

Elektromyographisches Aktivitätsniveau des M. trapezius bei verschiedenen Anschlagpositionen im Anschlag Stehend beim Biathlonschießen

Electromyographic activity of M. trapezius in various shooting positions in the standing position in biathlon shooting

Siebert D¹, Sklortz E², Espig N¹

1 Institut für Bewegungs- und Trainingswissenschaft der Sportarten II, Fachgebiet Wintersport/Sportwissenschaftliche Fakultät der Universität Leipzig (Fachgebietsleiter: Jun.-Prof. Dr. Dirk Siebert)

2 Bundespolizeisportschule Bad Endorf

Zusammenfassung

Siebert D, Sklortz E, Espig N. Elektromyographisches Aktivitätsniveau des M. trapezius bei verschiedenen Anschlagpositionen im Anschlag Stehend beim Biathlonschießen. Klinische Sportmedizin/Clinical Sports Medicine-Germany (KCS) Jahr, Jahrgang: Seite-Seite.

Einleitung: Die Schießleistung ist im Biathlon in den letzten Jahren immer bedeutender geworden. Für eine hohe Trefferleistung in kurzer Schießzeit sind hohe Präzisionsleistungen notwendig. Dabei muss das Technischelement Anschlag eine stabile Lage des Systems Sportler-Waffe sicherstellen. Unklar ist dabei, welchen Einfluss verschiedene Anschlagpositionen auf die muskulären Spannungen der am Anschlag beteiligten Muskulatur haben. Es soll geprüft werden, welche Anschlagposition im Hinblick auf eine möglichst geringe muskuläre Spannung zu empfehlen ist.

Material und Methode: Im Rahmen der Untersuchung wurden bei sieben Probanden der Deutschen Juniorennationalmannschaft in einer jeweils 15 Sekunden dauernden Schusserie der Schulterachsenwinkel im Anschlag Stehend sowie das

elektromyographische Aktivitätsniveau des rechten M. trapezius (Pars descendens) bei drei verschiedenen Positionen der Schafthappe bestimmt.

Ergebnisse:

1. Die muskuläre Aktivität ist deutlich abhängig von der Anschlagposition.
2. Die Höhenveränderungen an der Schafthappe führen zu signifikanten Veränderungen des Schulterachsenwinkels.
3. Im Vergleich zur Ausgangsposition erhöhte sich die muskuläre Aktivität bei der Anschlagposition mit dem größten Schulterachsenwinkel um 96 %.
4. Bei den kleinsten Schulterachsenwinkeln konnten die geringsten muskulären Spannungen nachgewiesen werden.

Fazit: Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass es für einen spannungsfreien Anschlag notwendig ist, den Winkel der Schulterachse in Bezug zur Schussebene möglichst klein zu halten.

Schlüsselwörter: Biathlon, Schießen, EMG, Goniometrie

Abstract

Siebert D, Sklortz E, Espig N. Electromyographic activity of M. trapezius in various shooting positions in the standing position in biathlon shooting. Klinische Sportmedizin/Clinical Sports Medicine-Germany (KCS) Jahr, Jahrgang: Seite-Seite.

Objective: The importance of shooting performance in biathlon is continuously increasing. A strong performance in precision tasks is necessary for high shooting results. Therefore the shooting position has to ensure a stable position of athlete and rifle. Currently unclear is the influence of different shooting positions on the muscular activity within stabilizing muscles during shooting. The aim of this study is to analyse, which shooting position corresponds to a minimum of muscular activity.

Material and methods: Seven subjects of the German Junior National Team were included in the study. Every subject had to complete three shooting series in an 15 s intervall in standing position with three different positions of the butt plate. During the shooting series the angle of the shoulder axis, as well as the electromyographic

activity of M. trapezius (Pars descendens) were measured.

Results:

1. Muscular activity is significantly dependent on shooting position.
2. Variations of the butt plate configuration lead to a significant change in the angle of the shoulder axis.
3. In relation to the original shooting position, muscular activity with the largest angle of the shoulder axis was increased by 96 %.
4. It is proven, that the smallest angles of the shoulder axis result in the lowest EMG-activity of the analysed muscles.

Conclusion: The results of this study show clearly the need, to keep the angle of the shoulder axis as small as possible in order to reduce muscular activity in biathlon shooting.

Keywords: biathlon, shooting, EMG, goniometry

Einleitung

Biathlon hat sich in den letzten Jahren zu einer der medienwirksamsten Wintersportarten entwickelt. Verantwortlich dafür waren unter anderem Veränderungen im Wettkampfsystem dieser Sportart. Die Einführung neuer Wettkampfdisziplinen sorgte dafür, dass immer mehr Wettkämpfe in Staffel- und Massenstartsituationen absolviert werden müssen und das Laufen gegen die Zeit in Wettkämpfen mit Einzelstarts in den Hintergrund rückte. Des Weiteren sorgte diese Veränderung dafür, dass im Verhältnis zu den gelaufenen Wettkampfkilometern mehr Schießeinlagen absolviert werden müssen. Dadurch gewinnt der Anteil der Schießleistung, in Bezug auf die Komplexleistung, immer mehr an Bedeutung. Zukünftig wird für eine Medaillenplatzierung eine Trefferleistung von 90-95 % bei entsprechend schneller Schießzeit notwendig sein [8]. Die Trefferleistung hängt dabei im Wesentlichen von der leitbildhaften Gestaltung der wichtigsten Schießtechnikelemente ab. Als allgemeine Schießtechnikelemente können Atmung, Abzug, Zielen und Anschlag sowie deren optimale Koordination [5] benannt werden. Dem Anschlag kommt dabei die Funktion zu, eine stabile Lage des Systems Sportler-Waffe zu gewährleisten und damit ein möglichst geringes Schwankungsausmaß der Laufmündung im Moment der Schussabgabe, auch bei schnellen Schießrhythmen, sicherzustellen [5]. Im Moment der Schussabgabe sind für einen sicheren Treffererfolg Laufmündungsbewegungen kleiner als 0,4 mm im Anschlag Liegend bzw. 1,0 mm im Anschlag Stehend notwendig [1]. Dabei wirken sich im Anschlag Stehend insbesondere Veränderungen der Anschlagposition im Moment der Schussabgabe negativ auf die Laufmündungsruhe aus. Diese Veränderungen der Anschlagposition bestehen dabei aus Schwankungen des Gesamtsystems zwischen Fußballen/Fersen bzw. zwischen linkem/rechtem Bein, Winkelveränderungen der

Methodik

Die Untersuchungen der vorliegenden Studie wurden an sieben Sportlern der Junioren-Nationalmannschaft durchgeführt (2 w / 5 m, Alter: $20,5 \pm 1,4$ Jahre). Die Untersuchungen wurden im Rahmen eines Schießlehrgangs des Deutschen Skiverbandes auf der Olympiaschießanlage in Garching-Hochbrück durchgeführt. Die Probanden führten in drei verschiedenen Anschlagpositionen im Anschlag Stehend eine jeweils 15 Sekunden dauernde Schießeinheit mit fünf Schüssen aus. Dabei wurde das eigene Gewehr des jeweiligen Sportlers benutzt. Die drei verschiedenen Anschlagpositionen wurden über eine Höhenverstellung der Schaftkappe (Butt Plate, BP) am Ende des Gewehrs realisiert. Die Höhenverstellung der Schaftkappe führte bei konstanter Zielscheibenhöhe zu einem veränderten Winkel der Schulterachse (\angle WSA) in Bezug zur Schussebene. Alle anderen individuellen Gewehreinstellungen blieben dabei bestehen. Position eins ($BP \pm 0$ cm) ist die unveränderte Gewehreinstellung und damit die gewohnte Stellung der Schulterachse des jeweiligen Probanden. Position zwei wurde erreicht durch

am Anschlag beteiligten Körpersegmente [6] sowie aus muskulären Spannungen der am Anschlag beteiligten Stütz Muskulatur [2] bis hin zu Tremorbildung bei längerem Halten der Waffe im Anschlag [3, 4]. Die dem Schießen vorgelagerte Laufbelastung führt zu einer zunehmend ergotropen Funktionslage, vorwiegend durch Aktivierung des sympathiko-adrenalen Systems. Dieser Zustand verstärkt negative Effekte der muskulären Beteiligung an der Anschlagsgestaltung. Im Anschlag Stehend lässt sich dieser Einfluss jedoch durch eine geschickte Positionierung der Körperglieder, primär durch Bänder, Sehnen und Knochen und damit im Wesentlichen ohne muskuläre Arbeit, auf ein Mindestmaß reduzieren [2]. In ersten EMG-Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, dass Sportler nicht immer die spannungärmste Anschlagposition einnehmen und sich diese Muskelspannungen negativ auf die Laufmündungsbewegungen auswirken [7].

Zielstellung der vorliegenden Untersuchung war es herauszufinden, wie sich verschiedene Anschlagpositionen auf die Aktivität der am Anschlag beteiligten Muskulatur im Biathlonschießen auswirken. In Voruntersuchungen zeigte sich, dass bei den durchgeführten Schussserien in Rechtsauslage ausschließlich die Muskulatur der rechten Körperhälfte signifikant unterschiedliche Aktivitätsmuster bei verschiedenen Anschlagpositionen aufwies. Daher wurde im Rahmen dieser Untersuchung exemplarisch der rechte M. trapezius betrachtet. Dazu wurde im Anschlag Stehend mittels EMG das neuromuskuläre Aktivitätsniveau des M. trapezius (Pars descendens) bei drei verschiedenen Schulterachsenstellungen bestimmt. Dadurch soll abgeleitet werden, welche Anschlagsgestaltung der Schulterachse, im Hinblick auf einen möglichst spannungsfreien Anschlag Stehend, als empfehlenswert gelten kann.

eine Höhenverstellung von + 3 cm der Schaftkappe ($BP + 3$ cm) und folglich einem größeren Winkel der Schulterachse in Bezug zur Schussebene. Bei der Position drei ($BP - 3$ cm) wurde die Schaftkappe 3 cm tiefer als in der Ausgangsstellung fixiert. Die Erfassung der Anschlagposition und -winkel erfolgte mittels der Bewegungsanalysesoftware Dartfish ProSuite (Taufkirchen, Deutschland) aus der Frontalebene und bezog sich dabei auf die Gelenkpunkte linkes und rechtes Schultergelenk (Schulterachse) sowie auf die Verlängerung des Gewehrlaufs. Das neuromuskuläre Aktivitätsniveau der am Anschlag beteiligten Haltemuskulatur wurde am Beispiel des M. trapezius (Pars descendens) mittels EMG-Untersuchungen durchgeführt. Dazu wurden auf der Basis des anerkannten Standards der SENIAM – Gruppe (www.seniam.org) während der 15 Sekunden die EMG-Signale mit der angeschlossenen Hard- und Software (Noraxon, Köln) mit einer Abtastfrequenz von 1000 Hz aufgenommen. Anschließend wurden die Rohdaten mittels Moving Average geglättet.

Ergebnisse

Winkel der Schulterachse (\angle WSA)

Die Bestimmung der Anschlagposition im Anschlag Stehend erfolgte für den Winkel der Schulterachse (\angle WSA) in Bezug zur Schussebene (Verlängerung Gewehrlauf). Tabelle 1 zeigt die gemessenen Winkel der Schulterachse in Abhängigkeit der verschiedenen Positionen der Schaftkappe der untersuchten Probanden. Es wird deutlich, dass die Probanden in ihrer normalen Anschlagposition (BP \pm 0 cm) sehr unterschiedliche Gestaltungsvarianten aufweisen. Dabei beträgt die Spannweite 11,2°. Des Weiteren wird deutlich, wie stark sich der Winkel der Schulterachse in Abhängigkeit der

Position der Schaftkappe verändert. Dabei kommt es, ausgehend von der der normalen Position der Probanden, bei einer Verschiebung der Schaftkappe um 3 cm nach oben (BP + 3 cm) zu einer Vergrößerung des Schulterachsenwinkels von 5,8° bzw. 62%. Analog dazu, kommt es bei einer Verschiebung der Schaftkappe, ausgehend von der normalen Position, um 3 cm nach unten (BP - 3 cm) zu einer Verringerung des Schulterachsenwinkels von 4,1° bzw. 44%. Dabei sind die Veränderungen in beiden Fällen statistisch signifikant ($P < 0.05$).

Tabelle 1 Winkel der Schulterachse (\angle WSA, in °) in Abhängigkeit der Position der Schaftkappe

Proband Nr.	BP \pm 0 cm	BP + 3 cm	BP - 3 cm
1	6,6	10,2	2,8
2	5,0	9,6	1,3
3	9,9	16,7	7,1
4	6,9	17,2	5,8
5	12,4	18,1	8,5
6	16,2	20,3	4,9
7	8,8	14,6	6,6
MW / SD	9,4 / 3,6	15,2 / 3,7	5,3 / 2,3

Aktivitätsniveau M. trapezius re. (Pars descendens)

Die Erfassung der neuromuskulären Aktivität des M. trapezius re. (Pars descendens) erfolgte für jeden Probanden in Abhängigkeit drei verschiedener

Anschlagpositionen. In Abbildung 1 wird beispielhaft für einen Probanden das Aktivitätsniveau im Verlauf der 15 Sekunden in Abhängigkeit der drei verschiedenen Anschlagpositionen dargestellt.

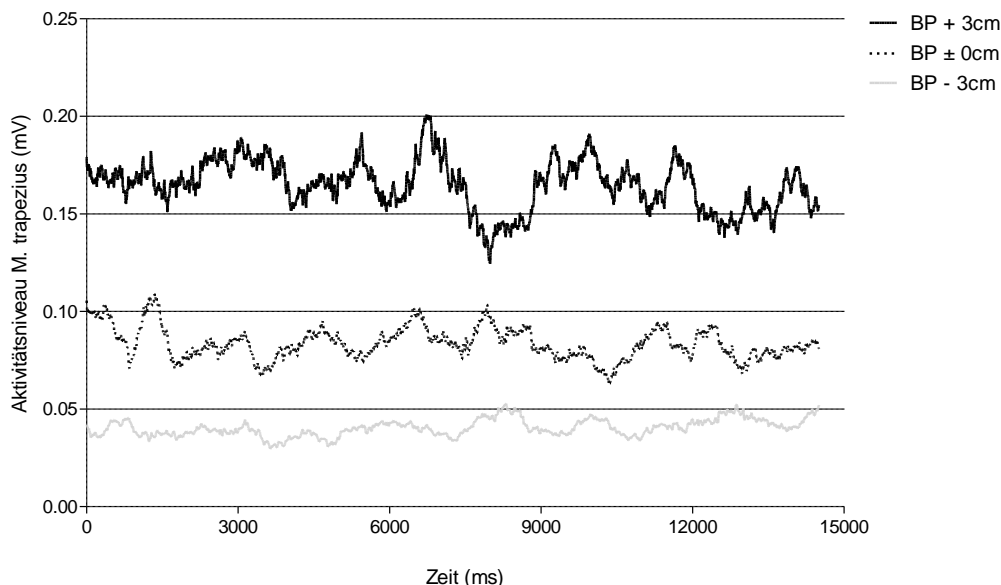


Abb. 1. Aktivitätsniveau des M. trapezius re. (Pars descendens) in Abhängigkeit dreier verschiedener Anschlagpositionen, Bsp. für einen Probanden

In Tabelle 2 sind die individuellen Aktivitätsniveaus der verschiedenen Probanden dargestellt. Ausgehend von der normalen Position der Probanden, kommt es bei einer Verschiebung der Schaftkappe um 3 cm nach oben (BP + 3 cm) zu einer durchschnittlichen Erhöhung des

Aktivitätsniveaus des M. trapezius um 96 %. Bei einer Verschiebung der Schaftkappe ausgehend von der normalen Position um 3 cm nach unten (BP - 3 cm), kommt es dabei zu einer Verringerung des Aktivitätsniveaus des M. trapezius um 33 %.

Tabelle 2 Aktivitätsniveau des M. trapezius re. (Pars descendens) in Abhängigkeit der Position der Schaftkappe

Proband Nr.	BP ± 0 cm	BP + 3 cm	BP - 3 cm
1	0,0417	0,0426	0,0115
2	0,0616	0,1570	0,0753
3	0,0046	0,0267	0,0112
4	0,0328	0,0422	0,0270
5	0,0836	0,1648	0,0404
6	0,0259	0,0490	0,0070
7	0,0154	0,0384	0,0045
MW	0,0379	0,0744	0,0253

Vergleichende Betrachtungen von EMG- und Winkelanalyse

In Abbildung 2 wird parallel zueinander die Veränderung des Winkels der Schulterachse (Δ WSA) in Bezug zur Schussebene und die Veränderung des Aktivitätsniveaus des M. trapezius in Abhängigkeit der verschiedenen Positionen der Schaftkappe dargestellt. Es wird deutlich, wie direkt sich Veränderungen der Anschlagposition auf das Aktivitätsniveau der beteiligten Haltermuskulatur auswirken. Dabei können mittels T-Test signifikante

Unterschiede der Winkel der Schulterachse zwischen den verschiedenen Anschlagpositionen nachgewiesen werden ($P < 0.05$). In Bezug auf das Aktivitätsniveau des M. trapezius sind lediglich signifikante Unterschiede zwischen der Position „BP ± 0 cm“ und „BP + 3 cm“ ($P < 0.05$) sowie zwischen der Position „BP + 3 cm“ und „BP - 3 cm“ ($P < 0.05$) nachweisbar. Zwischen der eigenen Position der Probanden (BP ± 0 cm) und der Position mit abgesenkter Schaftkappe (BP - 3 cm) waren keine signifikanten statistischen Unterschiede nachweisbar.

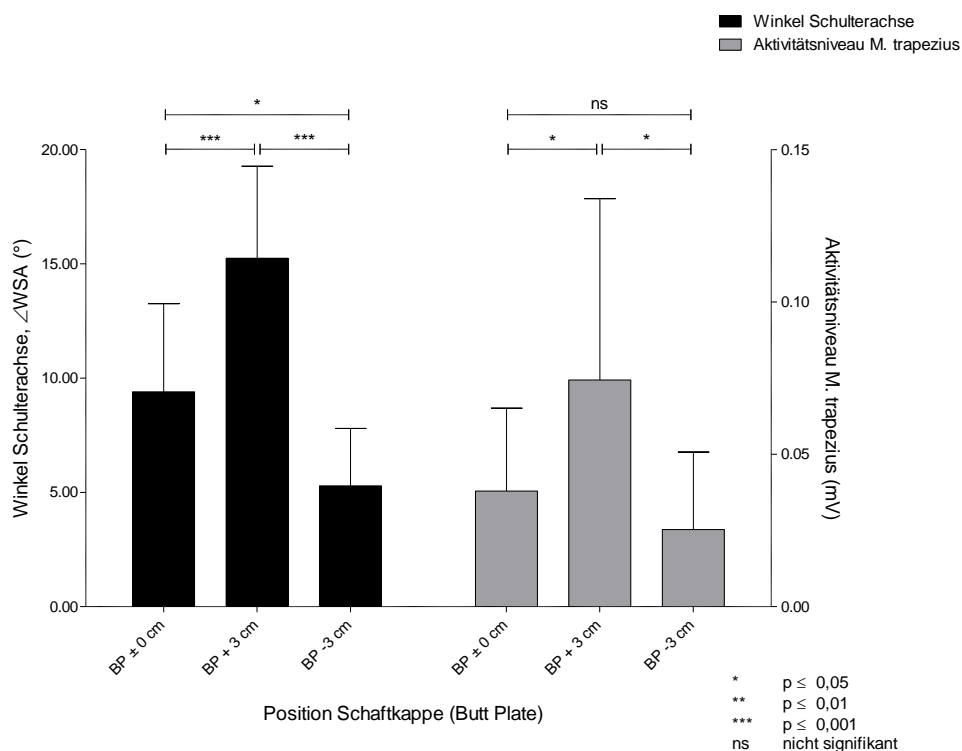


Abb. 2 Winkel Schulterachse und Aktivitätsniveau des M. trapezius bei verschiedenen Anschlagpositionen im Anschlag Stehend im Biathlonschießen

Diskussion

Im Hinblick auf einen möglichst spannungsfreien und damit stabilen Anschlag Stehend im Biathlonschießen, wurde der Einfluss verschiedener Anschlagpositionen auf die neuromuskuläre Aktivität der am Anschlag beteiligten Muskulatur untersucht. Das untersuchte Aktivitätsniveau des M. trapezius (Pars descendens) weist dabei eine deutliche Abhängigkeit vom Winkel der Schulterachse auf. Größere Winkel der Schulterachse in Bezug zur Schussebene erhöhen demnach durch das Anheben der rechten Schulter das Aktivitätsniveau des rechten M. trapezius. Dabei wurden insbesondere in der Position (BP + 3 cm), d.h. Schaftkappe 3 cm nach oben verschoben, die höchsten Aktivitätsniveaus gemessen. Je kleiner der Winkel der Schulterachse wird, desto geringer ist die muskuläre Anspannung in diesem Muskel. Die Ausgangsposition des Anschlags der jeweiligen Sportler zeigte sich dabei bereits als relativ spannungsarm, jedoch konnte mit einer weiteren Absenkung der Schaftkappe um 3 cm in Bezug zur Ausgangsstellung eine weitere Verkleinerung des Schulterachsenwinkels und damit verbunden eine weitere Abnahme der muskulären Aktivität im M. trapezius erreicht werden. Diese Ergebnisse weisen damit klar auf günstige und ungünstige Gestaltungsvarianten des Anschlags Stehend hin.

In dieser Untersuchung wurde exemplarisch der M. trapezius betrachtet. Zur detaillierten und umfassenden Abbildung der anschlagsspezifischen muskulären Aktivitätsmuster ist es zukünftig notwendig, weitere beteiligte Muskeln in den Fokus zu nehmen. Dabei ist im Wesentlichen zu prüfen, inwieweit sich die hier herausgestellten Anschlagpositionen auf das Aktivitätsniveau der anderen Muskeln auswirken.

Diesbezüglich ist davon auszugehen, dass sich Veränderungen der Anschlagposition unterschiedlich stark auf die Aktivität der verschiedenen Muskeln auswirken und eine optimale sowie spannungsfreie Anschlagposition unter diesen Voraussetzungen neu bewertet werden muss. Vor diesem Hintergrund ist es außerdem notwendig zu prüfen, ob neben der Position auch die Größe der beteiligten Muskeln eine bestimmende Rolle bei der Betrachtung des Spannungsprofils hat.

Ausgehend von gleicher Zielbildhöhe, sind Sportler mit verschiedenen Extremitäten- und Rumpflängen gezwungen, die Anschlagposition individuell anzupassen. Die Anschlagsgestaltung ist dabei signifikant abhängig von der Körpergröße [6]. Zur Aufstellung eines gültigen Spannungsprofils der Muskulatur im Anschlag Stehend, bei verschiedenen Anschlagpositionen, ist es daher notwendig, interindividuelle anthropometrische Unterschiede und deren Einfluss auf die Anschlagsgestaltung mit in diese Betrachtungen einfließen zu lassen.

Da die Schießtechnik im Biathlon als komplexes Bedingungsgefüge gilt, müssen Betrachtungen zum Anschlag und verschiedener Anschlagpositionen dabei stets in Zusammenhang mit den anderen, zahlreichen Teilelementen der Schießtechnik sowie den internen und externen Einflussfaktoren auf das Schießergebnis stehen. Nur so können allgemeingültige Aussagen und Ableitungen für die Trainingspraxis getroffen werden.

Die Untersuchung konnte jedoch klar den Einfluss verschiedener Anschlagpositionen auf die muskuläre Aktivität nachweisen und damit die Bedeutung einer spannungsfreien Anschlagsgestaltung unterstreichen.

Literatur

1. **Albert M (1997)**. Entwicklung von Auswertverfahren zur Objektivierung anschlagstechnischer Merkmale beim scharfen Schießen im Biathlon. Diplomarbeit, Universität Leipzig
2. **Bühlmann G, Reinkemeier H, Eckhardt M (2001)**. Die Technik, 2. Aufl. Wege des Gewehrs. Eigenverl., Münster
3. **Lakie M (2010)**. The influence of muscle tremor on shooting performance. *Exp. Physiol.* 95(3): 441–450
4. **Müller EA, Schnauber H (1966)**. Der Tremor bei statistischer Haltearbeit in Abhängigkeit von Kraft, Masse, Elastizität und Dauer. *Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen*
5. **Nitzsche K (ed) (1998)**. Biathlon. Leistung - Training - Wettkampf; ein Lehrbuch für Trainer Übungsleiter und Aktive, 1. Aufl. Limpert, Wiesbaden
6. **Siebert D, Espig N (2011)**. Untersuchungen zur weiteren Vervollkommnung der Anschlagstechniken Liegend und Stehend im Biathlonschießen. *BISp-Jahrbuch: Forschungsförderung (2010): 193–198*
7. **Sklortz E (2008)**. Elektromyographische Untersuchung (EMG) zur Präzisierung der Anschlagstechniken Liegend und Stehend im Biathlon. Studienbegleitende Arbeit, Trainerakademie Köln des DOSB
8. **Wick J (2009)**. Bewertung der Weltcupergebnisse der Saison 2007/08 einschließlich der Weltmeisterschaften 2008 in Pyeongchang/ KOR und vergleichende Betrachtungen zur Weltcup-Saison 2007/08 im Biathlon der Herren. Leipzig

Korrespondenzadresse:

Jun.-Prof. Dr. Dirk Siebert
 Institut für Bewegungs- und Trainingswissenschaft der Sportarten II, Fachgebiet Wintersport,
 Sportwissenschaftliche Fakultät, Universität Leipzig
 Jahnallee 59, D-04109 Leipzig
 E-Mail: dirk.siebert@uni-leipzig.de Fax: +49341-9731737 Tel.: +49341-9731727