,032
Ruff <i>et al.</i> 2012	1,261	1,130
Komb. Schätzung	0,996	0,982

Einen zusätzlichen Einblick in die unterschiedlichen Charakteristika der hier diskutierten Formeln ergibt eine Simulation. Dazu wurde auf der Basis der Mittelwerte unserer mittelalterlichen Sammelserie zunächst wiederum ein durchschnittlicher männlicher und ein durchschnittlicher weiblicher Toter berechnet und anschliessend von den Mittelwerten ausgehend deren Langknochen in Schritten von jeweils 5 % auf maximal 20 % vergrössert resp. geschrumpft. In den Streudiagrammen Abb. 1–2 ist diese simulierte Schrumpfung bzw. Vergrösserung gegen die aus den resultierenden Knochenmassen geschätzte Körperhöhe aufgetragen, Tab. 15 zeigt die Steigungen der jeweiligen

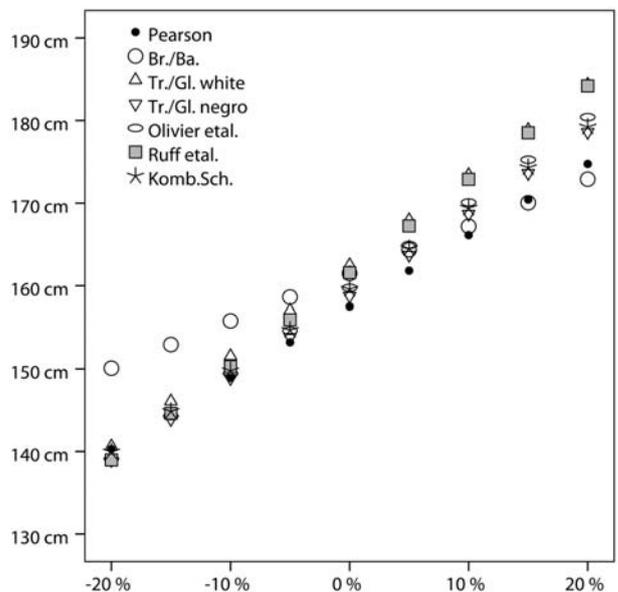


Abb. 2: Simuliert verlängerte oder verkürzte Langknochen einer mittleren Toten (Frau) und die Ergebnisse der daraus berechneten Körperhöhen. Schätzungen nach Pearson (1899), Bach (1965), Trotter und Gleser (1952) 'white', Trotter und Gleser (1952) 'negro', Olivier *et al.* (1978), Ruff *et al.* (2012) und Kombinierte Schätzung.

Regressionsgeraden. Bei Männern wie Frauen liegen die Geraden und deren Steigung nach Pearson (1899) und Trotter und Gleser (1952) 'negro' nahe beieinander, die Formeln wirken sehr ähnlich. Ebenso liegen Trotter und Gleser (1952) 'white' und Ruff u.a. (2012) nahe beieinander und wirken ähnlich. Bei den Formeln Breitinger (1938) und Bach (1965) sowie Olivier *et al.* (1978) unterscheiden sich die Steigungen für Männer und Frauen recht deutlich, d.h. hier kommt es zwischen den Geschlechtern zu Verzerrungen. Bei Breitinger (1938) und Bach (1965) verläuft die Steigung deutlich flacher als bei den anderen Formeln, und diese Tendenz ist bei den Frauen (Bach 1965) deutlich ausgeprägter als bei den Männern (Breitinger 1938); in der Wirkung werden dann kleine Individuen relativ gross geschätzt und grosse Individuen relativ niedrig geschätzt, d.h. die populationsinterne Variabilität wird gegenüber den anderen Schätzformeln verringert. Die neuen Formeln von Ruff *et al.* (2012) zeigen umgekehrt die stärksten Steigungen, d.h. sie spreizen im Vergleich zu den übrigen Formeln die populationsinterne Variabilität, und zwar bei den Männern stärker als bei den Frauen. Auch diese Beobachtungen stützten die in These (7) gegebene Empfehlung.

Schlussfolgerungen

Die vergleichende Analyse der Körperhöhe erlaubt interessante Einblicke in die Lebensumstände von Menschen und Populationen; Voraussetzung dafür sind untereinander vergleichbare Schätzergebnisse. Die in Europa üblicherweise angewendeten Schätzformeln führen z.T. zu deutlich unterschiedlichen Ergebnissen. Traditionen in der Auswahl und praktischen Anwendung der unterschiedlichen Formeln sollten von Zeit zu Zeit vor dem Hintergrund des aktuellen Forschungsstandes auf Fakten und Mythen hin überprüft werden, um sich immer wieder einer „guten Praxis“ zu vergewissern. Eine universellere Vergleichbarkeit wäre auch dann zu erreichen, wenn bei Primärbearbeitungen zusätzlich zu den Schätzergebnissen auch die Rohdaten veröffentlicht würden.

Literatur

- Auerbach BM 2011. *Methods for estimating missing human skeletal element osteometric dimensions employed in the Revised Fully Technique for estimating stature*. American Journal of Physical Anthropology 145: 67–80.
- Auerbach BM, Ruff CB 2006. *Limb bone bilateral asymmetry: variability and commonality among modern humans*. Journal of Human Evolution 50: 203–218.
- Auerbach BM, Ruff CB 2010. *Stature estimation formulae for indigenous North American populations*. American Journal of Physical Anthropology 141: 190–207.
- Bach H 1965. *Zur Berechnung der Körperhöhe aus den langen Gliedmaßen weiblicher Skelette*. Anthropologischer Anzeiger 29: 12–21.
- Breitinger E 1938. *Zur Berechnung der Körperhöhe aus den langen Gliedmassenknochen*. Anthropologischer Anzeiger 14: 249–274.
- Ferembach D, Schwidetzky I, Stloukal M 1979. *Empfehlungen für die Alters- und Geschlechtsdiagnose am Skelett*. Homo 30: 1–32.
- Fully G 1955. *L'identification des squelettes des déportés morts dans les camps de concentration Allemands*. Thèse pour le Doctorat en Medecine. Faculte de Medecine de Paris.
- Fully G 1956. *Une nouvelle méthode de détermination de la taille*. Annales de Médecine Légale et de Criminologie 36: 266–273.
- Gejvall NG 1960. *Westerhus: medieval population and church in the light of skeletal remains*. Håkan Ohlssons Boktryckeri. Lund 1960.
- Hollack B, Kunter M 2001. *Die menschlichen Skelettreste aus dem frühmittelalterlichen Gräberfeld von Eichstetten am Kaiserstuhl*. In: B. Sasse, *Ein frühmittelalterliches Reihengräberfeld bei Eichstetten am Kaiserstuhl*. Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 75. Theiss. Stuttgart, 441–474.
- Kissling C, Ulrich-Bochsler S 2006. *Kallnach-Bergweg: Das frühmittelalterliche Gräberfeld und das spätrömische Gebäude*. Rub Media Verlag. Bern.
- Maijanen H 2009. *Testing anatomical methods for stature estimation on individuals from the W. M. Bass donated skeletal collection*. Journal of Forensic Sciences 54: 746–752.
- Martin R 1914. *Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung*. Fischer. Jena.
- Martin R 1928. *Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung*. 2. Auflage. Fischer. Jena.
- Martin R, Saller K 1957. *Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung*. 3. Auflage. Fischer. Stuttgart.
- Olivier G, Aaron C, Fully G *et al.* 1978. *New estimations of stature and cranial capacity in modern man*. Journal of Human Evolution 7: 513–518.
- Pearson K 1899. *On the reconstruction of the stature of prehistoric races*. *Mathematical contributions to the*

theory of evolution 5. Philosophical transactions of the Royal Society of London A 192: 169–244.

Pomeroy E, Stock JT 2012. *Estimation of stature and body mass from the skeleton among coastal and mid-altitude Andean populations*. American Journal of Physical Anthropology 147: 264–279.

Raxter MH, Auerbach BM, Ruff CB 2006. *Revision of the Fully technique for estimating statures*. American Journal of Physical Anthropology 130: 374–384.

Rollet E 1888. *De la mensuration des os longs des membres dans ses rapports avec l'anthropologie, la clinique et la médecine judiciaire*. Gauthier-Villars. Paris.

Schmidt K, Bindl R, Bruchhaus H 2007. *Körperhöhen-schätzung an ausgewählten neolithischen und bronzezeitlichen Skeletten*. Archäologische Informationen 30: 51–69.

Staub K, Rühli FJ, Woitek U u.a. 2011. *The average height of 18- and 19-year-old conscripts (N=458,322) in Switzerland from 1992 to 2009, and the secular height trend since 1878*. Swiss Medical Weekly 2011; 141:w13238, doi:10.4414/sm.w.2011.13238.

Rösing FW 1988. *Körperhöhenrekonstruktion aus Skelettmaßen*. In: R. Knussmann (Hrsg.), *Anthropologie: Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen I*. Fischer. Stuttgart, 586–600.

Rühli F, Henneberg M, Woitek U 2008. *Variability of Height, Weight, and Body Mass Index in a Swiss Armed Forces 2005 Census*. American Journal of Physical Anthropology 137: 457–468.

Ruff CB, Holt BH, Niskanen M et al. 2012. *Stature and Body Mass Estimation From Skeletal Remains in the European Holocene*. American Journal of Physical Anthropology 148: 601–617.

Siegmund F 2010. *Die Körpergröße der Menschen in der Ur- und Frühgeschichte Mitteleuropas und ein Vergleich ihrer anthropologischen Schätzmethoden*. Books on Demand. Norderstedt.

Trotter M, Gleser GC 1952. *Estimation of stature from long bones of American Whites and Negroes*. American Journal of Physical Anthropology 10: 463–514 und 355–356.

Ulrich-Bochsler S 1983. *Die Skelettreste aus den Gräbern der Kirche Kirchlindach*. In: P. Eggenberger, *Kirchlindach: reformierte Pfarrkirche. Archäologische Grabung und bauanalytische Untersuchung 1978*. Staatlicher Lehrmittelverlag. Bern, 71–93.

Abbildungsnachweis

Alle Abbildungen: Frank Siegmund.

Anschrift

PD Dr. Frank Siegmund

Dittingerstrasse 33

4053 Basel

Switzerland

www.frank-siegmund.de; mail@frank-siegmund.de