

---

## Trainingsbegleitung im Rollstuhlleistungssport (Wurf- und Stoßdisziplinen)

Jürgen Freiwald & Volker Lange-Berlin

Universität Wuppertal

### Problem

Die Behindertenleichtathletik ist professioneller organisiert und wird zunehmend sportwissenschaftlich begleitet (Burgomaster, et al., 2003; Chow & Chae, 2007; Haisma, et al., 2006; Lange-Berlin & Freiwald, 2006; Winnick, 2005).

Für leichtathletische Wurf- und Stoßdisziplinen des Rollstuhlsports und die die Leistung beeinflussenden Parameter existieren im nationalen und internationalen Bereich nur wenige Untersuchungen (Chow & Crawford, 2000; Chow, Kuenster, & Lim, 2003; Frossard, O’Riordan, & Goodman, 2005; Haisma, et al., 2006; Innenmoser, 2002; Lange-Berlin & Freiwald, 2006; O’Riordan & Frossard, 2006).

Im Training und in der Wettkampfvorbereitung der Wurf- und Stoßdisziplinen der Rollstuhlleichtathletik herrscht daher überwiegend Praxiswissen vor oder es werden Wissensbestände aus den Bereichen des Nicht-Behindertensports auf den Behindertenleistungssport übertragen – was im Sinne der fehlenden externen Validität der Erkenntnisse unzulässig ist (Bortz & Döring, 2003). Das Resultat ist: im Behindertenleistungssport fehlen behindertenspezifische Trainingsanalyse- und Trainingsdokumentationssysteme sowie Test- und Steuerungsinstrumente.

Um zukünftig international konkurrenzfähig zu bleiben, ist eine wissenschaftliche Begleitung und theoretische Reflexion von Praxiswissen im Leistungssport notwendig (Roth, 1996). In der Rollstuhlleichtathletik muss daher zunächst die stichprobenadäquate, wissenschaftlich fundierte Optimierung des Trainingsprozesses in Angriff genommen sowie zusätzlich eine Verbesserung der eingesetzten Materialien und Hilfsmittel angestrebt werden.

### Methode

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden nach theoretischer Reflexion des Gegenstandsbereichs Trainingsdokumentationsbögen entwickelt und eingesetzt, um die spezifischen Aspekte des Behindertensports abbilden zu können.

Neben der Trainingsdokumentation wurden Videographie, EMG und Stoßweite aufgezeichnet.

### Probanden

An der Untersuchung nahmen sechs (2♀, 4♂) A- und B-Kaderathleten und Kaderathletinnen der Rollstuhlleichtathletik, Bereich Wurf und Stoß des DBS<sup>1</sup> teil. Die Athleten und Athletinnen starteten in unterschiedlichen Wettkampfklassen (F52, F54, F55, F56). Das Alter der Athleten und Athletinnen lag zu Untersuchungsbeginn

---

<sup>1</sup> DBS = Deutscher Behindertensportverband

(01.08.2007) zwischen 33 und 54 Jahren ( $46,5 \pm 7,01$ ), die Größe zwischen 169 cm und 189 cm ( $180,5 \pm 7,34$ ). Das Gewicht der Athleten und Athletinnen lag zwischen 56 und 105 kg ( $79,4 \pm 19,83$ ).

### Erhebungsverfahren

Im Rahmen der Untersuchung wurden neben dem Alter die anthropometrischen Parameter Gewicht (in kg), Größe (in cm), Größe sitzend auf dem Wurfstuhl<sup>2</sup> (in cm), Armlänge des Stoßarmes (gestreckt, Acromion<sup>3</sup> bis Fingerkuppe Mittelfinger; in cm), Unterarmlänge (Olecranon bis Fingerkuppe Mittelfinger, Hand gestreckt; in cm) und Schulterbreite (Acromion zu Acromion; in cm) erhoben. Das Gewicht wurde mit einer geeichten Waage gemessen<sup>4</sup>, die anderen anthropometrischen Parameter mit einem Maßband.

Mit der Videoanalyse (Aufnahmefrequenz 50 Hz) wurden die kinematischen Parameter Abflugwinkel Kugel  $\varphi$  in [°] Abflughöhe [h] in [m] und Beschleunigungsweg [s] in [m] erhoben. Die Parameter wurden aus den videographischen Aufzeichnungen berechnet.

Die elektrische Aktivierung [ $\mu$ V] des M. triceps brachii, M. biceps brachii, M. trapezius, M. deltoideus und M. pectoralis major wurden während der Wurf- und Stoßbewegungen nach den methodischen Vorgaben von SENIAM (Seniam, 1999) abgeleitet.

Die Stoßweite [s] in [m] wurde mit einem Maßband erhoben.

Mit der Trainingsdokumentation wurden die Parameter Trainingsinhalt, Trainingsübung, Trainingsperiode, weitere Trainingsparameter, physiotherapeutische Maßnahmen, Medikamenteneinnahme, berufliche Belastung und psychosoziale Belastung erfragt. Zu den psychosozialen Belastungen wurden auf die Person bezogene Aspekte (Befindlichkeit) sowie im sozialen Bereich gelegene Aspekte (z. B. Anerkennung) erfragt. Die Dokumentationsbögen wurden wöchentlich ausgefüllt und die erfragten Parameter zur Auswertung in eine Excel Datei übertragen.

### Statistische Verfahren

Die anthropometrischen, kinematischen und elektromyographischen Daten wurden mit den Programmen Excel<sup>5</sup> und SPSS<sup>6</sup> ausgewertet. Die numerischen Werte wurden mit dem nichtparametrischen Kolmogorov-Smirnov Anpassungstest auf Normalverteilung überprüft und aufgrund der geringen Probandenanzahl (6) mit dem Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben analysiert. Als Alpha-Fehler wurde  $p \leq 0.05$  festgelegt. Korrelationen wurden bei Normalverteilung mit dem Pearson-Test berechnet. Die Ergebnisse der Trainingsdokumentationsbögen werden rein deskriptiv dargestellt. Für die (qualitativen) Aussagen der Trainingsdokumentationsbögen wurden keine Signifikanzen und Korrelationen berechnet. Alle Daten waren normal verteilt.

2 Für die Messung dieses Wertes saßen die Athleten und Athletinnen auf dem normierten Wurfstuhl aus dem Projekt „Krafttraining im Behindertenleistungssport“ (VF070413/06).

3 Gemeint ist hier der am weitesten vorstehende Punkt. Dieser wird anatomisch nicht exakt bezeichnet.

4 Firma Söhnle

5 Microsoft Office Professional 2003

6 Version 14.0

## Ergebnisse

Die Ergebnisse werden getrennt nach anthropometrischen, kinematischen und elektromyographischen Daten und der Trainingsdokumentation dargestellt.

### Anthropometrische Daten

Die *Größe* der Athleten und Athletinnen (sitzend auf dem Wurfstuhl<sup>7</sup>) lag zwischen 154 und 173 cm ( $167,8 \pm 7,14$ ). Die *Armlänge des Stoßarmes* (gestreckt, vom Acromion bis zur Fingerkuppe des Mittelfingers) lag zwischen 68 und 80 cm ( $76,2 \pm 4,44$ ), die *Unterarmlänge* (Olecranon bis Fingerkuppe Mittelfinger, Hand gestreckt) lag zwischen 44 und 52 cm ( $48,3 \pm 2,79$ ). Die *Schulterbreite* (Acromion zu Acromion) lag zwischen 42 und 54 cm ( $48,6 \pm 5,08$ ) und das *Gewicht* lag zwischen 56 und 105 kg ( $79,4 \pm 19,83$ ).

Zwischen *Sitzhöhe* und *Größe* besteht eine sehr hohe Korrelation ( $r = 0,91$ ) und der Zusammenhang ist signifikant ( $p = 0,01$ ). Die Korrelation von *Sitzhöhe* und *Armlänge* ist hoch ( $r = 0,83$ ) und signifikant ( $p = 0,04$ ), die Korrelation von *Sitzhöhe* und *Unterarmlänge* liegt bei  $r = 0,85$  (hohe Korrelation) und ist signifikant ( $p = 0,03$ ). Die Korrelation zwischen *Sitzhöhe* und *Schulterbreite* liegt bei  $r = 0,75$  (hohe Korrelation), ist aber nicht signifikant ( $p = 0,08$ ).

In der Literatur (Ballreich, 1989; Ballreich & Kuhlow, 1986; Chow & Mindock, 1999; Jonath, Krempel, Haag, & Müller, 1995) werden Abflugwinkel, Abflughöhe und Beschleunigungsweg als wichtige Parameter für das Erreichen einer großen Stoßweite beschrieben.

### Abflugwinkel Kugel

In Tab. 1 wird der Abflugwinkel der Kugel bei den einzelnen Athleten und Athletinnen dargestellt. Der Abflugwinkel wurde aus der Videographie errechnet. Sechs Versuche wurden gemittelt.

Tab. 1. *Abflugwinkel der Kugel bei den einzelnen Athleten und Athletinnen*

Athlet	Abflugwinkel [ $\varphi$ ] in Grad (°) (Mittelwert und Standardabweichung)
01	$29,66 \pm 0,71$
02	$23,85 \pm 2,35$
03	$33,28 \pm 0,62$
04	$26,37 \pm 0,57$
05	$28,90 \pm 0,57$
06	$31,70 \pm 0,56$

Beim Kugelstoßen Nichtbehinderten wird ein Abflugwinkel zwischen  $37^\circ$  und  $40,0^\circ$  bei den erreichten Weiten als optimal beschrieben. Alle Athleten und Athletinnen zeigten einen kleineren Abflugwinkel.

<sup>7</sup> Gemessen auf dem normierten Wurfstuhl aus dem Projekt „Krafttraining im Behindertenleistungssport“ (VF070413/06).

### Abflughöhe

Die Abflughöhe ist von den anthropometrischen Voraussetzungen (Größe im Sitzen, Armlänge) abhängig und daher kaum zu beeinflussen. Die Abflughöhe für die einzelnen Athleten und Athletinnen ist in Tab. 2 beschrieben.

Tab. 2. *Abflughöhe der Kugel bei den einzelnen Athleten und Athletinnen*

Athlet	Abflughöhe [h] in [m] (Mittelwert und Standardabweichung)
01	1,74 ± 0,05
02	1,72 ± 0,02
03	1,79 ± 0,01
04	1,69 ± 0,02
05	1,80 ± 0,01
06	1,62 ± 0,02

### Beschleunigungsweg

Der Beschleunigungsweg stellt eine weitere wichtige biomechanische Kenngröße zur Erreichen einer hohen Stoßweite dar; er sollte optimal statt maximal sein. Der Beschleunigungsweg beginnt mit der Ausholbewegung (Kugel liegt am Hals an, Athlet sitzt maximal nach hinten gebeugt) und endet mit dem Verlassen der Kugel aus der Stoßhand (Streckung des Stoßarmes). Die Beschleunigungswege für die einzelnen Athleten und Athletinnen sind in der folgenden Tabelle dargestellt (Mittelwert und Standardabweichung in m). Sechs Versuche wurden gemittelt.

Tab. 3. *Beschleunigungswege der Kugel (Kugelmittle) in horizontaler Richtung der Athleten und Athletinnen beim Kugelstoß*

	Athlet 1	Athlet 2	Athlet 3	Athlet 4	Athlet 5	Athlet 6
Mittlerer Beschleunigungsweg (m)	1,18	1,03	1,55	1,32	1,48	1,36
Standardabweichung (m)	0,02	0,11	0,01	0,01	0,04	0,05

### Elektromyographie

Die elektromyographischen Aktivierungsmuster der abgeleiteten Muskeln zeigten bei allen Athleten und Athletinnen die höchste Aktivität in der mittleren Ausstoßbewegung (Oberarm-Unterarmwinkel bei ca. 270°). Die Aktivitätsmuster wurden auf 100 % normalisiert. Die EMG Muster zeigten zeitliche und von der Amplitudenhöhe intra- und interindividuell große Unterschiede; auf eine gesonderte Darstellung wird an dieser Stelle verzichtet (vgl. Diskussion).

## Trainingsdokumentation

Als Krafttrainingsübungen setzten die Athleten und Athletinnen Bankdrücken und sogenannte Stoß- und Schwungübungen ein. Mit dem Bankdrücken wurde eine Maximalkraftsteigerung angestrebt, die Stoß- und Schwungübungen wurden laut Athleten- und Trainerangaben zur Verbesserung der Schnellkraft durchgeführt. Das disziplinspezifische Training (Kugelstoßen) und das Krafttraining wurden nicht periodisiert. Das disziplinspezifische Training wurde von fünf Athleten und Athletinnen bei guter Witterung durchgeführt, das Krafttraining nur bei schlechter Witterung. Bei einer Athletin fand eine Unterteilung des Trainings nach Zyklen statt. Hier wurden die Zeitpunkte für disziplinspezifisches Training und Krafttraining innerhalb eines Trainingsplanes genau definiert. Im Rahmen des Maximalkraft- und Schnellkrafttrainings wurden Belastungsnormativa (Intensität, Umfang, Wiederholungszahl, Pausenlänge) von vier Athleten und Athletinnen nach subjektivem Empfinden<sup>8</sup> ausgewählt. Nur eine Athletin und ein Athlet trainierten nach Belastungsnormativa, welche durch einen Trainingsplan des Trainers vorgeben wurden.

Zwei Athletinnen und ein Athlet gaben die Doppelbelastung von Berufstätigkeit und Leistungssport als negativ beeinflussenden Faktor an. Drei Athleten und Athletinnen gaben die „Anreise“ zum Training als aufwendig und negativ beeinflussend an.

Alle sechs Athleten und Athletinnen wurden medizinisch von ihrem Hausarzt betreut. Nur eine Athletin nutzte zusätzlich die medizinische Versorgung am Olympiastützpunkt.

Im Rahmen der physiotherapeutischen Betreuung wurden bei allen Athleten und Athletinnen die Einschränkungen im Zusammenhang mit der Behinderung behandelt. Eine sportartspezifische physiotherapeutische Behandlung zur Regeneration, zur Prävention und im Rahmen des Trainings fand nicht statt.

## Diskussion

In der Diskussion werden die vorher beschriebenen Ergebnisse in gebotener Kürze kritisch und unter dem speziellen Fokus des Behindertenleistungssports diskutiert.

*Anthropometrische Voraussetzungen* sind als die Leistung im Kugelstoßen limitierende Faktoren bekannt; dazu gehören *Armlänge*, *Körpergröße* und *Gewicht* (Ballreich, 1989; Ballreich & Kuhlow, 1986; Chow & Mindock, 1999; Jonath, et al., 1995). Alle Athleten und Athletinnen stießen aus einem in der Höhe (75 cm) normierten Wurfstuhl, auch unter diesem Aspekt haben hypothetisch insbesondere die Körpergröße und Armlänge einen Einfluss auf die Stoßweite; u. a. durch den Einfluss auf die Abflughöhe.

Während Kugelstoßen der Nichtbehinderten eine Ganzkörperbewegung darstellt (Ballreich, 1989; Ballreich & Kuhlow, 1986; Chow & Mindock, 1999; Jonath, et al., 1995), wird beim Kugelstoßen der Rollstuhlleichtathletik insbesondere der Oberkörper zur Beschleunigung der Kugel eingesetzt. Je nach Behinderungsgrad ist eine Kraftkopplung bzw. -übertragung zwischen Beinen, Hüften und Oberkörper eingeschränkt und der Beschleunigungskraftstoß wird weitgehend mit dem Oberkörper erzeugt.

<sup>8</sup> Das bedeutet, die Athletinnen und Athleten wählten die Belastungsnormative danach aus, was sie glaubten, welches Gewicht mit welcher Wiederholungszahl Sie am Trainingstag schaffen zu können.

Die *Stoßweite* stellt die zentrale biomechanische Zielgröße dar. Für das Erreichen einer hohen Stoßleistung sind eine hohe Maximalkraft, ein optimaler Abflugwinkel und ein optimaler Beschleunigungsweg wichtig. In der Literatur (Ballreich, 1989; Ballreich & Kuhlow, 1986; Chow & Mindock, 1999; Jonath, et al., 1995) wird für die Leichtathletik Nichtbehinderter ein *Abflugwinkel* zwischen 37° und 40,0° als optimal beschrieben. Ungeklärt ist die Frage ob diese Angaben zum optimalen Abflugwinkel auf die Rollstuhlleichtathletik übertragen werden können. Alle Athleten und Athletinnen zeigten nur kleinere Abflugwinkel; woraus nicht geschlossen werden kann, ob das für die Stoßweite besser oder schlechter ist bzw. ein angepasstes Merkmal darstellt. In weiteren Untersuchungen sollte der Abflugwinkel in der Rollstuhlleichtathletik erhoben werden, um über normative Werte zu verfügen.

Eine möglichst große *Abflughöhe* ist anzustreben. Die Abflughöhe ist im Rollstuhlsport in erster Linie von den anthropometrischen Voraussetzungen (Größe im Sitzen, Armlänge) abhängig und durch Training – wenn überhaupt – nur gering zu beeinflussen.

Der optimale *Beschleunigungsweg* stellt eine weitere wichtige biomechanische Kenngröße zur Erreichen einer hohen Stoßweite dar und sollte im Training entsprechend trainiert werden.

Beim Kugelstoßen Nichtbehinderter wird die disziplinmotorische Bewegung in einzelne Bewegungsphasen unterteilt; auf das Rollstuhlkugelstoßen ist diese Phasenstruktur nicht übertragbar.

Mit dem Trainingsdokumentationsbogen wurden verschiedenen Merkmale erhoben.

Als Hauptübung im *Krafttraining* wurde von den Athletinnen und Athleten Bankdrücken eingesetzt. Durch die elektromyographischen Untersuchungen mit den Athletinnen und Athleten zeigten sich intra- und interindividuell unterschiedliche neuromuskuläre Aktivierungsmuster. Daher ist es in Zukunft höchst bedeutsam, die Trainingsübungen mit den Wettkampfbewegungen durch elektromyographische Messungen abzugleichen. Aufgrund stark variierenden physiologischen und biomechanischen Voraussetzungen im Rollstuhlsport (u. a. in Abhängigkeit zur Schadensklasse) scheint ein Übertrag von an Nichtbehinderten erhobenen Aktivierungsmuster auf Rollstuhlsportler problematisch (vgl. Forschungsbedarf).

Vier Athleten und Athletinnen haben die *Belastungsnormativa*, die in der Literatur z. B. für Krafttraining beschrieben sind, nicht annähernd eingehalten.

Fünf Athleten und Athletinnen führten keine *Trainingsperiodisierung* durch und es wurde ihnen auch keine durch die Trainer vorgegeben, wodurch eine deutlich verringerte Effektivität des Trainings anzunehmen ist.

Ein weiteres in unseren Augen bedeutsames Ergebnis ist die Aussage mehrerer Athleten bzw. Athletinnen, dass sich Training und Trainingsinhalte des öfteren nach äußeren Gegebenheiten (wie z. B. Witterungsverhältnisse) richteten, was in den Dokumentationsbögen mehrfach angegeben wurde.

Tetra- und Paraplegiker benötigen auch ohne leistungssportliches Engagement eine umfassende medizinische und physiotherapeutische Betreuung. Diese wurde bei allen Athleten und Athletinnen der untersuchten Population durch den Hausarzt gewährleistet.

Problematisch ist die Tatsache, dass die Hausärzte meist nicht mit den Dopingbestimmungen des Leistungssports vertraut sind. Als Konsequenz ist zu fordern, dass alle Athleten und Athletinnen an den zuständigen Olympiastützpunkten medizinisch betreut werden – zumindest zusätzlich zur hausärztlichen Betreuung.

## Literatur

- Abel, T., Schneider, S., Platen, P., & Strüder, H. K. (2006). Performance diagnostics in handbiking during competition. *Spinal Cord*, 44 (4), 211-216.
- Ballreich, R. (1989). Stoß- und Wurfdisziplinen. In K. Willimczik (Ed.), *Biomechanik der Sportarten*. Reinbek: Rowohlt.
- Ballreich, R., & Kuhlow, A. (1986). *Biomechanik der Sportarten* (1. ed.). Stuttgart: Enke.
- Bernard, P. L., Mercier, J., Varray, A., & Prefaut, C. (2000). Influence of lesion level on the cardioventilatory adaptations in paraplegic wheelchair athletes during muscular exercise. *Spinal Cord*, 38, 16-25.
- Burgomaster, K. A., Moore, D. R., Schofield, L. M., Phillips, S. M., Sale, D. G., & Gibala, M. J. (2003). Resistance training with vascular occlusion: metabolic adaptations in human muscle. *Medicine and science in sports and exercise*, 35 (7), 1203-1208.
- Chow, J. W., & Chae, W. S. (2007). Kinematic analysis of the 100-m-wheelchair race. *Journal of biomechanics*, 40 (11), 2564-2568.
- Chow, J. W., & Crawford, M. J. (2000). Kinematic analysis of shot-putting performed by wheelchair athletes of different medical classes. *Journal of sport sciences*, 18 (5), 321-330.
- Chow, J. W., Kuenster, A. F., & Lim, Y.-T. (2003). Kinematic analysis of javelin throw performed by wheelchair athletes of different functional classes. *Journal of sports science and medicine* (2), 36-46.
- Frossard, L., O'Riordan, A., & Goodman, S. (2005). Applied biomechanics for evidence-based training of Australian elite seated throwers. *International Council of Sport Science and Physical Education Perspectives*, 1-12.
- Goosey-Tolfrey, V. L., & Tolfrey, K. (2008). The multi stage fitness test as a predictor of endurance fitness in wheelchair athletes. *Journal of sport sciences*, 26 (5), 511-517.
- Haisma, J. A., van der Woude, L., Stam, H. J., Bergen, M. P., Sluis, T. A., & Bussmann, J. B. (2006). Physical capacity in wheelchair-dependent persons with a spinal cord injury: a critical review of the literature. *Spinal Cord*, 44 (11), 642-652.
- Innenmoser, J. (2002). *Identifikation von Bewegungsmerkmalen im leichtathletischen Wurf von Rollstuhlfahrern mit unterschiedlichen Läsionshöhen mit Hilfe von videogestützter Bewegungsanalyse und begleitender Elektromyographie - eine Untersuchung am Beispiel der Speerwurfs im Feld und am Wurfmessplatz*. Köln: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.
- Jonath, U., Krempel, R., Haag, E., & Müller, H. (1995). *Leichtathletik 3: Werfen und Mehrkampf* (1. ed. Vol. 3). Reinbek: Rowohlt.

- Lange-Berlin, V., & Freiwald, J. (2006). *Krafttraining im Behindertenleistungssport*. Wuppertal: Bergische Universität.
- Nocker, C. (2003). Behindertensport - von der Rehabilitation bis zum Leistungssport. *Brücke (2)*, 25-26.
- O'Riordan, A., & Frossard, L. (2006). Seated shot-put - what's it all about. *Modern athlete and coach*.
- Roeleveld, K., Lute, E., Veeger, D., van der Woude, L., & Gwinn, T. (1994). Power output and technique of wheelchair athletes. *Adapted physical activity quarterly (11)*, 71-85.
- Roth, K. (Ed.). (1996). *Techniktraining im Spitzensport (Vol. 13/96)*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Winnick, J. P. (Ed.). (2005). *Adapted physical education and sport (4. ed.)*. Champaign: Human kinetics.
- Zimmer, M. (2006). Behindertensport. In M. Engelhardt (Ed.), *Sportverletzungen. Diagnose, Management und Begleitmaßnahmen* (pp. 45-52). München: Elsevier.