

# Untersuchungen zur weiteren Vervollkommnung der Anschlagtechniken Liegend und Stehend im Biathlonschießen (AZ 070803/10)

Dirk Siebert (Projektleiter) & Nico Espig

Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät,  
Institut BTW der Sportarten II, FG Wintersport

## Problem

Generelle Zielstellung beim Schießen im Biathlon, in Bezug auf das Schießergebnis, sind möglichst kleine Bewegungen der Laufmündung im Moment der Schussabgabe (Koch, 2001). Diese werden neben dem Ausprägungsgrad der allgemeinen Schießtechnikelemente Zielen, Atmung und Abzug auch von der Qualität der Anschlagpositionen sowie von Schwankungen des Gesamtsystems „Sportlerin-Waffe“ bzw. „Sportler-Waffe“ beeinflusst (Bühlmann et al., 2001). In vorangegangenen Untersuchungen konnten eine Vielzahl entscheidender Leistungsparameter und deren komplexer Zusammenhänge bereits aufgeklärt werden. Durch einen spezifischen Biathlon-Schießmessplatz sind diesbezüglich Aussagen zu Kraft-Zeit-Verläufen an Abzug, Unterstützungsgurt und Schafthappe sowie zu Wegen und Beschleunigungen der Laufmündung unmittelbar vor und nach der Schussabgabe möglich (Nitzsche, 2009). In Bezug auf die Qualität der Anschlagstabilität verweisen Bühlmann et al. (2001) auf eine gewisse gezwungene Haltung der Sportlerin bzw. des Sportlers im Anschlag, die dadurch bedingt ist, dass sie bzw. er das Gewehr abzustützen und auf das Ziel auszurichten hat. Es muss deshalb in jedem Anschlag Muskelarbeit geleistet werden. In den beiden Anschlagarten Liegend und Stehend weist Sklortz (2008) durch EMG-Untersuchungen einen direkten Zusammenhang zwischen Winkeln verschiedener Anschlagpositionen und den damit verbundenen unterschiedlichen Spannungszuständen der Muskulatur unter Ruhe- sowie Belastungsbedingungen nach. Festgestellt wird, dass je weniger die Muskelgruppen angespannt sind und je gelöster der Anschlag ist, desto geringer die Möglichkeit besteht, die Waffe durch Muskelanspannung in Bewegung zu bringen. Hinsichtlich Schwankungen des Systems Sportlerin/Sportler-Waffe untersuchten Bozsik und Bretz (1994) mittels einer Kraftmessplatte Bewegungen des Körperschwerpunkts<sup>1</sup> während des Schießens im Biathlon. Diese Untersuchungsergebnisse geben Aufschluss über das Maß von Systemschwankungen. Gezeigt wird, dass die Körperschwankungen parallel zur Schussrichtung (Frontalebene) deutlich kleiner sind, als die Schwankungen senkrecht zur Schussrichtung (Sagittalebene). Als Ursache hierfür kann u. a. eine mechanisch instabile Körperhaltung der Schießenden benannt werden (Gianikellis et al., 2001). In einem Modell zur Analyse der Bewegungen des KSP sowie der Stabilität der Körperhaltung konnten Systemschwankungen auf die Interaktion der verschiedenen Körpersegmente zurückgeführt werden.

<sup>1</sup> Der Begriff Körperschwerpunkt wird im Folgenden auch mit KSP abgekürzt und bezieht sich aus messtechnischer Sicht auf das Lot des KSP (COF, center of force).

Trotz dieser verschiedenen Untersuchungsansätze sind gegenwärtig Zusammenhänge zwischen Schwankungen des Gesamtsystems Sportlerin/Sportler-Waffe und deren Auswirkungen auf die Laufmündungsbewegungen ungeklärt. Dies betrifft insbesondere das Ausmaß von Systemschwankungen im Moment der Schussauslösung sowie das Ausmaß von Schwankungen über den gesamten Verlauf einer Biathlon-Schusserie. Weiterhin bestehen Erkenntnisdefizite hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen Anschlagpositionen bzw. Anschlagswinkeln und den Schwankungen des KSP. Im Hinblick auf die Unterstutzungsfläche in beiden Anschlagarten ist die Lage des KSP in Abhängigkeit der Anschlagpositionen ebenfalls ungeklärt.

Ziel dieses dreijährigen Forschungsvorhabens ist es, durch die Analyse weiterer leistungsrelevanter Parameter der Schießtechnik das komplexe Beziehungsgefüge des Schießens im Biathlon weiter aufzuhellen. Auf dieser Basis sollen Ursachen für positive bzw. ungünstige Leistungsdispositionen im Moment der Schussauslösung und im Verlauf einer Biathlon-Schusserie benannt werden. Übergeordnete Zielstellung ist dabei eine optimale Laufmündungsdämpfung, als Grundvoraussetzung für ein fehlerfreies Schießen (Koch, 2001). Als entscheidende Parameter werden dabei die Anschlagstabilität am Gewehr, Abzugsverhalten, Druckverteilung der Unterstutzungsfläche (Ellenbogen, Füße), Schwankung des KSP, verschiedene Anschlagpositionen sowie Körperwinkel und deren Veränderungen über den Zeitraum der einzelnen Schussphasen erhoben.

Diesbezüglich standen in der ersten Projektphase (2010) zwei zentrale Hauptfragestellungen im Mittelpunkt der Untersuchungen. Zunächst galt es zu klären, welchen Einfluss die Art der Vorbelastung auf die Schwankungen des Gesamtsystems Sportlerin/Sportler-Waffe im Biathlonschießen hat. Des Weiteren war in dieser Projektphase von Interesse, welche Auswirkungen die Schwankungen des Gesamtsystems Sportlerin/Sportler-Waffe im Anschlag Stehend auf die Laufmündungsbewegungen haben.

## **Methode**

Die Untersuchungen im Jahr 2010 wurden mittels standardisierter Abläufe im Rahmen leistungsdiagnostischer Untersuchungen von Biathletinnen und Biathleten durchgeführt. Dabei wurden insgesamt acht Biathlonschießserien mit jeweils fünf Schuss in Biathlonreihenanzordnung realisiert. Im Anschlag Liegend und Stehend wurden jeweils zwei Schusseriesen unter Ruhebedingungen sowie nach standardisierter Vorbelastung absolviert. Beteiligt an diesen Untersuchungen waren 43 Sportlerinnen und Sportler mit einem durchschnittlichen Alter von  $17,9 \pm 2,9$  Jahren. Alle Altersklassen ab J16 (Einführung Kleinkalibergewehr), alle Leistungszentren sowie alle Kaderkategorien des Deutschen Skiverbandes waren in den Untersuchungen vertreten.

Die Bewegungen sowie Beschleunigungen der Laufmündung wurden mittels des bereits existierenden Biathlon-Schießmessplatzes (Nitzsche, 2009) über Lasertriangulation an einer speziellen optischen Einheit an der Laufmündung erfasst. Diese Laufmündungsbewegungen wurden durch die Software Shooting Educator Biathlon (Spezialmesstechnik Ilmenau) für den Zeitraum 0,3 sec vor dem Schuss bis zur

Schussauslösung bestimmt. Dabei wurden die horizontalen und vertikalen Wegeänderungen sowie die Spurlänge der Laufmündung berechnet. Schwankungen des Gesamtsystems Sportlerin/Sportler-Waffe wurden mittels Footscan® Balance System erhoben. Diese zeichnet mit etwa 8200 Sensoren statische und dynamische Druckbelastungen in einem Spektrum von 0-200 N/cm<sup>2</sup> zeitliche und räumliche Parameter sowie die daraus resultierenden Bewegungsgeschwindigkeiten auf. Gemessene Schwankungen des KSP wurden als Standardabweichung der Schwingungskomponente in Schussrichtung (SD\_X) bzw. 90° zur Schussrichtung (SD\_Y) sowie als Spurlänge des KSP ermittelt. Zur Beantwortung weiterer Fragestellungen des laufenden Forschungsprojektes kam ebenfalls eine 3D Videoanalyse mittels Simi Motion zum Einsatz. Dabei wurden mit zwei High Speed Kameras (120 fps, Auflösung 659 x 490 Pixel) zusätzlich entsprechende Winkel von Anschlagpositionen und deren Veränderungen während einer Schusserie erfasst. Die Integration dieses Messsystems erfolgte auf Grund des verzögerten Projektstarts relativ spät im Untersuchungsjahr 2010. Daher können zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine statistisch abgesicherten Untersuchungsergebnisse bezüglich der Bewegungsanalyse gegeben werden. Alle drei angewendeten Messsysteme wurden durch eine Anpassung der jeweiligen Software zusammengeführt und es konnten entsprechend der Hauptfragestellungen alle leistungsrelevanten Messwerte synchron erfasst und den jeweiligen Schussphasen zugeordnet werden. In Abb. 1 wird der Untersuchungsaufbau schematisch dargestellt.

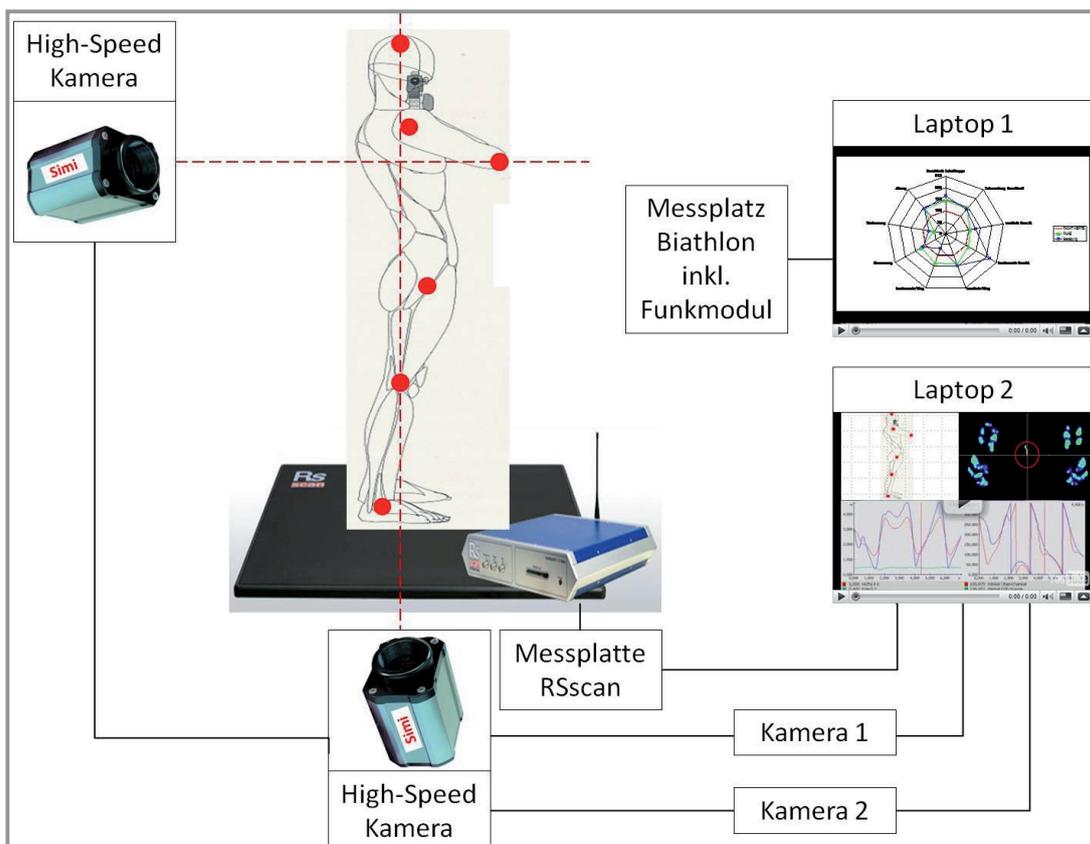


Abb. 1. Untersuchungsaufbau – Anschlag Stehend (Siebert, 2009)

## Ergebnisse

Dargestellt werden erste ausgewählte Untersuchungsergebnisse dieses Forschungsvorhabens.

Bei Betrachtung der Laufmündungsbewegungen in Abhängigkeit der Vorbelastungsart zeigen die Untersuchungsergebnisse, dass beim Schießen nach einer standardisierten Vorbelastung die Spurlänge der Laufmündung signifikant größer ist (vgl. Tab. 1).

Tab. 1. *Deskriptive Statistik der Laufmündungsbewegungen, N = 43*

	Spurlänge in mm, Ruhe	Spurlänge in mm, Bel.
Mittelwert	0,58	0,62
Std.abw.	0,18	0,41
Minimum	0,40	0,29
Maximum	1,26	2,89

Beim Vergleich der Systemschwankungen zwischen dem Schießen ohne und mit Vorbelastung kann konstatiert werden, dass die Spurlänge des KSP nach Vorbelastung im Durchschnitt um 17,43 mm hoch signifikant ( $P < 0,001$ ) größer ist. Bei isolierten Betrachtung zum Schwankungsverhalten in der Frontalebene und in der Sagittalebene können diesbezüglich ebenfalls signifikante Unterschiede ( $P = 0,002$  für SD\_X und  $P = 0,017$  für SD\_Y) nachgewiesen werden (vgl. Tab. 2). Betrachtungen der Schwankungsmaße des KSP in der Frontalebene zeigen unter Ruhe- und Belastungsbedingungen generell größere Bewegungen als in der Sagittalebene.

Tab. 2. *Deskriptive Statistik der Stabilometrie, N = 43, SD = Standardabweichung*

	SD von Weg X in mm, Ruhe	SD von Weg Y in mm, Ruhe	Weg COF in mm, Ruhe	SD von Weg X in mm, Bel.	SD von Weg Y in mm, Bel.	Weg COF in mm, Bel.
Mittelwert	0,35	0,17	110,96	0,41	0,21	128,39
Std.abw.	0,10	0,06	27,88	0,17	0,11	43,65
Minimum	0,22	0,10	68,15	0,21	0,09	70,71
Maximum	0,76	0,33	220,73	1,05	0,65	304,92

Ausgehend von diesen Untersuchungsergebnissen gilt es in den folgenden Projektphasen abzuklären, welche individuelle Vorbelastung möglichst kleine Laufmündungsbewegungen zur Folge hat. Aus trainingsmethodischer Sicht wären diese Aussagen u. a. für die Gestaltung des Anlaufverhaltens an den Schießstand interessant.

Neben dem Einfluss der physischen Vorbelastung wurde weiterhin der Einfluss von Schwankungen des KSP auf die Laufmündungsbewegungen untersucht. In diesem Zusammenhang konnte lediglich ein statistischer Zusammenhang ( $R = 0,310$ ,  $P = 0,043$ ) der Schwankung des KSP und der Laufmündungsbewegung unter Ruhebedingungen nachgewiesen werden (vgl. Tab. 3).

Tab. 3. *Deskriptive Statistik der Laufmündungsbewegungen, N = 43*

	Spurlänge in mm, Ruhe	Spurlänge in mm, Bel.
Mittelwert	0,58	0,62
Std.abw.	0,18	0,41
Minimum	0,40	0,29
Maximum	1,26	2,89

## Diskussion

Der nicht nachweisbare statistische Zusammenhang zwischen Bewegungen des KSP und der Laufmündung nach entsprechender Vorbelastung stellt ein unerwartetes Untersuchungsergebnis dar. Eine mögliche Ursache kann in der größeren Streuung der Messwerte beim Belastungsschießen benannt werden. In diesem Zusammenhang wird angenommen, dass die Sportlerinnen und Sportler sehr unterschiedlich auf die realisierte Vorbelastung reagieren und individuelle Kompensationsstrategien bezüglich der Laufmündungsdämpfung wählen. Im Hinblick auf die Anschlagpositionen bzw. Anschlagswinkel wird diese Annahme durch Untersuchungen von Mitra und Fraizer (2004) gestützt, die synergetische Fußgelenks- und Hüftgelenksstrategien bei der Realisierung der Haltearbeit zur Stabilisierung des Anschlags aufzeigen. Im weiteren Projektverlauf bleibt demnach nachzuprüfen, welche Kompensationsstrategien die Sportlerin bzw. der Sportler nutzt, um Körperschwankungen auszugleichen. Mittels der Simi Motion 3D Videoanalyse sollen entsprechende Aussagen getroffen werden.

Die Erkenntnisse zum Ausmaß der KSP-Schwankungen stehen entgegen den Aussagen von Bozsik und Bretz (1994), die deutlich kleinere Körperschwankungen in der Frontalebene im Vergleich zu den Schwankungen in der Sagittalebene nachweisen. Anzumerken ist, dass beide Untersuchungen einen relativ geringen Stichprobenumfang aufweisen ( $N = 13$  und  $N = 43$ ). Die Unterschiede in diesen Ergebnissen sollen in weiteren Untersuchungen mittels eines größeren Stichprobenumfangs aufgeklärt werden.

**Fazit:** Auf der Basis der bisherigen Untersuchungsergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass sich das Untersuchungsdesign zur Beantwortung der Hauptfragestellungen bewährt hat. Mit diesem neuen Untersuchungsansatz lassen sich differenziertere Aussagen hinsichtlich leistungsbestimmender Parameter der sehr komplexen Schießtechnik treffen. Anzustreben ist, diese Untersuchungsergebnisse durch einen größeren Stichprobenumfang zu verdichten und durch weiterführende Untersuchungen valide Aussagen bezüglich der Einflüsse verschiedener Leistungsparameter auf die Laufmündungsdämpfung abzuleiten.

## Literatur

- Bühlmann, G., Reinkemeier, H. & Eckhardt, M. (2001). *Die Technik. Wege des Gewehrs* (2. Aufl.). Münster: Eigenverl.
- Bozsik, A. & Bretz, K. K. R. J. (1994). *Body Sway in Biathlon Shooting*. Hungarian Ski Federation, Hungarian University of Physical Education, Klopfer GmbH.
- Gianikellis, K., Pantrigo, J. J. & Vara, A. (2001). *Stabilometry applied on the analysis of individual technique in the air-rifle shooting*. Biomechanics Symposia 2001, University of San Francisco.
- Koch, M. (2001). *Untersuchungen zur weiteren Präzisierung der Biathlonschießtechnik mittels neuer Mess- und Auswertverfahren*. Dissertation, Universität Leipzig.
- Mitra, S. & Fraizer, E. V. (2004). Effects of explicit sway-minimization on postural--suprapostural dual-task performance. *Human movement science*, 23 (1), 1–20.
- Nitzsche, K. (2009). *Biathlon-Schießmessplatz – Möglichkeiten zur Objektivierung der Biathlonschießleistung*. Forschungsbericht, Universität Leipzig.
- Sklortz, E. (2008). *Elektromyographische Untersuchung (EMG) zur Präzisierung der Anschlagtechniken Liegend und Stehend im Biathlon*. Studienbegleitende Arbeit, Trainerakademie Köln des DOSB.