

Martin Hofmann & Kerstin Witte

# Biomechanische Technikdiagnostik des Gyaku-Zuki im Karate-Kumite unter dem Aspekt verschiedener Ausführungsvarianten

## Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Beitrags soll die im Wettkampf des Karate-Kumite am häufigsten eingesetzte Stoßtechnik Gyaku-Zuki als Ganzkörperbewegung analysiert werden. Ziel war es, unterschiedliche Technikvarianten auf Basis objektiver Bewegungsphasen miteinander zu vergleichen. Drei männliche Karateka (Kumite) führten je sechs Fauststöße in vier Ausführungsarten durch. Aufgezeichnet wurden die Stöße mit acht Vicon MX40 Kameras unter Verwendung des Plug-in-Gait-Marker-Sets. Neben der Gesamtbewegungsdauer wurden die Dauer einzelner Phasen sowie biomechanische Parameter wie maximale Geschwindigkeiten bestimmt. Weiterhin wurde der Gesamtdrehimpuls um die Körperlängsachse berechnet, um unter anderem die zeitliche Entwicklung im Verlauf der Bewegung nachzuvollziehen.

## Schlagwörter

Karate-Kumite; Gyaku-Zuki; Bewegungsanalyse

## Kontakt

Prof. Dr. Kerstin Witte

[Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg](http://otto-von-guericke-universitaet-magdeburg.de)

[kerstin.witte@ovgu.de](mailto:kerstin.witte@ovgu.de)

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) and published in the [JOMAR | Journal of Martial Arts Research](https://journals.ovgu.de/jommar) (ISSN 2567-8221) on 2019-06-11.  
For more: [j-o-mar.com](http://j-o-mar.com)

## Erstquelle

Dieser Artikel wurde zuerst veröffentlicht in:

Kuhn, P., Lange, H., Leffler, T. & Liebl, S. (Hrsg., 2011). *Kampfkunst und Kampfsport in Forschung und Lehre 2011*. 1. Internationales Symposium ‚Kampfkunst & Kampfsport‘ vom 6.-7. April 2011 in Bayreuth. Hamburg: Czwalina.

## 1 Einleitung

Nachdem das Okinawa-Te, wie das Karate ursprünglich genannte wurde, in der Mitte des letzten Jahrhunderts den Weg aus Japan nach Europa gefunden hat, ist die Entwicklung des wettkampforientierten Karate auch in Europa weiter vorangetrieben worden (vgl. Lind, 1999). Durch diese weltweite Verbreitung des Karate als attraktive Wettkampfsportart, die mit der Gründung des Shotokan-Karate seinen Ursprung hatte, sind nationale und internationale Vergleiche mittlerweile an der Tagesordnung. So finden in bestimmten zeitlichen Abständen Europa- und Weltmeisterschaften statt. Der international bedeutendste sportliche Wettkampf, die Olympischen Spiele, gehören jedoch noch nicht in den Terminplan eines aktiven Karatekas. Karate wurde vom Internationalen Olympischen Komitee zwar schon als olympische Sportart anerkannt, jedoch noch nicht im aktuellen Programm aufgenommen. Dennoch ist erstaunlich, dass trotz der weltweiten Verbreitung bisher nur wenige wissenschaftliche Publikationen die Sportart Karate betrachten. Hauptsächlich finden sich Arbeiten mit Beschreibungen zur Technikausführung (Nakayama, 1990; Wichmann, 1989) oder auch vereinzelte Analysen bzgl. konditioneller Aspekte (Lehmann & Jedliczka, 1998). In den letzten Jahren wurden jedoch auch zunehmend biomechanische Fragestellungen im Karate-Kumite betrachtet. Dabei erfolgte unter anderem die Entwicklung eines mobilen Messplatzes, mit dem erste kinematische und elektromyografische Untersuchungen zur Technikdiagnostik der Gegenfauststoßtechnik Gyaku-Zuki (Hofmann et al., 2006) und ausgewählter Beintechniken möglich waren. Durch eine Veränderung und Erweiterung des mobilen Messplatzes, die eine Analyse der Ganzkörperbewegung ermöglichte, folgten weitere Publikationen, welche vorwiegend die Analyse von Beintechniken zum Untersuchungsgegenstand haben (Witte et al., 2010).

Im Rahmen dieses Beitrags soll nun unter Verwendung eines Vicon-Messplatzes die im Wettkampf am häufigsten eingesetzte Stoßtechnik Gyaku-Zuki ebenfalls als Ganzkörperbewegung analysiert werden. Dabei war das Ziel, vier unterschiedliche Ausführungsvarianten des Gyaku-Zuki auf der Basis objektiver Bewegungsphasen miteinander zu vergleichen (Hofmann et al., 2008). Die verschiedenen Ausführungsvarianten, die sowohl den Grundschul- als auch den Wettkampfcharakter darstellen, unterscheiden sich vor allem in der Auftaktbewegung als auch beim aktiven Einsatz der Hüftbewegung. Anhand biomechanischer Parameter sollen die möglichen Unterschiede und Gemeinsamkeiten in der Bewegungsausführung untersucht werden, um Vor- und Nachteile für die Verwendung im Karate-Kumite aufzuzeigen. Im Fokus der Analyse steht insbesondere die Bestimmung der Gesamtbewegungsdauer des Gyaku-Zuki als wichtigsten biomechanischen Parameter, da eine möglichst kurze Gesamtbewegungsdauer im Wettkampf von großem Vorteil sein kann. Denn durch eine zeitlich kurze Bewegungsausführung ist die Chance höher, schneller zu sein als der Gegner, um eine entsprechend positive Bewertung durch die Kampfrichter zu erlangen. Darüber hinaus erfolgt eine Analyse weiterer biomechanischer Parameter, wie beispielsweise Dauer der Bewegungsphasen als auch maximaler Geschwindigkeiten einzelner Körpersegmente.

Erstmals wurde auch eine Betrachtung des Gesamtdrehimpulses um die Körperlängsachse durchgeführt. Dieser Parameter hat für rotatorische Bewegungen im Sport, z. B. im Kugelstoßen (Drehstoßtechnik) oder auch Diskuswerfen, eine hohe Bedeutung (Hildebrand et al., 1995, 2007). In diesen Sportarten ist das Ziel, möglichst hohe Weiten zu erzielen, indem die Energie aus der Drehbewegung auf das Wurfobjekt übertragen wird. Je höher der Drehimpuls, der unter anderem durch Zunahme von Geschwindigkeit als auch der Masse wächst,

desto größer kann die erzielte Wurfweite sein. Auch bei der Ausführung des Gyaku-Zuki wird vom Karateka ein Drehimpuls um die Körperlängsachse aufgebaut. Zwar wird der Drehimpuls nicht auf ein Wurfgerät übertragen, aber anhand einer zeitlichen Analyse während des gesamten Bewegungsverlaufes des Gyaku-Zuki kann untersucht werden, in welchen Phasen der Drehimpuls entsteht und welche maximale Größe bei unterschiedlichen Bewegungsvarianten erreicht wird. Dies ist für die biomechanische Analyse von großem Interesse, da zum einen der Drehimpuls ein mögliches Kriterium sein kann, um die ebenfalls im Wettkampf subjektiv mitbewertete dynamische Bewegungsausführung zu quantifizieren. Zum anderen kann der Zusammenhang zwischen Drehimpuls und der Gesamtbewegungsdauer, den Bewegungsphasen und der Bewegungsgeschwindigkeit untersucht werden.

## 2 Methodik

Die Analyse wurde unter Verwendung von acht Vicon MX40 Kameras aufgezeichnet, die einen Bewegungsraum von ca. 3x3 Meter abdeckten. Die Hochgeschwindigkeitskamera MX 40 von Vicon basiert auf 4 Millionen Pixel und liefert bei einer Auflösung von beispielsweise 2353x1728 über 160 Bilder pro Sekunde. Das Prinzip der Kameras besteht darin, kurze Blitze auszusenden, die von entsprechenden Markern am Probanden reflektiert und somit durch die Kameras detektiert werden. Da die Kameras mit Infrarot-Emittern ausgestattet sind, werden bei den Aufnahmen keine zusätzlichen Lichtquellen erforderlich. Durch einen on-board Prozessor werden die Informationen in der jeweiligen MX 40 Kamera verarbeitet und die Position der Marker bestimmt. Aufgrund der Tatsache, dass acht Kameras verwendet werden, können durch die Kombination dieser Daten für jeden sichtbaren Marker die Lage berechnet und schließlich die Trajektorien interessierender Körperpunkte bestimmt werden. Die Kameras werden untereinander synchronisiert und die mit der Frequenz von 250 Hertz aufgezeichneten Daten werden über das Hardwarebauteil MX Net gesammelt und an einen Computer weitergeleitet und gespeichert. Für die Untersuchungen standen drei männliche Probanden (vgl. Tab. 1) zur Verfügung, die den Wettkampfsport Karate-Kumite aktiv ausüben. Vor der Bewegungsausführung mussten die Sportler einen speziellen Anzug anziehen, an dem die insgesamt 39 reflektierenden Marker nach Vorgabe des Plug-in-Gait-Sets befestigt wurden.

Tab.1. Charakteristika der Probanden zum Zeitpunkt der Messung

	Proband I	Proband II	Proband III
Gewicht [kg]	63	92	90
Größe [cm]	178	181	182
Trainingsniveau	3 x Karate & 3 x Kondition (Kraft + Ausdauer)	Trainer im Landesverband	3 - 4 x pro Woche
Graduierung	4. Kyu	3. Dan	2. Dan

Jeder Karateka führte die in Tab. 2 beschriebenen Ausführungsvarianten des Gyaku-Zuki mit insgesamt sechs Wiederholungen durch. Dabei wurde von jedem Probanden darauf geachtet, dass die Ausgangsposition vor der Bewegungsdurchführung der hohen Kamaehaltung entsprach. Die Bewegungsausführung erfolgte mit maximaler Anspannung und so schnell wie möglich.

Zwischen den einzelnen Techniken wurden ca. zwei bis drei Sekunden Pause eingelegt, um die entsprechende Ausgangsposition wieder einzunehmen. Im Gegensatz dazu wurde zwischen den einzelnen Ausführungsvarianten des Gyaku-Zuki eine Pause von drei Minuten eingelegt, um sich neu zu konzentrieren, physisch zu erholen und sich auf die neue Technik vorzubereiten. Als orientierende Hilfe wurde für die Probanden ein Zielpunkt auf Brusthöhe des imaginären Gegners vorgegeben, was die Wettkampfsituation besser darstellen sollte.

Tab. 2. Aufgezeichnete Ausführungsvarianten des Gyaku-Zuki aus der Kamaehaltung

Kurzbezeichnung	Bezeichnung	Bewegungsbeschreibung / Besonderheit
GyZu 1	Gyaku-Zuki im Stand	Technik wird im Stand mit Hüfteinsatz durchgeführt
GyZu 2	Gyaku-Zuki im Stand ohne Hüfteinsatz	Technik wird im Stand ohne Hüfteinsatz durchgeführt
GyZu 3	Gyaku-Zuki mit vorherigen Stepp	Technik wird mit einleitendem Stepp durchgeführt, wobei erst nach der Beendigung des Stepps der Fauststoß durchgeführt wird
GyZu 4	Gyaku-Zuki während Stepps	Technik wird mit einleitendem Stepp durchgeführt, jedoch erfolgt der Fauststoß dynamisch während der Steppbewegung

Da Drehimpulse bei sportlichen Bewegungen nicht unmittelbar gemessen werden können, müssen sie mit Hilfe bestimmter Annahmen über die Masseverteilung des menschlichen Körpers berechnet werden (Hildebrand et al., 1995). Somit wurden für die Bestimmung des Gesamtdrehimpulses die aufgezeichneten Bewegungsdaten für insgesamt 28 der 39 verwendeten Marker auf ein menschliches Modell übertragen, welches mit der Simulationssoftware alaska/DYNAMICUS erstellt wurde. Das menschliche Modell wurde für jeden Probanden durch 31 anthropometrische Merkmale, unter anderem Gewicht, Länge und Umfang von einzelnen Körpersegmenten, angepasst und optimiert. Für die anschließende Modellierung wurden auf Basis der inversen Kinematik die aufgezeichneten Bewegungstrajektorien der 28 Marker auf das Modell übertragen, um die Bewegung zu erlernen. Anschließend erfolgte die Vorwärtsdynamik, indem das Modell die Bewegung selbstständig durchführt, so wie es anhand der Bewegungsdaten gelernt wurde. Dabei können verschiedene Parameter wie beispielsweise Gelenkwinkel und auch Gesamtdrehimpuls berechnet werden.

### 3 Ausgewählte Ergebnisse

Die Analyse der vier unterschiedlichen Bewegungsvarianten des Gyaku-Zuki zeigt, dass die von Hofmann et al. (2008) vorgestellte Methode zur Bestimmung der Gesamtbewegungsdauer und der Phaseneinteilung des Gyaku-Zuki im Stand auch auf andere Ausführungsvarianten zu übertragen ist. Eine Unterteilung der Gesamtbewegungsdauer in einzelne Bewegungsphasen ergibt die folgende Aufteilung: (Einleitung = Phase I, Hauptphase = Phase II und Endphase = Phase III). Die einleitende Phase I beginnt bei 10 % der maximalen Hüftgeschwindigkeit und der Übergang von Phase I zu Phase II ist dadurch gekennzeichnet, dass der Anstieg der Fauststoßgeschwindigkeit erstmalig größer ist als der maximale Anstieg der Schultergeschwindigkeit. Die Phase II repräsentiert somit das eigentliche Hervorschnellen des Stoßarmes. Der Übergang von Phase II zu Phase III ist das Erreichen der maximalen Fauststoßgeschwindigkeit. Das Ende der Phase III wird durch die maximale Armstreckung verkörpert und durch das Erreichen der minimalen Fauststoßgeschwindigkeit charakterisiert (Hofmann et al., 2008). Die Phase III beschreibt somit das Abbremsen der Fauststoßbewegung. Die nachstehende

Tab. 3 stellt für alle Probanden die Gesamtbewegungsdauer über jeweils sechs Bewegungen dar.

Dabei ist zu erkennen, dass die kürzeste Bewegungszeit für alle drei Probanden beim Gyaku-Zuki ohne Hüfteinsatz benötigt wird; gefolgt vom Gyaku-Zuki mit Hüfteinsatz aus dem Stand. Die beiden Bewegungsvarianten mit einleitender Steppbewegung GyZu 3 und GyZu 4 benötigen deutlich mehr Zeit, zum Teil sogar mehr als doppelt so viel im Vergleich zum GyZu 1 oder GyZu 2. Die Begründung dafür liegt hauptsächlich in der einleitenden Bewegungsphase, in der im Wettkampf der Abstand zum Gegner verkürzt wird und die somit deutlich mehr Zeit in Anspruch nimmt. Eine statistische Überprüfung mit dem Mann-Whitney-Test für zwei unabhängige Stichproben ( $\alpha = 0.05$ ) ergab nur bei insgesamt vier von 18 Wertepaaren einen nicht signifikanten Zusammenhang. Somit kann behauptet werden, dass sich unterschiedliche Bewegungsvarianten des Gyaku-Zuki innerhalb eines Probanden bzgl. der Gesamtbewegungsdauer signifikant unterscheiden. Ausnahmen sind der GyZu 3 im Vergleich zu GyZu 4 für Proband I und II, sowie der GyZu 1 im Vergleich zu GyZu 2 für Proband II und Proband III.

Tab. 3. Rangfolge der geringsten Gesamtbewegungsdauer anhand des arithmetischen Mittels (AM) unterschiedlicher Bewegungsvarianten des Gyaku-Zuki über je sechs Bewegungen je Proband

Kenngröße	Proband I		Proband II		Proband III	
	Rangfolge	AM	Rangfolge	AM	Rangfolge	AM
Gesamtbewegungsdauer $t_{ges}$ [ms]	GyZu 2	224	GyZu 2	302	GyZu 2	332
	GyZu 1	386	GyZu 1	320	GyZu 1	341
	GyZu 3	518	GyZu 4	722	GyZu 4	445
	GyZu 4	545	GyZu 3	726	GyZu 3	667

Wie bereits erwähnt, handelt es sich beim Gyaku-Zuki um eine zeitlich sehr kurze Stoßbewegung, die beim GyZu 1 zwischen 300 ms und 400 ms im gesamten Bewegungsablauf dauert. Folglich sind die Bewegungsdauern der einzelnen Bewegungsphasen noch kürzer und betragen zumeist um 100 ms bis 200 ms. Insgesamt dauert beim GyZu 1 bei allen drei Probanden die Phase I am längsten, gefolgt von Phase II und der sehr kurzen Phase III (vgl. Abb. 1).

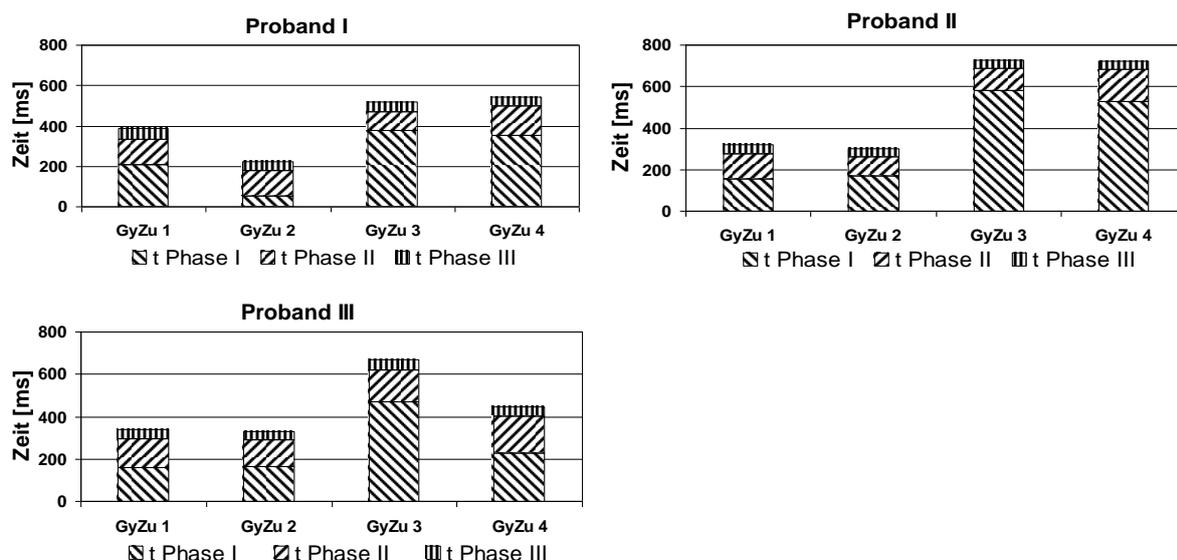


Abb. 1. Dauer der Bewegungsphasen: Einleitung = Phase I, Hauptteil = Phase II und Endphase = Phase III von vier unterschiedlichen Ausführungsvarianten des Gyaku-Zuki über je sechs Bewegungen je Proband

Diese zeitliche Rangfolge der Bewegungsphasendauer findet sich ebenfalls bei fast allen Probanden als auch allen weiteren Bewegungsvarianten des Gyaku-Zuki wieder. Insbesondere die Phase III, das Abbremsen der Bewegung, ist zeitlich am kürzesten und sehr konstant. Dies spiegelt sich auch bei der Analyse der prozentualen Anteile der Bewegungsphasen an der Gesamtbewegungsdauer wider (siehe Tab. 4), wo die Phase III jeweils den geringsten Anteil einnimmt. Auch die Phase II stellt sich als zeitlich konstant heraus. Die Phase I dauert meist am längsten und ändert sich von Bewegungsvariante zu Bewegungsvariante zum Teil sehr deutlich. Vor allem Gyaku-Zuki mit Steppbewegung benötigen die Zeit der deutlich höheren Gesamtbewegungsdauer in der einleitenden Bewegungsphase. Zum Teil werden bis zu 80 % der Gesamtbewegungsdauer von Phase I eingenommen. In der Praxis wird diese Zeit jedoch genutzt, um die Verkürzung des Abstandes zum Gegner zu realisieren.

Tab. 4. Prozentualer Anteil der Bewegungsphasen an der Gesamtbewegungsdauer von vier unterschiedlichen Ausführungsvarianten des Gyaku-Zuki über je sechs Bewegungen je Proband

Kenngröße - prozentuale Bewegungs- dauer [%]	Proband I			Proband II			Proband III		
	Phase I	Phase II	Phase III	Phase I	Phase II	Phase III	Phase I	Phase II	Phase III
GyZu 1	54	33	13	48	38	14	47	40	13
GyZu 2	24	55	21	56	31	13	50	37	13
GyZu 3	73	18	9	80	15	5	71	22	7
GyZu 4	65	26	9	73	21	6	51	39	10

Die Betrachtung der maximalen Bewegungsgeschwindigkeit der Stoßfaust soll aufzeigen, ob ein Zusammenhang zwischen hoher Geschwindigkeit und geringer Gesamtbewegungsdauer besteht. Zunächst zeigt sich bei der allgemeinen Betrachtung der maximalen Bewegungsgeschwindigkeit der Stoßfaust bzgl. der Rangfolge folgende Situation: Wie beim Vergleich der Gesamtbewegungsdauer ist auch die Fauststoßgeschwindigkeit beim Gyaku-Zuki ohne Hüfteinsatz bei jedem Probanden am geringsten, wie in der Tab. 5 einzusehen ist.

Tab. 5. Rangfolge der höchsten Geschwindigkeit der Stoßfaust anhand des arithmetischen Mittels (AM) unterschiedlicher Bewegungsvarianten des Gyaku-Zuki über je sechs Bewegungen je Proband

Kenngröße	Proband I		Proband II		Proband III	
	Rangfolge	AM	Rangfolge	AM	Rangfolge	AM
maximale Faustge- schwindig- keit $V_{\max}$ Faust [m/s]	GyZu 3	8,6	GyZu 4	9,0	GyZu 3	9,5
	GyZu 4	8,3	GyZu 3	8,9	GyZu 4	9,5
	GyZu 1	8,3	GyZu 1	8,0	GyZu 1	8,2
	GyZu 2	7,9	GyZu 2	7,6	GyZu 2	8,0

Im Gegensatz dazu ist die Fauststoßgeschwindigkeit bei Bewegungen mit Hüfteinsatz am höchsten. Die statistische Absicherung mit dem Mann-Whitney-Test für zwei unabhängige Stichproben ( $\alpha = 0.05$ ) ergab, dass bei insgesamt sieben von 18 Wertepaaren ein signifikanter Zusammenhang vorliegt. Diese Varianten sind der GyZu 2 im Vergleich zu GyZu 3 für alle drei Probanden, der GyZu 1 im Vergleich zu GyZu 3 für Proband II und Proband III und der GyZu 1 und GyZu 2 zu GyZu 4 für Proband III. Für die nicht aufgezählten Bewegungsvarianten kann somit behauptet werden, dass sie sich innerhalb eines Probanden hinsichtlich der maximalen Fauststoßgeschwindigkeit nicht signifikant unterscheiden.

Die Frage, ob zwischen maximaler Geschwindigkeit der Stoßfaust und der Gesamtbewegungsdauer  $t_{ges}$  ein Zusammenhang besteht, lässt sich nicht verallgemeinert beantworten. Unter der Annahme, dass mit einer höheren maximalen Geschwindigkeit eine kürzere Gesamtbewegungszeit erreicht wird, wurde für die normal verteilten Wertepaare der Pearson-Korrelationskoeffizient bestimmt. Es wurde festgestellt, dass sich bei den Probanden und den verschiedenen Ausführungsvarianten sowohl positive als auch negative Korrelationen nachweisen lassen.

Hervorzuheben ist für Proband II eine mittlere, negative Korrelation zwischen  $v_{max}$  Faust und  $t_{ges}$  bei GyZu 2 mit  $r = -0,55$  und bei Proband III mit  $r = -0,52$  bei GyZu 1. Hier besteht somit die Tendenz, dass eine höhere Fauststoßgeschwindigkeit eine geringere Gesamtbewegungsdauer zur Folge hat. Insgesamt verdeutlicht die Analyse jedoch, dass eine individuelle Betrachtung eines jeden Probanden am sinnvollsten erscheint.

Um den möglichen Einfluss der ebenfalls im Wettkampf subjektiv mitbewerteten dynamischen Bewegungsausführung zu betrachten, wurde erstmalig eine Analyse des Gesamtdrehimpulses um die Körperlängsachse durchgeführt. Der Gesamtdrehimpuls um die Körperlängsachse wurde anhand der biomechanischen Modellierung ermittelt und ist in der folgenden Abb. 2 exemplarisch für Proband I über alle vier Bewegungsvarianten dargestellt. Dabei wurde das Mittel von jeweils sechs Bewegungen über je 100 Datenpunkte normiert dargestellt. Die gekennzeichnete Phaseneinteilung zeigt deutlich, dass der Drehimpuls maßgeblich in Bewegungsphase I und II aufgebaut wird. In der Endphase III wird der Drehimpuls ausschließlich abgebaut, was jedoch schon während der Bewegungsphase II beginnt. Während beim GyZu 2 aufgrund der fehlenden Hüftrotation der Drehimpuls um die Körperlängsachse sofort aufgebaut wird, erfolgt beim GyZu 1, 3 und 4 zunächst eine Phase, bei der sich der Drehimpuls noch nicht entwickelt. Insbesondere beim GyZu 3 zeigt sich, dass nach einem kurzen Anstieg erst ab 60 % der gesamten Bewegungsdauer der Drehimpuls plötzlich ansteigt, was passend zur Bewegungsbeschreibung ist (vgl. Tab. 2). Beim GyZu 1 erfolgt der Anstieg bei knapp 40 % der gesamten Bewegungsdauer. Beim GyZu 4 wiederum erfolgt ein langsamer Anstieg ab ca. 30 % der gesamten Bewegung. Für Proband II und Proband III ergeben sich von der Grundstruktur zeitlich ähnliche Bewegungsabläufe, jedoch unterscheiden sich die Daten hinsichtlich des maximalen Drehimpulses deutlich (siehe Tab. 6). So erreicht Proband II die höchsten Werte mit über 20 Joule x s beim GyZu 1. Wie erwartet, wird beim GyZu 2 ein geringerer Gesamtdrehimpuls erreicht, da die aktive Hüftbewegung nicht durchgeführt wird. Eine statistische Überprüfung mit dem Mann-Whitney-Test für zwei unabhängige Stichproben ( $\alpha = 0.05$ ) ergab bei insgesamt acht von 18 Wertepaaren einen nicht signifikanten Zusammenhang. Somit kann behauptet werden, dass sich unterschiedliche Bewegungsvarianten des Gyaku-Zuki innerhalb eines Probanden bzgl. der Gesamtbewegungsdauer signifikant unterscheiden. Ausnahmen sind der GyZu 2 im Vergleich zu GyZu 4 für Proband I, II und III, sowie der GyZu 1 im Vergleich zu GyZu 2 und GyZu 4 für Proband I und Proband III, sowie GyZu 1 zu GyZu 3 bei Proband I. Die geringen maximalen Werte für GyZu 2 bestätigen die Tatsache, dass diese Variante aufgrund der fehlenden dynamischen Bewegungsausführung im Wettkampf nicht eingesetzt wird.

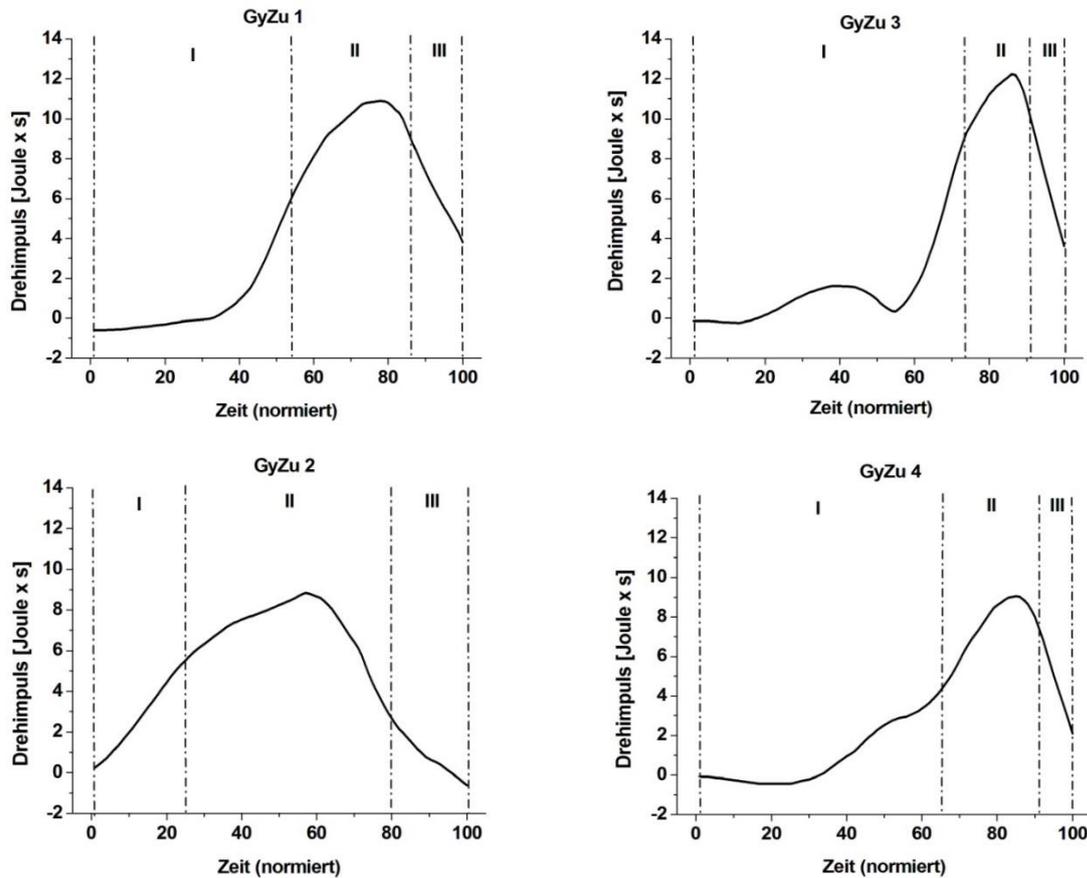


Abb. 2. Normierte Darstellung der Entwicklung des Gesamtdrehimpulses um die Körperlängsachse des Gyaku-Zuki im Stand, - ohne Hüfteinsatz, - mit vorheriger Steppbewegung und - während Steppbewegung (GyZu 1 bis GyZu 4) von Proband I über jeweils sechs Bewegungen

Tab. 6. Rangfolge der höchsten Gesamtdrehimpulse um die Körperlängsachse anhand des arithmetischen Mittels (AM) unterschiedlicher Bewegungsvarianten des Gyaku-Zuki über je sechs Bewegungen je Proband

Kenngröße	Proband I		Proband II		Proband III	
	Rangfolge	AM	Rangfolge	AM	Rangfolge	AM
Maximaler Gesamtdrehimpuls L [Joule x s]	GyZu 3	12,55	GyZu 1	21,33	GyZu 4	14,92
	GyZu 1	11,25	GyZu 3	18,91	GyZu 1	13,52
	GyZu 4	9,85	GyZu 4	15,87	GyZu 2	13,40
	GyZu 2	9,62	GyZu 2	12,07	GyZu 3	12,84

Bei der Betrachtung des Pearson-Korrelationskoeffizienten zwischen dem maximalen Gesamtdrehimpuls und der maximalen Fauststoßgeschwindigkeit wurde festgestellt, dass bei jedem Probanden in drei von vier Varianten ein positiver Zusammenhang vorliegt; jedoch nur bei Proband I und GyZu 1 mit  $r = 0,848^*$  signifikant. Dies bedeutet, dass ein hoher Gesamtdrehimpuls in vielen Fällen auch auf eine hohe Faustgeschwindigkeit übertragen werden konnte. Allerdings zeigt sich bei der Analyse zwischen Drehimpuls und Gesamtbewegungsdauer, dass nur bei Proband I in drei von vier Varianten ein hoher Drehimpuls eine geringe Gesamtbewegungsdauer zur Folge hatte; bei Proband II und III nur bei zwei bzw. einer Variante. Unterschiedliche Ergebnisse liegen auch bei der Analyse zwischen Gesamtdrehimpuls

und der jeweiligen Dauer der Bewegungsphasen vor. Konnten in Phase I bei Proband I vor allem negative Zusammenhänge ermittelt werden, waren es bei Proband II und III vorwiegend positive. Einheitlicher zeigten sich die Ergebnisse in Phase III, wo ein hoher Gesamtdrehimpuls eine geringe Bewegungsdauer in zehn von zwölf Fällen zur Folge hatte. Zukünftig erscheint es sinnvoll, anhand der Modellierung zu analysieren, wodurch genau der Drehimpuls in den einzelnen Phasen erzeugt wird.

## 4 Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Methodik der Technikdiagnostik, vorgestellt am Gyaku-Zuki aus dem Stand (Hofmann et al., 2008), auf die unterschiedlichen Ausführungsvarianten (vgl. Tab. 2) übertragen lässt. Auf Basis dieser biomechanischen Technikdiagnostik lässt sich sowohl die Gesamtbewegungsdauer als auch die maximale Fauststoßgeschwindigkeit bestimmen. Dabei ist jedoch festzustellen, dass eine Verallgemeinerung bei der Ergebnisanalyse sehr schwierig ist. Zwar ist bei der Gesamtbewegungsdauer eine ähnliche Rangfolge interindividuell gegeben, jedoch unterscheiden sich die Kennwerte beispielsweise beim Gyaku-Zuki mit Steppbewegung um 200 bis 300 ms. Somit erscheint die einzelne Betrachtung eines jeden Probanden als auch einer jeden Ausführungsvariante als geeigneter Weg. Generell lässt sich feststellen, dass die zeitlich sehr kurzen Bewegungen des Gyaku-Zuki länger dauern, je größer die einleitende Steppbewegung ist. Allerdings ist dadurch im Wettkampf ein entsprechend größerer Sicherheitsabstand gegeben; dennoch liegt das größte Potential zur Bewegungsoptimierung wohl in Phase I, da besonders Phase III als zeitlich sehr konstant angesehen werden muss. Der Versuch, die dynamische Komponente bei der Bewegungsausführung des Gyaku-Zuki durch die Bestimmung des Gesamtdrehimpulses zu quantifizieren, kann als eine weitere interessante Möglichkeit der biomechanischen Analyse angesehen werden. So zeigte sich, dass beim Gyaku-Zuki ohne Hüfteinsatz bei zwei Probanden der geringste Drehimpuls festgestellt wurde, was durchaus zu erwarten war. Im Gegensatz dazu konnten jedoch keine verallgemeinerten Zusammenhänge zwischen dem Gesamtdrehimpuls und der Gesamtbewegungsdauer festgestellt werden. Daher sollten zukünftig die Ursachen und Auswirkungen des Drehimpulses weiter untersucht werden und auch die Drehmomente in den einzelnen Gelenken betrachtet werden, um Rückschlüsse auf die Belastung bei einzelnen Varianten des Gyaku-Zuki zu erzielen. Insgesamt ist bei dieser ersten Analyse von unterschiedlichen Ausführungsvarianten kritisch anzumerken, dass für jede Bewegungsvariante nur je sechs Wertepaare je Proband zugrunde liegen. Für weitere Untersuchungen unter dem Aspekt einer leistungsdiagnostischen Analyse sollte eine höhere Anzahl von Bewegungen analysiert werden, um die Ergebnisse weiter statistisch abzusichern.

## Literatur

- Hildebrand, F. & Bartonietz, K. (1995). Eine biomechanische Analyse des Hammerwerfens am Beispiel der Technik zweier Werferinnen. In IAT Leipzig (Hrsg.), Schriftenreihe zur angewandten Trainingswissenschaft 3, 2, S. 45-56.
- Hildebrand, F. & Perl, B. (2007). Moderne Techniken des Diskuswerfens. *Z. Angew. Trainingswissenschaft*, 14 (2), 39-65.
- Hofmann, M., Emmermacher, P. & Witte, K. (2006). Entwicklung eines komplexen Messplatzes zur Technikdiagnostik im Sportkarate. In Witte, K., Edelmann-Nusser, J., Sabo, A. & Moritz, E. F. (Hrsg.). *Sporttechnologie zwischen Theorie und Praxis IV*. (S. 339-346). Aachen: Shaker Verlag.
- Hofmann, M., Witte, K. & Emmermacher, P. (2008). Biomechanical analysis of first punch gyaku-zuki in karate. In Young-Hoo Kwon, Jaeho Shim, Jae Kun Shim, In-Sik Shin (Hrsg.). *The XXVI International Conference on Biomechanics in Sports* (S. 576 - 579). Seoul.
- Lehmann, G. & Jedliczka, G. (1998). Untersuchungen zur Bestimmung und Entwicklung eines sportartspezifischen konditionellen Anforderungsprofils im Hochleistungstraining der Sportart Karate. *Leistungssport*, 28 (3), 56-61.
- Lind, W. (1999). *Das Lexikon der Kampfkünste*. Berlin: Sportverlag Berlin GmbH.
- Nakayama, M. (1990). *Nakayamas Karate perfekt 1*. Niedernhausen/TS: Falken Verlag GmbH.
- Wichmann, W.-D. (1989). *Richtig Karate 1. Grundtechniken* (3. Aufl.). München: BLV Verlagsgesellschaft mbH.
- Witte, K., Emmermacher, P. & Langenbeck, N. (2010). Method to visualize and analyze similarities of movements - using the example of karate kicks. In R. Jensen, W. Ebben, E. Petushek, Ch. Richter, & K. Roemer (Hrsg.). *Proceedings of the 28th Conference of the International society of Biomechanics in Sports*. Marquette, Michigan, USA.