

Vergleich von Belastungsparametern im Parabiathlon/-Skilanglauf zwischen dem Training auf dem Skirollerlaufband und dem Training mit Skirollern auf Asphalt und mit Ski auf Schnee

(AZ 071607/18-19).

Veit Wank¹ (Projektleitung), Corinna Coenning¹, Hendrik Heger¹, Walter Rapp² & Ralf Rombach²

¹Universität Tübingen, Institut für Sportwissenschaft

²Olympiastützpunkt Freiburg

1 Problemstellung

Das Training mit Skirollern auf großen Laufbändern für die Sportarten Biathlon und Skilanglauf hat sich weitläufig etabliert. Eigene Studien (u. a. Wank et al., 2016, 2017) sowie etliche internationale Studien (u. a. Lindinger et al., 2009, Swaren et al., 2012; Halonen et al., 2014) zeigen die Vorteile von Trainings- und Untersuchungsmethoden auf Skirollerlaufbändern als ideale Ergänzung zum Training und zu bewegungsanalytischen Untersuchungen im Feld. Das Training auf dem Laufband ist sehr effektiv, weil es durch ein direktes Feedback über das Verhältnis Anstrengungsgrad vs. Bandgeschwindigkeit sowie permanente Korrekturmöglichkeiten von außen durch die Trainer bzw. Leistungsdiagnostiker gegenüber dem Streckentraining etliche Vorteile hat. Zudem bietet ein Laufband sehr gute Voraussetzungen für leistungsdiagnostische Untersuchungen unter standardisierten Bedingungen oder aber auch für Simulationen von bedeutsamen Wettkampfstrecken (Swaren et al., 2012). Das Training im nordischen Skisport von Athleten und Athletinnen mit Behinderungen unterliegt dabei besonderen Rahmenbedingungen. Viele sind bereits über das Jugendalter hinaus, wenn sie den Weg in den Leistungsbereich finden. Die Zeit, eine optimale, wettkampfspezifische Technik zu erlernen, ist geringer als bei einer Kaderentwicklung im DSV. Das „Abschauen“ von Lauftechniken der Weltbesten aus dem Skilanglauf/Biathlon der Sportlerinnen und Sportler ohne Behinderungen ist bei Athleten bzw. Athletinnen mit eingeschränktem Sehvermögen nicht in gewohnter Weise möglich.

Daher muss möglichst oft in der wettkampfspezifischen Geschwindigkeit gelaufen werden, damit sich diese Technik im Bewegungsmuster einprägt. Gerade im Skischlitten-Langlauf haben wir es oftmals mit Quereinsteigern aus anderen Sportarten (z. B. Paracycling) zu tun. Allgemeine Grundlagen in der Ausdauer sind dabei oft vorhanden, allerdings fehlt es an einer hinreichend guten Wettkampftechnik für das Skischlitten-Laufen. Die Verbesserung der Arbeitsökonomie und eine Erhöhung der maximalen Sauerstoffaufnahme für den Skischlittenlauf sind bei diesen Athleten bzw. Athletinnen die leistungslimitierenden Parameter beim Vortrieb. All dies lässt sich auf einem Skirollerlaufband sehr gut anzu steuern und verbessern.

Nicht nur im Paraskilanglauf und Parabiathlon, aber insbesondere in diesen beiden Sportarten hängen aufgrund der unterschiedlichen Sportklassen (Behinderungsgrade) die Trainings- und Wettkampfleistungen von den jeweiligen Gleitbedingungen ab. Dies liegt am Faktorensystem. Bei diesem System bekommen die einzelnen Sportklassen einen festgelegten Faktor zugeordnet. Durch diesen Faktor können Athletinnen bzw. Athleten mit unterschiedlich ausgeprägten Leistungseinschränkungen gegeneinander antreten, ihre Leistungen vergleichen und einen Sieger ermitteln. Die Sportpraxis zeigt, dass unterschiedliche äußere Bedingungen trotz Faktor oft zu unterschiedlichen Leistungsverhältnissen führen. Es wurde beobachtet, dass bei schlechten Gleitbedingungen Sportklassen mit einem höheren Faktor (höherer Behinde-

rungsgrad z. B. LW 10 in der Sitzskiklasse) im Vergleich zu Sportklassen mit einem niedrigeren Faktor (z. B. LW 12 in der Sitzskiklasse) trotz des Faktors vergleichsweise langsamer sind, als bei guten Gleitbedingungen. Allerdings beruht diese Einschätzung bisher nur auf Beobachtungen aus dem Training und bei Wettkämpfen. Die Trainings- bzw. Wettkampfleistungen auf dem Laufband, beispielsweise bei Streckensimulationen oder bei Leistungsdiagnosen, finden stets unter vergleichbaren Bedingungen statt und sind daher nicht automatisch auf verschiedene Gleitbedingungen übertragbar. Die Beurteilung des Leistungsvermögens bei beispielsweise schlechten Gleitbedingungen ist auf dem Laufband bisher nicht objektiv möglich.

Im Mittelpunkt des hier vorgestellten Projektes stand die Überprüfung der Vergleichsmöglichkeiten von Laufleistungen auf dem Skirollerlaufband gegenüber den Leistungen, die im Feld sowohl mit Skiroller auf Asphalt als auch mit Ski auf Schnee erbracht werden. Dabei sollte die Erfassung von realen Bewegungs- und Leistungsparametern bei unterschiedlichen Gleit-

bedingungen, wie sie aufgrund äußerer Bedingungen im Feld vorzufinden sind, erfolgen.

Es sollte versucht werden, durch verschiedene Interventionen bzw. Modifikationen der Bandsteuerung auf dem Skirollerlaufband diese Bedingungen zu simulieren. Vorrangiges Ziel war die Evaluierung der Einstellungen des Skirollerbandes über die Profilwahl (Neigung, Geschwindigkeit), sodass das Laufen auf dem Band möglichst nah an das freie Laufen auf der Loipe bzw. mit dem Skiroller auf Asphalt angepasst werden kann. Dadurch sollten objektivierbare Einschätzungen und Vergleiche von Trainingsleistungen unter Feldbedingungen mit Leistungen auf dem Skirollerlaufband ermöglicht werden.

2 Methode

Der Leistungsvergleich beim Laufen auf Schnee, Asphalt (Skiroller) und dem Laufband (Skiroller) wurde mit einer Gruppe von paralympischen Athleten, die am OSP Schwarzwald in Freiburg und auf dem Notschrei (NCN) (Abb. 1) trainieren, durchgeführt.

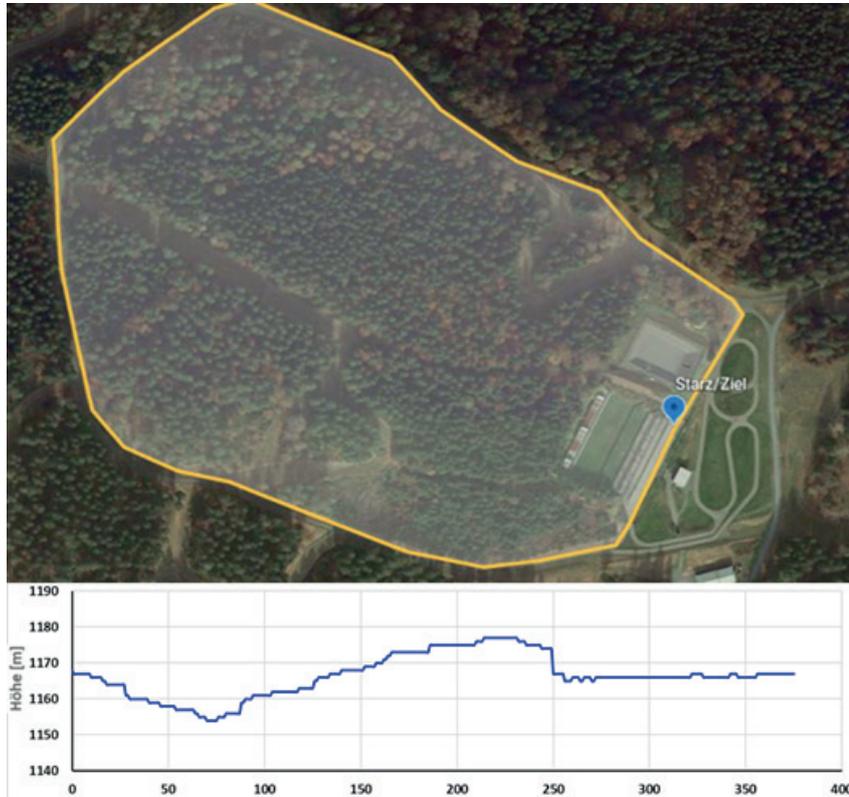


Abb. 1: Topographie der ca. 1,2 km langen Testrunde auf dem Notschrei, auf der die Läufe auf Ski (Schnee) und auf Rollski (Asphalt) stattfanden

Die Tests waren ursprünglich mit sechs Probanden geplant. Ein Proband ist im Laufe des Trainingsjahres aus dem Kader ausgeschieden, sodass wir auf Schnee mit sechs Athleten und auf Asphalt und auf dem Laufband mit jeweils fünf Athleten vermessen haben. In Anbetracht der Gesamtzahl von paralympischen Athleten und Athletinnen, die im nordischen Skisport leistungsorientiert trainieren, ist es prinzipiell nicht möglich, Probandengruppen mit der für statistisch belegbare Aussagen notwendigen Größe zu bekommen, sodass diese Studien eher den Charakter von Einzelfallbeschreibungen haben. Das ist sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene der Fall, und der Hauptgrund, weshalb es in diesem Bereich so gut wie keine Publikationen gibt, die übliche Standards hinsichtlich der Stichprobengrößen erfüllen. Die Studie hätte vom Anliegen her auch mit Nicht Behinderten durchgeführt werden können. Sie wurde aber explizit vom DBS angeregt und auch überwiegend aus Mitteln zur Unterstützung des paralympischen Leistungssports gefördert, weshalb wir natürlich auch bestrebt waren, das Thema, das für alle Langlaufdisziplinen interessant ist, mit Athleten aus dem paralympischen Bereich zu untersuchen.

Der Test war vordergründig auf die Messung von Effekten infolge der Laufbedingungen ausgerichtet. Dazu sind die Läufer Testrunden auf Ski (Schnee), auf Skiroller (Asphalt) und bei Simulation des Testrundenprofils auf dem Laufband gelaufen. Dies wurde bei adäquatem Ablauf mit niedriger (GA), mittlerer (EB) und hoher Intensität (GB) durchgeführt.

Je nach Läuferklasse liefen die Läufer in der Skating-Technik (v. a. sehbehinderte Läufer) bzw. im Doppelstockschub (v. a. Sitzschlittenläufer).

Die Testbedingungen bei den Läufen waren sowohl im Winter als auch im Sommer anspruchsvoll. Die Läufe auf Schnee fanden bei -10°C Lufttemperatur statt. Alle Läufer verwendeten dabei denselben Ski-Typ mit jeweils gleichem Schliff. Ebenso wurde wie bei Wettkämpfen mit optimaler Struktur und den Verhältnissen angepasster bestmöglicher Wachs-kombination gelaufen, so dass es vergleichbare Bedingungen gab. Die Testläufe auf Rollski fanden im Juli bei 28°C Lufttemperatur statt. Hier verwendeten alle Läufer den gleichen Rollertyp mit identischen Lagern und Laufrollen. Diese wurden auch bei den abschließenden Tests auf dem Laufband wiederverwendet und in der Zwischenzeit nicht nennenswert benutzt, so dass vergleichbare Rollreibungsbedingungen bezüglich der Rollereigenschaften gegeben waren.

Die Läufer liefen mit instrumentierten Skistöcken (Abb. 3, Seite 4), die jeweils auf ihre individuelle Stocklänge eingestellt waren. Die Stöcke waren mit Sensoren zur axialen Stockkraftmessung, mit einem Inertialsensor (IMU) und mit einem Datenlogger ausgestattet. Der Datenlogger wurde über USB (Klinkenstecker, Abb. 2) gestartet. Die über den Messzeitraum erfassten Daten wurden per USB an einen Messrechner übertragen. Die Stockkräfte wurden sowohl vom linken als auch vom rechten Stock mit einer Frequenz von je 1600 Hz aufgezeichnet.

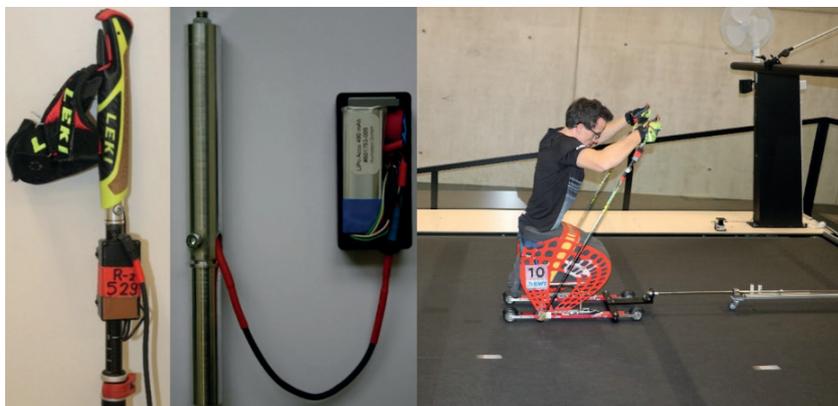


Abb. 2: Sensorstöcke mit im Griff integrierten Axialkraftsensoren (links) und einer Messbox mit IMU, Datenlogger und Stromversorgung (links) und Sitzschlittenläufer auf dem Band

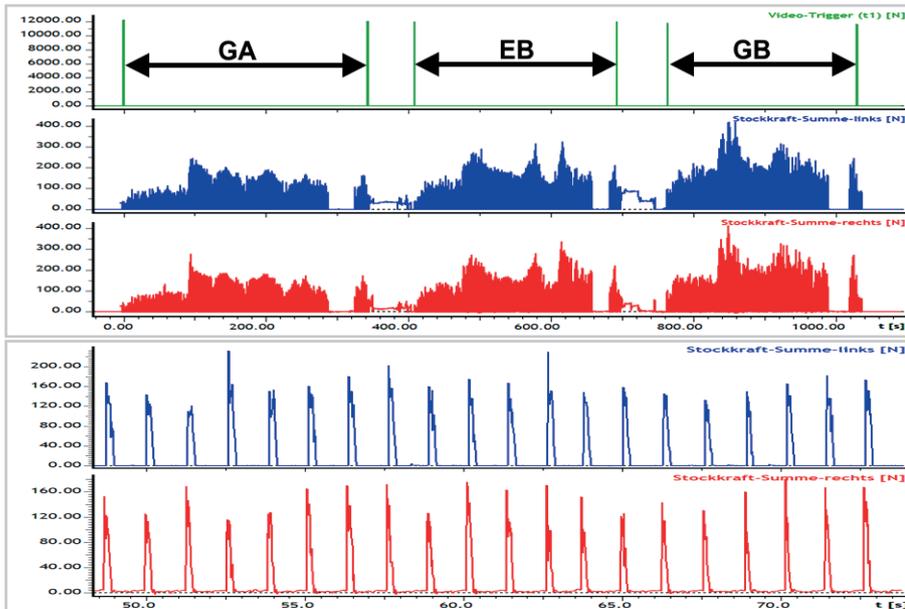


Abb. 3: Zeitverläufe der axialen Stockkräfte bei einem Sitzskiläufer bei den drei Testläufen bei mit unterschiedlicher Intensität auf dem Laufband (oben) mit vergrößertem Ausschnitt der Stockkräfte (unten)

Zur Auswertung der Stockdaten wurden die einzelnen Testrunden aus der Gesamtmessung ausgeschnitten (siehe Abb. 3 oben). Als Auswerteparameter wurden die Zahl der Stockschübe und das Gesamtintegral der axialen Stockkräfte erfasst. Für die Berechnung der Kraftstoß-Summen wurden die Stockkräfte während der Schwungphasen mittels eines Schwellwertalgorithmus auf 0N gesetzt, so dass keine Artefakt-Kräfte in die Berechnung des Gesamtintegrals eingingen. Parallel zur Erfassung der axialen Stockkräfte liefen die Probanden im Gelände und auf dem Laufband mit einer GPS-Pulsuhr (POLAR), über die die Zeitverläufe der Herzfrequenz (Brustgurt) des Höhenprofils, der Laufgeschwindigkeit und der Streckenlänge (nicht auf dem Band) erfasst wurden.

Die Daten der Rollskiläufe wurden zur individuellen Programmierung des Gelände- und Geschwindigkeitsprofils für die Steuerung des Rollskilaufbandes verwendet, so dass die Läufer auf dem Band im Prinzip ihren Rollskilauflauf auf Asphalt nachfahren.

3 Ergebnisse und Diskussion

Beim Vergleich der Zeitverläufe der axialen Stockkräfte beim Laufen auf dem Laufband mit dem Laufen auf Rollski im Gelände wurde deutlich, dass, es zwischen den Läufen mit Doppelstockschieb (insbesondere Sitzskiläufer) und der Skating-Technik größere Unterschiede im Stockeinsatz gab. Dies ist vor allem dem gegebenen Geländeprofil und den limitierten Möglichkeiten, dieses auf einem Laufband zu simulieren, zuzuschreiben. In der leicht abschüssigen Passage zu Beginn der Testrunde haben alle Läufer im Gelände bei allen Intensitätsstufen den Stockeinsatz genutzt, um Vortrieb zu erzeugen. Auf dem Laufband hingegen, wo diese Passage mit einer ebenen Bandstellung bei vergleichbarer Bandgeschwindigkeit simuliert wurde, hätte der Stockeinsatz bei den Skatern zusätzlich zum Skating-Vortrieb durch die Beine so viel Geschwindigkeit erzeugt, dass die Läufer an die vordere Begrenzung der Bandfläche gerollt wären.

Somit haben die Läufer, die mit der Skating-Technik unterwegs waren, die Stockschübe an dieser Stelle ausgelassen. Im Gelände gab es dieses Limit nicht, weil der zusätzlich durch die Stöcke erzeugte Antrieb ein sehr effizientes Mittel für eine ökonomische Fortbewegung war, die zum Einsparen der Beinaktivität führte. Im Gegensatz dazu konnte der Rollwiderstand zum Bewältigen der vorgegebenen Bandgeschwindigkeit bei den Läufern mit Doppelstockschub nicht ohne Stockschübe bei 0° Bandneigung überwunden werden, denn im Gegensatz zum realen Gelände, wo an dieser Stelle etwa 2° Abwärtsneigung war, konnte auf dem Band die Schwerkraft nicht für den Vortrieb genutzt werden, weil hier keine Abwärtsneigungen eingestellt werden können.

Die beschriebenen Unterschiede im Stockeinsatz führen zwangsläufig auch zu einer deutlichen Verschiebung der Leistungsparameter, die als Kennwerte zum Vergleich der verschiedenen Laufoptionen herangezogen wurden. So ist die Herzfrequenz zu Beginn der Testrunden auf dem Band gegenüber den Läufen im Gelände deutlich flacher angestiegen, was zumindest an dieser Stelle eine objektiv geringere Gesamtbelastung beim Laufen auf dem Band gegenüber dem Asphalt dokumentiert (Abb. 4). Infolgedessen ist der erreichte Maximalpuls auf dem Band gegenüber dem Laufen im Gelände signifikant geringer.

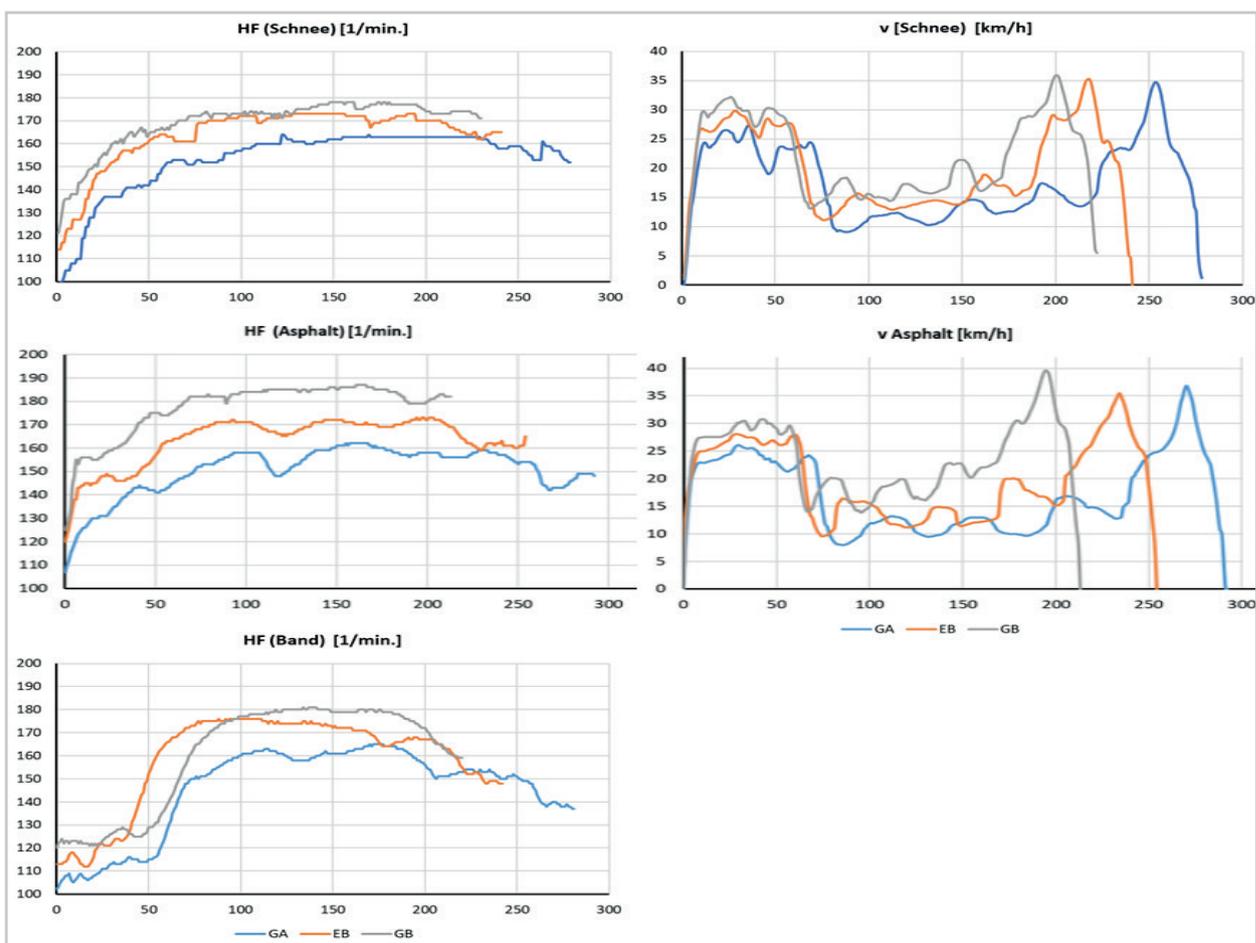


Abb. 4: Exemplarische Zeitverläufe der Herzfrequenz und der Laufgeschwindigkeit bei den Testrunden auf Schnee, Asphalt und auf dem Laufband (ohne v-Messung). Die Daten stammen von einem sehbehinderten Läufer mit Skating-Technik.

		Schnee	Asphalt	Band			Schnee	Asphalt	Band
P1-DP	HF (1/min)	171	157	160	P1-DP	Stockschub (x)	197	145	145
	Laktat (mmol/l)		6,82	8,21		Kraftstoß (Ns)	14304	12046	15330
	Laufzeit (s)	228	214	209					
P2(1A)	HF (1/min)	189	179	150	P2(1A)	Stockschub (x)	172	138	110
	Laktat (mmol/l)		4,14	3,68		Kraftstoß (Ns)	9711	7772	8814
	Laufzeit (s)	215	203	217					
P3-DP-sit	HF (1/min)	163	166	158	P3-DP-sit	Stockschub (x)	251	184	193
	Laktat (mmol/l)		7,06	7,52		Kraftstoß (Ns)	14472	9824	13006
	Laufzeit (s)	268	258	265					
P4-SK	HF (1/min)	166	180	148	P4-SK	Stockschub (x)	335	327	256
	Laktat (mmol/l)		4,21	4,53		Kraftstoß (Ns)	21468	12746	16740
	Laufzeit (s)	402	280	298					
P5-SK	HF (1/min)	174	182	159	P5-SK	Stockschub (x)	143	130	96
	Laktat (mmol/l)		2,38	4,66		Kraftstoß (Ns)	10033	9182	6942
	Laufzeit (s)	212	204	221					

Abb. 5: Gegenüberstellung der erfassten physiologischen und der Stockschubparameter aller untersuchten Probanden (mit unterschiedlicher Lauftechnik) bei den Testläuffern unter verschiedenen Bedingungen (SK=Skating, DP= Doppelstockschub)

Zusammenfassend entstand der Eindruck, dass das Laufen auf dem Band insbesondere bei flachen und bei leicht abschüssigen Passagen in Bezug auf die Gesamtbelastung nur bedingt mit dem Rollskilaufen auf Asphalt vergleichbar ist. Der Vergleich zwischen Laufen auf Schnee und Rollskilaufen hängt erheblich von den Randbedingungen speziell auf Schnee (Temperatur, Luftfeuchte, Schneebeschaffenheit) ab. Bei unseren Tests waren aufgrund der tiefen Temperaturen keine besonders guten Gleitbedingungen. Die Läufe auf Ski waren langsamer als die mit Rollski, wobei die Maximalgeschwindigkeit bei der Abfahrt auf Ski eindeutig höher war als jene auf Rollski, die bei unseren Tests bei einer Lufttemperatur von 28° C ebenfalls keine optimalen Rollbedingungen vorfanden.

4 Literatur

- Halonen, J., Ohtonen, O., Lemmettylä, T., Lindinger, S., Rapp, W., Häkkinen, K., & Linnamo, V. (2014). Biomechanics of double poling when skiing on snow and using an ergometer. In E. Müller et al. (eds.), *Science and Skiing VI*. Meyer and Meyer Sport, 387-395.
- Lindinger, S. J., Holmberg, H. C., Müller, E., & Rapp, W. (2009). Changes in upper body muscle activity with increasing double poling velocities in elite cross-country skiing. *European Journal of Applied Physiology*, 106(3), 353-363.
- Rapp, W., Wank, V.; Lindinger, S., Göpfert, C., Ohtonen, O., Lemmettylä, T., & Linnamo, V. (2012). Pole force measurement and inertial sensor technology in cross-country skiing. In A. Hakkarainen, V. Linnamo, & S. Lindinger (eds.), *Science and Nordic Skiing – ICSNS 2012* (S. 243-251). University Press Jyväskylä (Fin).
- Swarén, M., Supej, M., Eriksson, A., & Holmberg, C. H. (2012). Treadmill simulation of Olympic cross-country ski tracks. In A. Hakkarainen, V. Linnamo, & S. Lindinger (eds.), *Science and Nordic Skiing – ICSNS 2012* (S. 237-242). University Press Jyväskylä (Fin).
- Wank, V., Heger, H., & Rapp, W. (2014). Optimierung der Lauftechnik entsprechend den individuellen Voraussetzungen der Athleten im Sitzschlitten-Skilanglauf (AZ 070403/13). In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2012/13* (S. 141-146). Sportverlag Strauß.
- Wank, V., Rapp, W., & Rombach, R. (2017). Streckenprofiltraining und Doppelstocktraining für die Optimierung der Vorschubleistung im nordischen Skisport von paralympischen Athletinnen und Athleten (AZ 070401/16). In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2016/17* (S. 33-39). Sportverlag Strauß.