

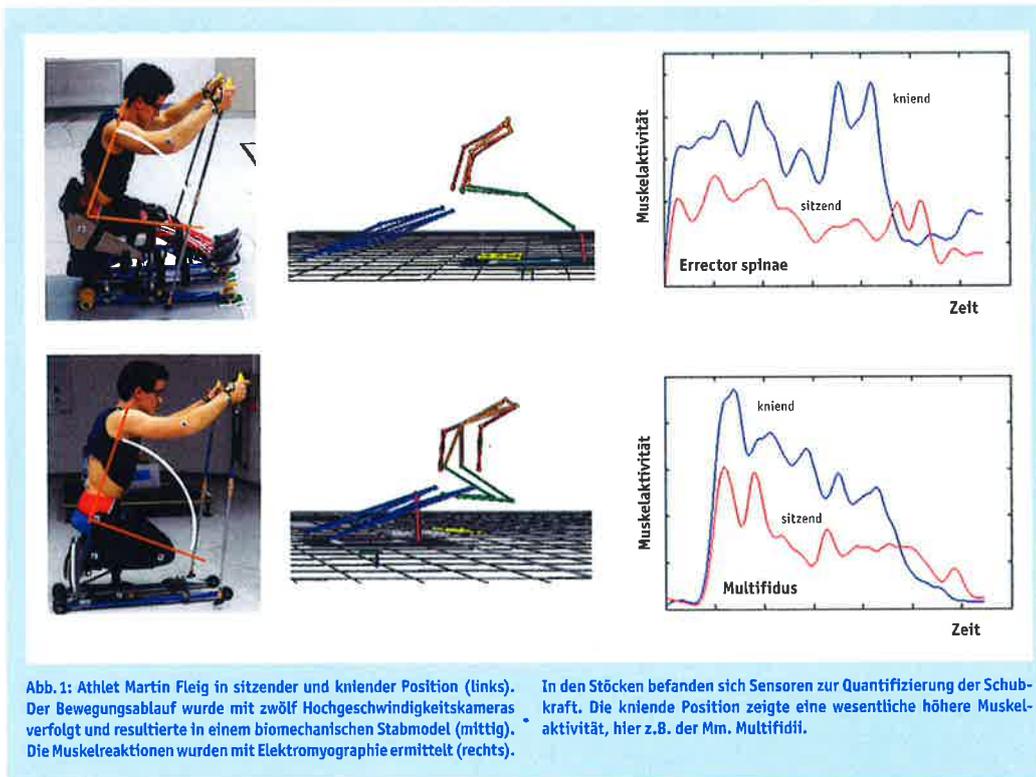
Mit Handicap in den Schnee

Prof. Dr.-Ing. habil. Matthias Scherge,
Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg

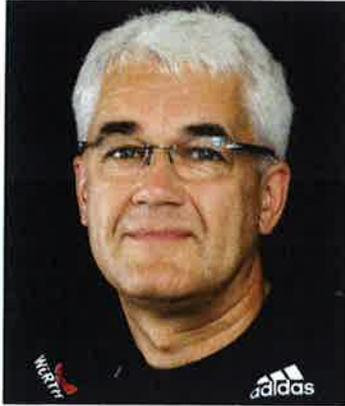
Ralf Rombach, M.A.,
Bundestrainer Nordic Paraski Team Deutschland

Im Projekt SNOWSTORM wurde für das Nordic Paraski Team Deutschland auf Basis biomechanischer Analysen sowie durch Erfassung der Muskelaktivität während der Bewegung ein neuartiger Sitzschlitten in Leichtbauweise entwickelt und zum Einsatz gebracht. Zusätzlich zum Schlitten wurde das Team mit reibungstechnisch optimierten Ski ausgerüstet.

Denkt man an paralympisches Skifahren, so hat man sofort das Bild der schnellen Anna Schaffelhuber vor Augen, die auf Kampflinie die Rennstrecke hinunterjagt. Weniger bekannt sind die Langläufer und Biathleten, die zum Nordic Paraski Team Deutschland gehören. Ähnlich dem alpinen Sport benötigen auch diese Athleten einen Sitzschlitten, der den Sportler aufnimmt, ihn stützt und optimale Kraftübertragung von den Armen auf die Stöcke in den Schnee gewährleistet. Da beim Langlauf und Biathlon im Gegensatz zum alpinen Sport nur ab und zu die Hangabtriebskraft wirkt, sollten diese Schlitten vor allem ultraleicht und manövrierfreudig sein. In der Regel sind die Schlitten Unikate, die in privaten Werkstätten und vereinzelt von spezialisierten Orthopädiemechanikern hergestellt werden. Selten sind die Schlitten biomechanisch optimiert und perfekt an den Behinderungsgrad des Athleten angepasst. Dieser Aufgabe widmete sich das Projekt SNOWSTORM, welches in Zusammenarbeit von Fraunhofer IWM, dem Institut für Sport und Sportwissenschaft der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg sowie dem Nordic Paraski Team Deutschland und mehreren industri-



Matthias Scherge



- Studium Physik und Technik Elektronischer Bauelemente, TU Ilmenau, TU Bratislava
 - Promotion auf dem Gebiet der Werkstoffwissenschaft
 - Habilitation auf dem Gebiet der Tribologie
- Network**
- Fraunhofer Gesellschaft
 - Deutsche Gesellschaft für Materialforschung
 - SNOWSTORM (<http://tcms-karlsruhe.de>)
 - Nordic Paraskiteam Deutschland (<http://nordski.de>)

matthias.scherge@lwm.fraunhofer.de

Ralf Rombach



- Studium Olympic Studies, Deutsche Sporthochschule Köln
 - Diplom Trainer DOSB
 - Sportphysiotherapeut DOSB
- Network**
- Deutscher Behindertensportverband (DBS)
 - International Paralympic Committee (IPC)
 - Nordic Paraskiteam Deutschland (<http://nordski.de>)

ellen Partnern einen Sitzschiitten für die Paralympics 2014 in Sotschi entwickelte und für schnelle Ski sorgte.

Expertise für BISp

Dem Projekt vorangegangen war eine Expertise für das Bundesinstitut für Sportwissenschaft [1]. In dieser Analyse wurde der Istzustand bei Sitzschiitten mit Bezug auf Kraftübertragung, Sitzposition, Materialauswahl, aber auch Reibung zwischen Ski und Schnee ermittelt. Die Kraftübertragung mittels Doppelstockschub ist weitestgehend unerforscht. Das betrifft sowohl die Auswahl der optimalen Stocklänge, den Winkel zwischen Stock und Schnee oder die Frequenz des Stockeinsatzes. Mit Hilfe von Kraftsensoren in den Skistöcken konnten diese

Fragen auf dem Laufband geklärt werden, indem die Aktivitäten des Athleten als Funktion von Bandneigung und -geschwindigkeit aufgezeichnet wurden. Während die Stocksensoren die Kräfte eines Doppelstockschubs ermittelten, dokumentierten simultane elektromyographische Aufnahmen die Aktivitäten einzelner Muskeln. Parallel dazu wurde die Bewegung des Athleten von einem Hochgeschwindigkeitskamerasystem (12 Kameras; Vicon, Los Angeles, USA) überwacht. Das verwendete System ermöglichte mit einem automatischen Markertracking die Auswertung langer Datenstücke in einer zeitlichen Auflösung von 200 Hz und einer Genauigkeit von unter 1 mm. Aus den Daten wurde ein Stabmodell abgeleitet, mit dem die Segmentwinkel (Hüfte, Arme)



Nährstoffe für mehr Bewegung

Nährstoffe für die Gelenke:

orthomol arthroplus

Nährstoffe für das Bindegewebe:

orthomol tendo

Nährstoffe für die sportliche Leistung:

orthomol sport

Orthomol arthroplus® ist ein therapeutisches Lebensmittel für besondere medizinische Zwecke (diagnostiziertes chron. oder akutes Arthroplus®) zur unterstützenden Behandlung von chronischen Gelenkerkrankungen.

Orthomol Tendo® ist ein Nahrungsergänzungsmittel. Wichtige Nährstoffe für das Bindegewebe. Als Mangel- und Regulierfaktor zur erreichen höchsten von Bindegewebe. Mit Biotin, Vitamin C, Zink, Eisen und Omega-3-Fettsäuren.

Orthomol Sport® ist ein Nahrungsergänzungsmittel. Wichtige Nährstoffe für die sportliche Leistung. Mit Biotin sowie als Beitrag zum normalen Energiestoffwechsel und zur Muskelkontraktion. Mit L-Carnitin, Creatin, Omega-3- und Omega-6-Fettsäuren.

des Athleten quantitativ bestimmt wurden (Abb. 1). In Verbindung mit kinetischen Daten konnten darüber hinaus Gelenkmomente und somit die Beiträge der einzelnen Muskelgruppen abgeschätzt werden. Mit diesem Ansatz war es möglich zu entscheiden, ob für den jeweiligen Athleten eine sitzende oder kniende Position auf dem Schlitten optimal ist. Es zeigte sich, dass die kniende Position mit relativ offenem Hüftwinkel eine höhere Muskelaktivität im Bereich der noch innervierten Rumpfmuskulatur (Mm. Erector Spinae, Multifidii, latissimus dorsi) mit sich bringt. Dieser Effekt bietet aus rehabilitativer Sicht zusätzliche Vorteile. Durch die stärkere Inervation entsteht zusätzlich ein Trainingseffekt, der sich auch positiv auf die Alltagsmotorik auswirkt. Weiterhin konnte geklärt werden, an welcher Stelle unter dem Athleten sich die Skibindung befinden muss, um den Gleitvorgang optimal zu unterstützen. Hier muss erwähnt werden, dass das Reglement kommerziell erhältliche Ski vorschreibt. In der Regel kommen Skatingski zum Einsatz. Um die Ergebnisse vom Labor ins Feld zu überführen war es notwendig, weitere

Tests mit Schlittenprototypen zu absolvieren. Prototypenbau ist eine zeitaufwändige und kostspielige Angelegenheit, sehr oft mit ungewissem Ausgang. Um Zeit zu sparen, entschied sich das Konsortium für einen Schlitten aus dem 3D-Drucker. Gefüttert mit allen relevanten Daten wurde der Schlitten lagenweise aus Polyamid 12 aufgebaut. Zuvor wurde die gesamte Konstruktion auf Stabilität und Festigkeit mittels Finite-Element-Methode geprüft. Bei dieser Berechnung erfolgten bereits Massenreduktionen, um den Leichtbau zu realisieren. Der fertige Schlitten wurde mit 16 Spannungs-/Dehnungssensoren und einem Datenlogger ausgestattet, um die Kräfteinleitung beim Doppelstockschießen sowie dem Hinlegen zum und dem Aufrichten vom Schießen zu erfassen (Abb. 2). Mit dieser iterativen Vorgehensweise konnte das optimale Design des Schlittens ermittelt werden. Dabei stellte sich heraus, dass der Unterbau des Schlittens in seiner Konstruktion verallgemeinert werden darf und die athletentypischen Bedingungen, d.h. Behinderungsgrad und individuelle Biomechanik, mit einer angepassten Sitzschale adressiert werden können. Durch

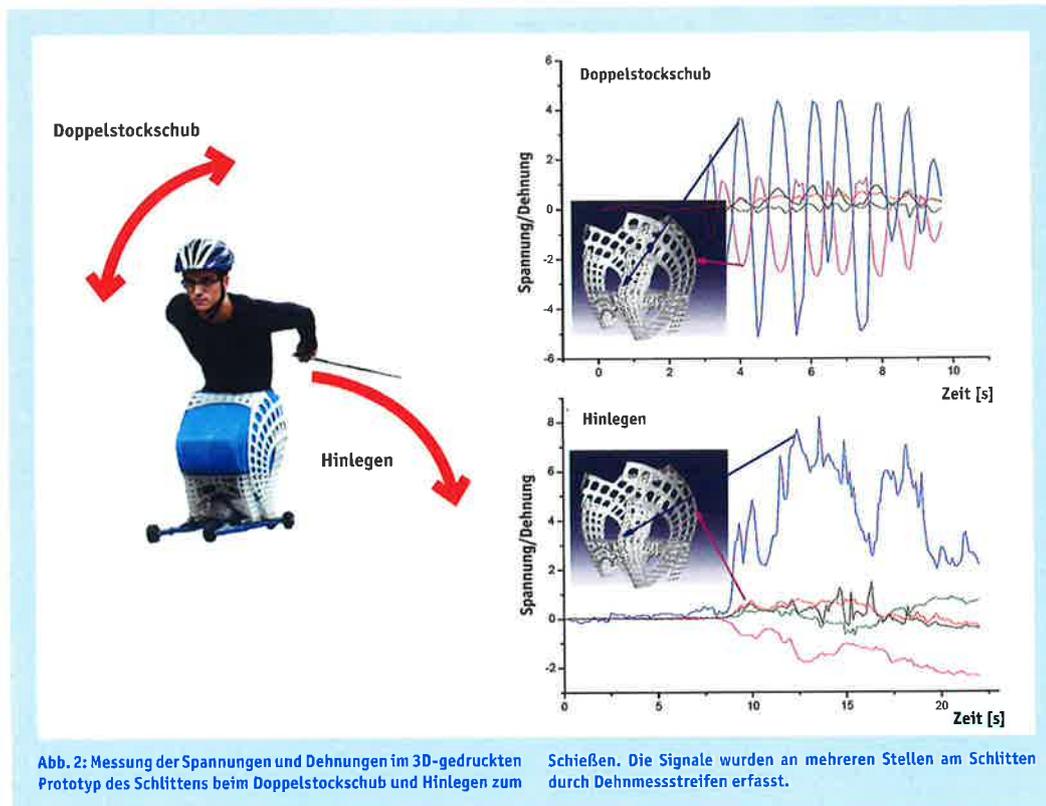


Abb. 2: Messung der Spannungen und Dehnungen im 3D-gedruckten Prototyp des Schlittens beim Doppelstockschießen und Hinlegen zum Schießen. Die Signale wurden an mehreren Stellen am Schlitten durch Dehnmessstreifen erfasst.

die Arbeit mit den Prototypen wurde auch deutlich, dass man im Abdeckungsbereich über den Beinen mit extrem wenig Material arbeiten kann. Final wurde der Schlitten in Stahl gefertigt, um – wie im Reglement vorgeschrieben – jegliche Verformbarkeit, d.h. eingebaute Federwirkung, auszuschließen. Die Verwendung von Stahl zeigte den positiven Effekt, dass mit einem hochfesten Material mit kleinster Wandstärke des Rohrs der Rahmen realisiert werden konnte. Der Schlitten hatte ein Wettkampfgewicht von 3,8 kg.

Tribologie

Da der Erfolg im Wettkampf, von der Stärke des Athleten abgesehen, nicht allein nur durch den Sitzschlitten kommt, sondern auch durch schnelle Ski herbeigeführt werden kann, widmete sich ein weiterer Teil des SNOWSTORM-Projekts der Tribologie. Die Tribologie ist die Wissenschaft von Reibung, Verschleiß und Schmierung [2]. Ein Jahr vor den Paralympics war daher ein Team von Technikern und Wissenschaftlern im Wettkampfbereich von Krasnaja Polyana. Der Kaukasus ist für sein extremes Klima bekannt. Sturm folgt auf Sonne, die Tag / Nachtunterschiede in der Temperatur sind groß und die Schneefälle können sehr heftig sein. Aufgabe des Teams war es, für die höchstwahrscheinlichen Bedingungen das optimale Material zu finden. Daher wurden neben Schnee- und Lufttemperatur auch die Feuchten von Luft und Schnee entlang der Strecken gemessen. Weiterhin wurden Schneekornformen und deren Größenverteilung mikroskopisch erfasst und mittels GPS-Daten der Strecke zugeordnet. Komplettiert wurden die Analysen durch Messungen der Strahlungsintensität der Sonne sowie typischen Windrichtungen in der Hoffnung, dass die Bedingungen ein Jahr später – also im März 2014 – ähnlich oder vielleicht gleich sein werden. Die gewonnenen Daten ermöglichten im Jahr zwischen den Tests und den Paralympics die optimale Abstimmung der Ski hinsichtlich Wachs und Schliff.

Fazit

Als Lohn der Mühen konnte sich das SNOWSTORM-Team über drei Goldmedaillen und eine Silbermedaille freuen. Ein Jahr später erkämpfte Martin Fleig in seinem Schlitten eine Bronzemedaille bei den Weltmeisterschaften in Cable, Wisconsin (USA).

Literatur

[1] Analyse der Möglichkeiten zur Optimierung der Sitzschlitten im Langlauf der Sitzschlittensportlerinnen und Sitzschlittensportler, Lorenz Auländer, Matthias Scherge, Albert Gollhofer, BISP 2013, A11-2512BHSS00.

[2] Biological Micro- and Nanotribology, Matthias Scherge, Stanislav N. Corb, Springer-Verlag 2001.

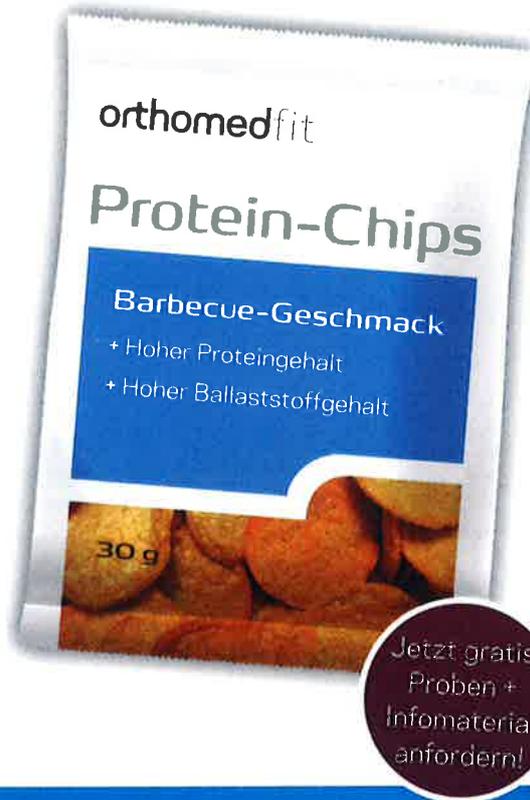
Dankagung

Unser Dank gilt: L. Auländer, A. Bernotat, R. Böttcher, M. Fleig, J. M. Gerken, A. Gollhofer, E. Grendatsch, J. Höfflin, O. Mollenhauer, M. Rapp, W. Rapp, A. Redl, F. Schillingner, O. Timme, T. Ziegler

Titelbild: © Luc Pexival (<http://www.lucpexivalphotography.com/>)

Der moderne Fitness-Snack

- + Hoher Proteingehalt (ca. 45%)
- + Hoher Ballaststoffgehalt (ca. 18%)
- + 66% weniger Kohlenhydrate*



Orthomed fit für Ihr Studio?
Rufen Sie uns an:

02173 90640

info@orthomed-gmbh.de · www.orthomed-gmbh.de

* im Vergleich zu herkömmlichen Kartoffel-Chips