

# Evaluierung der Gelenkwinkelgenauigkeit von markerlosem silhouettenbasiertem und hybridem Tracking gegenüber traditionellem Marker-Tracking – Evaluierung für komplexe Bewegungen

L. Becker, Ph. Russ

**Einleitung:** Markerloses Tracking wird als potentielle Technologie gesehen um Bewegungsanalysen einfacher, schneller und besser verfügbar zu machen. Bisherige Methoden von markerlosem Tracking zeigen ein Fehlen an Genauigkeit für sportliche und medizinische Anwendungen [1,2,3,4]. Ziel dieser Studie war es, die Genauigkeit von markerlosem und hybridem Tracking des neuen Simi Shape gegenüber traditionellem marker-basiertem Tracking zu evaluieren. In einer vorherigen Studie [5] wurden bereits Hybrid-Markerkombinationen für spezifische Gelenkbewegungen evaluiert. In dieser Studie wurden komplexe Bewegungen analysiert.

**Methodik:** Aufnahmen von 12 verschiedenen Bewegungen (Fahrrad fahren, verschiedene Sprünge, Laufen, Hampelmann, Tritte und Boxschläge) wurden gemacht. Eine kommerzielle Software zur marker-basierten Bewegungsanalyse (Simi Motion 3D, <0,1 mm mittlerer Fehler) wurde verwendet um 3D-Markerdaten zu erhalten. Gelenkwinkel mit dem ISB-Standard entsprechenden Gelenkachsen berechnet.\* Markerlose silhouetten-basierte Gelenkwinkel-Daten wurden mit einer neuartigen kommerziellen Software für markerlose Bewegungsanalyse (Simi Shape) erhalten, ebenso hybride Daten durch das Verwenden verschiedener Marker-Kombinationen zur Unterstützung des Silhouetten-Trackings. Markerlose und marker-basierte bzw. hybride Daten wurden zur gleichen Zeit mit 8 Kameras (0,3MP@100Hz) aufgenommen. Für jede Bewegung wurden Aufnahmen mit  $278 \pm 229$  Bildern gemacht und Gelenkwinkel anhand des Spearman Korrelationskoeffizienten (Daten sind nicht normalverteilt) und der Standardabweichung der Winkeldifferenz verglichen.

\* berechnet mit dem Simi Motion Inverse Kinematik-Modul [6]

**Ergebnisse:** Korrelationen  $\geq 0,9$  wurden als sehr gut definiert. Reines Silhouetten-Tracking zeigt Probleme, wenn sich bei der Segmentrotation die Erscheinung der Silhouette kaum ändert. Dies kann auch Ellenbogen-Winkel beeinflussen, da der Ellenbogen eine Hyperextension anstatt einer Flexion ausführt, wenn der Arm in der Schulter stark rotiert und dadurch sehr hohe, negative Korrelationen auftreten. Auch das Becken ist durch seine annähernd rotationssymmetrische Form schwer zu tracken, wodurch Hüftwinkel beeinflusst werden. Außerdem ändert sich die Silhouette bei einer Eversion/Inversion des Fußes kaum, die dadurch markerlos nicht präzise getrackt werden kann. Benutzt man Hybrid-Tracking in Simi Shape, was bedeutet, dass zusätzliche Marker das Silhouetten-Tracking unterstützen, erhält man mit insgesamt 19 Markern sehr gute Ergebnissen in allen Gelenken. Probleme treten nur für Eversionen/Inversionen sowie Abduktionen/Adduktionen des Fußes auf, wenn markerlose und Hybrid-Daten mit in Simi Motion getrackten, marker-basierten Daten verglichen werden. Dies kommt durch unterschiedlich gebaute Kniemodelle zustande. Werden markerlose und Hybrid-Daten mit komplett marker-basiertem Tracking in Simi Shape ohne Verwendung von Silhouetten-Korrespondenzen (unter Verwendung des gleichen Mensch-Modells) verglichen, sind die Ergebnisse gut. Der Mittelwert der Korrelation von Fuß-Eversionen/Inversionen ist gut, aber nicht sehr gut, weil viele Bewegungen mit nur sehr kleinen Bewegungsumfängen durchgeführt wurden.

Tab. 1: Korrelationen und Standardabweichungen der Winkeldifferenz von markerlosen und Hybrid-Daten aus Simi Shape vs. marker-basierten Daten aus Simi Motion. Dargestellt sind Mittelwerte und Standardabweichungen über alle Bewegungen sowie Körperseiten. Korrelationskoeffizienten  $\geq 0,9$  in grün,  $\geq 0,7$  in gelb,  $< 0,7$  in rot dargestellt

Gelenk	Bewegung	MARKERLOS		HYBRID		verwendete Marker
		Korrelation	SD der Winkeldiff. [°]	Korrelation	SD der Winkeldiff. [°]	
Hüfte	Flexion/Extension	0,82 ( $\pm 0,21$ )	6,4 ( $\pm 2,9$ )	0,99 ( $\pm 0,02$ )	1,7 ( $\pm 0,8$ )	3 Becken
	Abduktion/Adduktion	0,51 ( $\pm 0,45$ )	4,6 ( $\pm 1,5$ )	0,94 ( $\pm 0,09$ )	1,2 ( $\pm 0,7$ )	3 Becken
	Rotation	0,41 ( $\pm 0,32$ )	9,2 ( $\pm 3,8$ )	0,93 ( $\pm 0,05$ )	1,6 ( $\pm 0,8$ )	3 Becken, lat. und med. Knie
Knie	Flexion/Extension	0,98 ( $\pm 0,03$ )	2,6 ( $\pm 1,1$ )	sehr gutes markerloses Tracking		
Fuß	Plantar-/Dorsalflexion	0,91 ( $\pm 0,08$ )	5,3 ( $\pm 2,9$ )	0,96 ( $\pm 0,04$ )	2,4 ( $\pm 1,0$ )	Vorfuß, Ferse
	Eversion/Inversion	0,26 ( $\pm 0,42$ )	5,0 ( $\pm 2,4$ )	0,38 ( $\pm 0,33$ )	3,6 ( $\pm 1,6$ )	lat. und med. Knöchel
	Abduktion/Adduktion	0,34 ( $\pm 0,40$ )	7,2 ( $\pm 3,9$ )	0,40 ( $\pm 0,45$ )	4,8 ( $\pm 2,8$ )	lat. und med. Knie, Vorfuß, Ferse
Schulter	Flexion/Extension	0,96 ( $\pm 0,02$ )	7,1 ( $\pm 3,8$ )	gutes markerloses Tracking (hohe Standardabweichungen der Winkeldifferenz wegen unterschiedlich definierter Schultergelenkzentren)		
	Abduktion/Adduktion	0,89 ( $\pm 0,16$ )	2,8 ( $\pm 1,2$ )	0,94 ( $\pm 0,05$ )	2,5 ( $\pm 1,5$ )	lat. Ellenbogen, Trizeps
	Rotation	0,49 ( $\pm 0,50$ )	39,1 ( $\pm 51,9$ )	0,95 ( $\pm 0,03$ )	4,9 ( $\pm 4,1$ )	lat. Ellenbogen, Trizeps
Ellenbogen	Flexion/Extension	0,42 ( $\pm 0,70$ )	20,6 ( $\pm 28,3$ )	0,92 ( $\pm 0,07$ )	4,1 ( $\pm 2,6$ )	lat. Ellenbogen, Trizeps

\* Markerlose und Hybrid-Tracking-Ergebnisse verglichen mit marker-basiertem Tracking in Simi Shape ohne Benutzen von Silhouetten-Korrespondenzen (das gleiche Modell wurde benutzt)

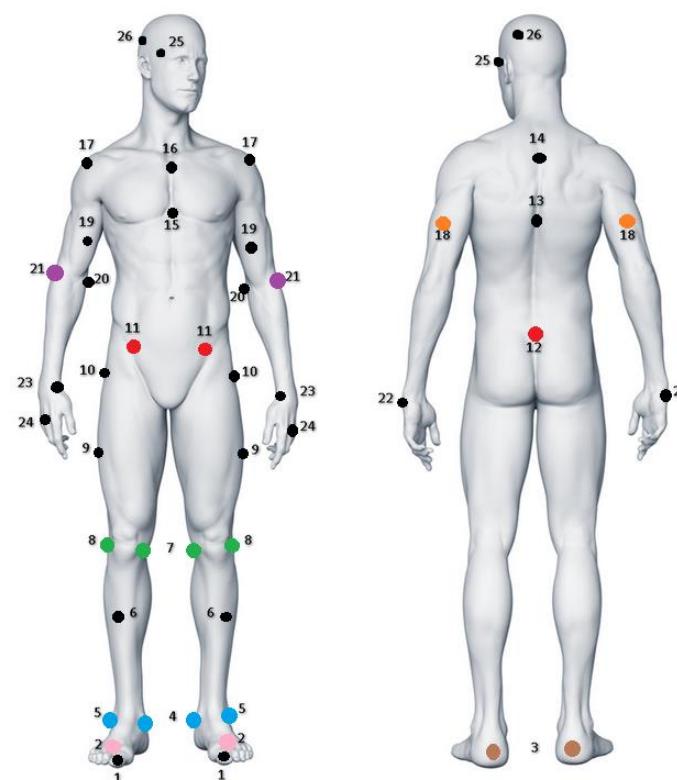


Abb. 1: Ganzkörper-Markerset – Marker für Hybrid-Tracking farblich markiert

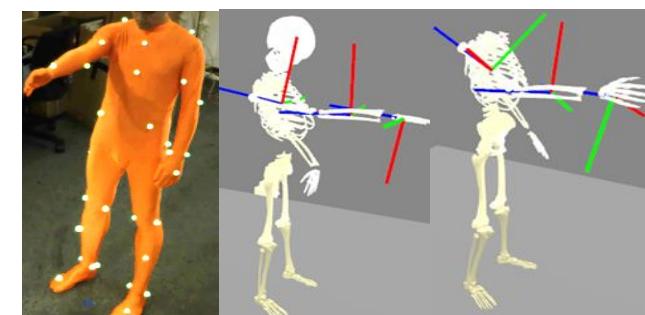


Abb. 2: Kamerabild, marker-basierte Daten, markerlose Daten

**Diskussion:** Diese Studie zeigt, dass durch markerloses Tracking von verschiedenen und komplexen Bewegungen in manchen Gelenken gute Ergebnisse erreicht werden können. Um sehr gute Ergebnisse in allen Gelenkwinkeln zu erreichen, wird ein Hybrid-Tracking mit ein paar zusätzlichen Markern/Markierungen benötigt um das Silhouetten-Tracking zu unterstützen. Dies ist besonders für Segmente, bei denen sich die Silhouette während einer Rotation kaum ändert der Fall. Es wurde gezeigt, welche Marker notwendig sind um gute Gelenkwinkel-Ergebnisse beim Tracken von komplexen Bewegungen zu erhalten. Bei Durchführen eines hybriden Trackings mit 19 Markern anstelle eines marker-basierten Trackings mit einem Ganzkörper-Markerset mit 37 Markern werden vergleichbare Inverse Kinematik-Daten erhalten. In dieser Studie wurden nur Marker, die im marker-basierten Tracking benutzt wurden, für das Hybrid-Tracking getestet. Verschiedene Markerplatzierungen könnten in weiteren Studien untersucht werden.

## References:

[1] Ceseracciu E, Sawacha Z, Cobelli C (2014) Comparison of Markerless and Marker-Based Motion Capture. Technologies through Simultaneous Data Collection during Gait: Proof of Concept. PLoS ONE 9(3): e87640. doi:10.1371/journal.pone.0087640  
 [2] Corazza, S., Mündermann, L., Gambaretto, E., Ferrigno, G., Andriacchi, T.P. (2009). Markerless Motion Capture through Visual Hull, Articulated ICP and Subject Specific Model Generation. Int J Comput Vis (2010) 87:156-169. DOI 10.1007/s11263-009-0284-3  
 [3] Oberländer K.D., Brüggemann G.-P. Validation of a real-time markerless tracking system for clinical gait analysis. Proc of 35. Annual Meeting of the American Society of Biomechanics, Long Beach, USA, 2011  
 [4] Surer E, et al. A markerless estimation of the ankle-foot complex 2D kinematics during stance. Gait Posture (2011), doi:10.1016/j.gaitpost.2011.01.003  
 [5] Becker, L., Russ, Ph. (2015) Evaluation of joint angle accuracy using markerless silhouette based tracking and hybrid tracking against traditional marker tracking. Poster für Masterarbeit bei Simi Reality Motion Systems GmbH und der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
 [6] Simi Reality Motion Systems GmbH. (2015). Motion – Benutzerhandbuch, Kap. 17