

Methodenvergleich zur ganzheitlichen Analyse anthropometrischer Daten

Max BERNHAGEN¹, Maja NEUBERT¹, Norman HOFMANN²,
Frank DITTRICH¹, Angelika C. BULLINGER¹

¹ *Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement
Technische Universität Chemnitz
Erfenschlager Straße 73, 09125 Chemnitz*

² *Institut für Mechatronik
Reichenhainer Str. 88, 09126 Chemnitz*

Kurzfassung: Im Rahmen anthropometrischer und biomechanischer Untersuchungen bilden Daten bezüglich grundlegender Körpermaße, wie Körpergröße, Hüft- oder Taillenumfang, eine wichtige Grundlage. In der Regel erfolgt die Vermessung händisch mittels geeichter Messstäbe oder automatisch mittels hochauflösenden 3D-Scans. Durch technische Weiterentwicklungen stehen neben den teuren und wenig mobilen Körperscanmethoden alternative Verfahren zur Verfügung, wobei der mobile 3D-Scan mit der Möglichkeit der einfachen und kostengünstigen Datenaufnahme eine vielversprechende Alternative darstellt. Im Rahmen der genannten Untersuchungen sind für die Analyse oftmals zusätzliche Daten, wie die Körperzusammensetzung oder die Fettverteilung, von Interesse. Hierbei bietet die Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) eine weitere Alternative. Um den Einsatz dieser Methoden zu untersuchen, wurde im Rahmen einer Studie mit 33 Probanden die BIA, der mobile 3D-Scan durch Microsoft Kinect und das Erheben der Körperdaten mittels Messstab eingesetzt und einander gegenübergestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass der 3D-Scan für Längenmaße, jedoch nicht für Umfänge, als valide Alternative angesehen werden kann. Die BIA erzeugt hingegen in Bezug auf Umfänge valide Ergebnisse, welche denen der handvermessenen Daten entsprechen.

Schlüsselwörter: Anthropometrie, BIA-Messmethode, Körperscan, Probandenstudie, Ergonomie

1. Einleitung

Für anthropometrische Studien können derzeit Messmethoden angewendet werden, welche über die klassischen Instrumente, wie Messstäbe oder Maßbänder hinausgehen. So ist es möglich, mittels der Untersuchung der Körperzusammensetzung detailliert darzustellen, wie sich Fett- oder Muskelmasse in den Körpersegmenten verteilen. Ebenso können Körperformen und -volumina bestimmt werden, welche für ergonomische Analysen einen Mehrwert gegenüber Einzelwerten, wie Hüftumfang oder Armumfang, aufweisen. Zudem bietet eine dauerhafte Konservierung der Körperdaten die Möglichkeit zur Sekundärauswertung der zusätzlich aufgenommenen Daten zu einem späteren Zeitpunkt. Als Goldstandard wird dabei die Dual-Röntgen-Absorptiometrie (DEXA) angesehen, welche nur durch geschultes

Personal, mit einem erheblichen Aufwand und in einer klinischen Umgebung erfolgen kann. Als alternative Methode zur Datenaufnahme wird die Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) eingesetzt. Dank geeigneter Geräte erfolgt die Datenaufnahme hierbei wesentlich schneller. Zudem sind die Geräte mobil verwendbar und innerhalb kurzer Zeit aufgebaut und einsatzbereit.

Neben der Darstellung der Masseverteilung bezogen auf die Körpersegmente ist es möglich, mit Hilfe von Kamerasystemen die Form des Menschen abzubilden und damit Körpermaße zu speichern. Dafür sind unterschiedliche Verfahren denkbar. Die Schwierigkeit besteht darin, dass eine dreidimensionale Körperform korrekt detektiert und gespeichert wird. Mittels 3D-Scan wird der Proband aus einer Vielzahl von Perspektiven aufgenommen, wodurch sich in Echtzeit oder mittels Nachbearbeitung ein virtuelles Abbild des Probanden in Form einer Punktwolke oder eines Volumenkörpers reproduzieren lässt. Ziel der Untersuchung ist es, ausgewählte Verfahren für ein erweitertes Abbild eines Menschen in einer Studie einzusetzen und deren Eignung in Bezug auf die Validität der Messdaten und deren Auswirkung auf die Versuchswirtschaft zu betrachten.

2. Einsatz und Gegenüberstellung von BIA und 3D-Scan

Die BIA ist ein Messverfahren zur Analyse der Massezusammensetzung des menschlichen Körpers (Tomczak, 2003). Das Verfahren bietet eine spezifische Aufschlüsselung der Körperzusammensetzung nach dem 3-Kompartimentmodell, womit Aussagen bezüglich des Anteils der fettfreien Masse, der segmentalen Magermasse oder auch des Körperwassers ausgegeben werden. BIA-Messgeräte erzeugen ein Wechselstromsignal an Elektroden, welche auf dem Körper aufgelegt sind (Tomczak, 2003). Aufgrund der unterschiedlichen Leitfähigkeit der Körperbestandteile entsteht eine Phasenverschiebung zwischen den Widerstandsanteilen, welche detektiert wird. Durch die Verwendung mehrerer Messstellen (üblich sind re./li. Daumen, re./li. Fußballen) können mehrere Kreisläufe angesteuert und analysiert werden. Durch den Vergleich der Kreisläufe können separate Werte für die Extremitäten sowie den Rumpf ausgegeben werden. Einzig der Kopf wird nur bei der Gesamtmasse erfasst, aber nicht in die Zusammensetzungsanalyse einbegriffen. Eine Schwäche des Systems ist die Reproduzierbarkeit einiger Werte. Insbesondere hat Flüssigkeit einen starken Einfluss auf die Leitfähigkeit und den Widerstand, weshalb Messwerte bei mehrfacher Messung unter denselben Bedingungen schwanken können.

Die Entwicklung von 3D-Scannern und 3D-Messgeräten unterteilt sich in Geräte für professionelle Anwender sowie Geräte für den Konsumentenmarkt. Beispielhaft für professionelle Geräte sind komplexe und sehr hoch auflösende 3D-Scanner, wie sie für anthropometrische Reihenmessungen, wie SizeGermany (Seidl, Trieb & Wirsching, 2008), verwendet werden. Im Gegensatz dazu wurde seit 2010 von Microsoft der Kinect-Sensor in Verbindung mit einer Spielekonsole für den Konsumentenmarkt vertrieben. Später wurde eine Anbindung des Sensors an den PC sowie im Jahr 2014 eine zweite Version vorgestellt (Lachat et al., 2015). Mittels Infrarotemitter und -kamera mit einer Auflösung von 512x424 Pixeln und einer Abtastrate von 30 Herz können Tiefeninformationen detektiert werden. Mittels verbautem Beschleunigungssensor ist zudem eine Freihandbedienung möglich, wobei der Sensor händisch um das zu scannende Objekt geführt werden kann. Eingesetzt wird der Kinect-Sensor unter anderem in Forschungsprojekten zur Rekonstruktion von 3D Körpermodellen

(Zagel, Süßmuth & Bodendorf, 2013), zur Erzeugung dynamischer Avatare (Cui et al., 2012) und zur Realisierung einer kontaktlosen Mensch-Maschine-Interaktion (Villaroman, Rowe & Swan, 2011).

2.1 Versuchsplanung

Im Rahmen einer Bewegungsstudie zum Sitzverhalten von normal- und übergewichtigen Personen wurde das BIA-Messgerät InBody 770 eingesetzt, welches zu 98,4 % mit dem DEXA-Goldstandard zur Körperzusammensetzung korreliert. Entsprechende Geräte lassen sich dabei kostengünstig mieten und ohne umfangreiche Einarbeitung bedienen. Als 3D-Scanner wurde der Microsoft Kinect-Sensor verwendet. Im Gegensatz zu dem BIA-Messgerät ist dessen Genauigkeit im angestrebten Versuch und Einsatzzweck unbekannt. Daher wurde, um den Genauigkeitsbereich des Sensors abzuschätzen, im Rahmen eines Pretests eine statische Puppe mehrfach im Freihandmodus gescannt. Zudem wurde diese händisch vermessen und die Werte im Anschluss gegenübergestellt. Abbildung 1 zeigt die Vorgehensweise zur Datenreduzierung im Programm 3D-Scan sowie das Vermessen der Umfänge mittels der Software Rhino5.

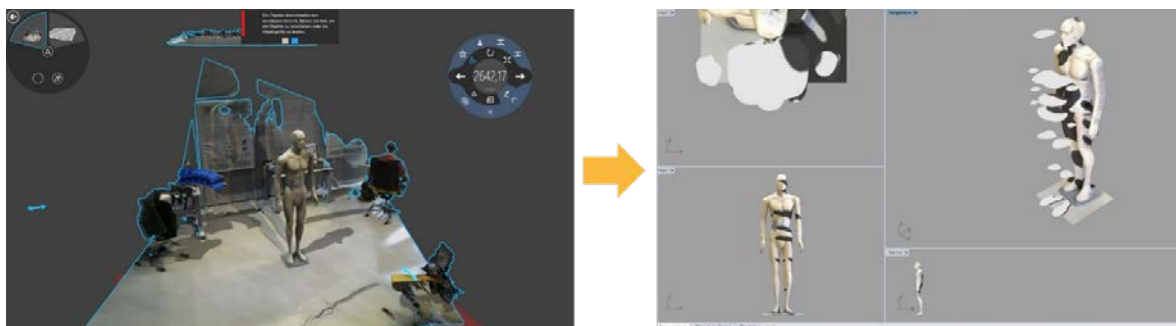


Abbildung 1: Verarbeitung des 3D-Scans zu Schnittmodellen zur Berechnung der Körpermaße

Alle Werte wurden dreifach abgetragen und gemessen, wobei die relativen Mittelwerte der jeweiligen Abweichungen in Tabelle 1 dargestellt sind.

Tabelle 1: Abweichung der jeweiligen Maße der Puppe von handvermessenen Werten

	Kopf- umfang [%]	Brust- umfang [%]	Tailen- umfang [%]	Hüft- umfang [%]	Oberschen- kelumfang [%]	Unterschen- kelumfang [%]
M	4,858	1,110	0,260	2,323	2,742	1,955
SD	4,078	3,547	11,145	10,452	10,863	10,863

Es zeigt sich, dass über alle Werte eine relative Abweichung von den real gemessenen Daten von 2,21 % ($SD = 8,49\%$) erreicht wird. Insbesondere im Hinblick auf verfahrensbedingte Abweichungen beim händischen Aufnehmen von Messwerten wurden die Abweichungen für den Rahmen der bevorstehenden Untersuchung als eine zulässige Toleranz eingestuft. Daher wurde der 3D-Scan mittels Microsoft Kinect für den Versuch ausgewählt und sollte im praktischen Einsatz validiert werden.

2.2 Versuchsdurchführung

Für den Versuch wurden alle Probanden mittels eines öffentlichen Probendenauf-rufs akquiriert. In der telefonischen Terminvereinbarung wurden körperliche Beein-trächtigungen abgefragt sowie der Hinweis gegeben, dass hautenge Kleidung zum Versuch getragen werden muss. Im Verlauf der Studie wurden die Probanden zuerst angehalten ihre Schuhe und Socken auszuziehen, um anschließend auf das BIA-Messgerät zu steigen. Hierbei wurden jeweils Hände, Fuß- und Kontaktflächen am Gerät mit einem Desinfektionsspray gereinigt. Die Probanden wurden zudem ange-leitet, sodass ihre Füße und Hände vorschriftsgemäß die Kontaktflächen berührten und die Arme weit genug vom Torso abgespreizt wurden. Der anschließende Mess-vorgang wurde vollautomatisch durchgeführt. Anschließend wurden die Probanden aufgefordert auf einer Freifläche eine Pose mit leicht abgewinkelten Armen und Beinen einzunehmen und sich nicht zu bewegen.

Es schloss sich der 3D-Scan an, wobei zusätzliche Referenzmarker am Boden Scanabbrüche vermieden haben. Drei Scanvorgänge sollten sicherstellen, dass ein Verwackeln oder grobe Fehler nicht zu einem vollständigen Datenverlust für einen Probanden führten. Im Anschluss wurden alle Probanden händisch mittels Messstab vermessen und auf einer geeichten Wage gewogen.

3. Ergebnisse

Aufgrund des Einbezugs von normal- und schwergewichtigen Probanden setzt sich die Stichprobe sehr heterogenen zusammen. Insgesamt nahmen 33 Personen (14 weiblich, 19 männlich) teil. Das Probandenkollektiv hatte ein durchschnittliches Alter von 43,45 Jahre ($SD = 15,59$, Range 21 - 73) und der durchschnittliche BMI betrug $34,27 \text{ kg/m}^2$ ($SD = 10,80 \text{ kg/m}^2$; Range $20 \text{ kg/m}^2 - 60,97 \text{ kg/m}^2$). Ebenso war die Körpergröße der Probanden vielfältig verteilt ($M = 175,05 \text{ cm}$; $SD = 10,37 \text{ cm}$; Range 152,00 - 191,50 cm). Für die Auswertung musste zudem ein Teil der Daten ausgeschlossen werden. So führte ein technischer Defekt zur Nichtverwertbarkeit von zehn BIA-Datensätzen.

Für die Gegenüberstellung der Messprinzipien wurden zum einen Umfänge ge-wählt, welche insbesondere für die Beschreibung der Körperproportionen Verwen-dung finden (Taillen- und Hüftumfang) sowie der Oberarmumfang. Längenmaße wer-den mittels des Messprinzips der BIA nicht ermittelt, weshalb diese nur zwischen der händischen Messung und den 3D-Scans verglichen werden. Alle Abweichungen von den Referenzwerten für die jeweiligen Messmethoden sind in Tabelle 2 dargestellt.

Im Bereich der Umfänge lassen sich hohe Abweichungen für den 3D-Scan fest-stellen. So liegen diese im Mittel bei ca. zehn Prozent, wobei der Hüftumfang die geringste Abweichung und gleichzeitig eine geringe Standardabweichung aufweist. Die Messergebnisse der BIA-Analyse hingegen zeigen geringere Abweichungen, jedoch sind die Werte des Oberarmumfanges stark erhöht. Zudem variieren die Abweichungen im Vorzeichen. Im Bereich der Längenmaße kann für den 3D-Scan festgehalten werden, dass geringe Abweichungen ermittelt wurden. Insbesondere die Körpergröße konnte verlässlich und mit einer geringen Standardabweichung erfasst werden. Die weiteren Messstellen Schulterbreite und Kniehöhe zeigen Abweichun-gen, welche deutlich unter fünf Prozent liegen.

Tabelle 2: Abweichungsmatrix (*n.m.* = nicht messbar)

		Tailen- umfang	Hüft- umfang	Oberarm- umfang	Körper- größe	Schulter- breite	Kniehöhe
BIA (händisch- BIA)	M	-3,38 %	4,16 %	-9,97 %	<i>n.m.</i>	<i>n.m.</i>	<i>n.m.</i>
	SD	9,31 %	5,12 %	13,29 %	<i>n.m.</i>	<i>n.m.</i>	<i>n.m.</i>
3D-Scan (händisch- 3D-Scan)	M	-11,83 %	-6,90 %	-10,22 %	0,1 %	1,61 %	3,97 %
	SD	8,46 %	3,94 %	10,37 %	0,87 %	7,14 %	5,87 %

4. Diskussion

Es kann zusammengefasst werden, dass 3D-Scan und BIA-Analyse geeignete Messmethoden für die Charakterisierung von Probanden sind. Hierbei bieten aktuelle Systeme die Möglichkeit, teilweise sehr genaue Ergebnisse im Vergleich zu Goldstandards, wie etwa den händischen Messverfahren, zu ermöglichen. Jedoch ist insbesondere für das kostengünstige Messverfahren des 3D-Scans mittels Microsoft Kinect eine sorgfältige Planung der Versuche von Nöten. Im aktuellen Versuch zeigte sich, dass einige Probanden nicht der Aufforderung folgten hautenge Kleidung zu tragen. Daraus resultierende Verwerfungen der Kleidung haben einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität der Scans. Es zeigte sich hierbei ein Zusammenhang zwischen Qualität der Scans und der Abweichungen. Ein weiteres positives Merkmal der Ergebnisse ist, dass die ermittelten Umfänge der 3D-Scans konstant größer sind als die Referenzwerte. Ein Grund dafür liegt in der zu grundlegenden Gitterstruktur des Umfangmaßes, welches durch die Oberflächenbeschreibung des Volumenkörpers mittels Polygonen entsteht. Mittels Glättungsfunktionen sollte überprüft werden, ob sich die Abweichungen dadurch reduzieren lassen und sich die geometrische Umfangbeschreibung stärker an den tatsächlichen Verlauf anpassen lässt. Dieser Effekt hat ebenfalls einen erheblichen Einfluss auf die Genauigkeit der Volumenbestimmung. Ein zu erprobender Lösungsansatz zur Erhöhung der Genauigkeit ist die Verwendung von feingliedrigen zylindrischen Volumenmodellen innerhalb der Volumenkörperbegrenzungen.

Die Ergebnisgüte der BIA-Analyse lässt sich als höher im Vergleich zu den 3D-Scans einstufen. Jedoch lässt sich hierbei keine datenbasierte Erklärung der Streuung ableiten, weshalb die Genauigkeit nicht durch eine bessere Versuchsdurchführung erhöht werden kann. Jedoch sind insbesondere die Daten zur Masseverteilung und der Körperzusammensetzung eine bedeutende Bereicherung der anthropometrischen Aufnahme von Probanden, welche zusätzliche Zusammenhänge in Probandenstudien aufdecken können.

5. Literatur

Cui, Y., Chang, W., Nöll, T., & Stricker, D. (2012). KinectAvatar: fully automatic body capture using a single kinect. In Asian Conference on Computer Vision (S. 133-147). Springer, Berlin, Heidelberg.

- Lachat, E., Macher, H., Mittet, M. A., Landes, T., & Grussenmeyer, P. (2015). First experiences with Kinect v2 sensor for close range 3D modelling. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40(5), S. 93.
- Seidl, A., Trieb, R., & Wirsching, H. J. (2008). SizeGERMANY—die neue Deutsche Reihenmessung—Konzeption, Durchführung und erste Ergebnisse. *Produkt-und Produktions-Ergonomie—Aufgabe für Entwickler und Planer*, S. 391-394.
- Tomczak, J. (2003). Körperanalysen: Die bioelektrische Impedanzanalyse BIA. *FIT Wissenschaftsmagazin der Deutschen Sporthochschule Köln*, 1, 34-40.
- Villaroman, N., Rowe, D., & Swan, B. (2011). Teaching natural user interaction using OpenNI and the Microsoft Kinect sensor. In *Proceedings of the 2011 conference on Information technology education* (S. 227-232). ACM.
- Zagel, C., Süßmuth, J., & Bodendorf, F. (2013). Automatische Rekonstruktion eines 3D Körpermodells aus Kinect Sensordaten. In *Wirtschaftsinformatik* (S. 35).

Danksagung: Das IGF-Vorhaben 18636 BR I 1 der Forschungsvereinigung Trägerverein Institut für Holztechnologie Dresden e.V. - TIHD, Zellescher Weg 24, 01 217 Dresden wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Zudem gilt Herrn Philipp Hein ein ganz besonderer Dank für die konstruktive Zusammenarbeit.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

ARBEIT(s).WISSEN.SCHAF(F)T
Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung

64. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FOM Hochschule für
Oekonomie & Management gGmbH

21. – 23. Februar 2018

GfA Press

Bericht zum 64. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 21. – 23. Februar 2018

FOM Hochschule für Oekonomie & Management

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2018

ISBN 978-3-936804-24-9

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

Schriftleitung: Matthias Jäger

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet, den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

USB-Print:

Prof. Dr. Thomas Heupel, FOM Prorektor Forschung, thomas.heupel@fom.de

Screen design und Umsetzung

© 2018 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de