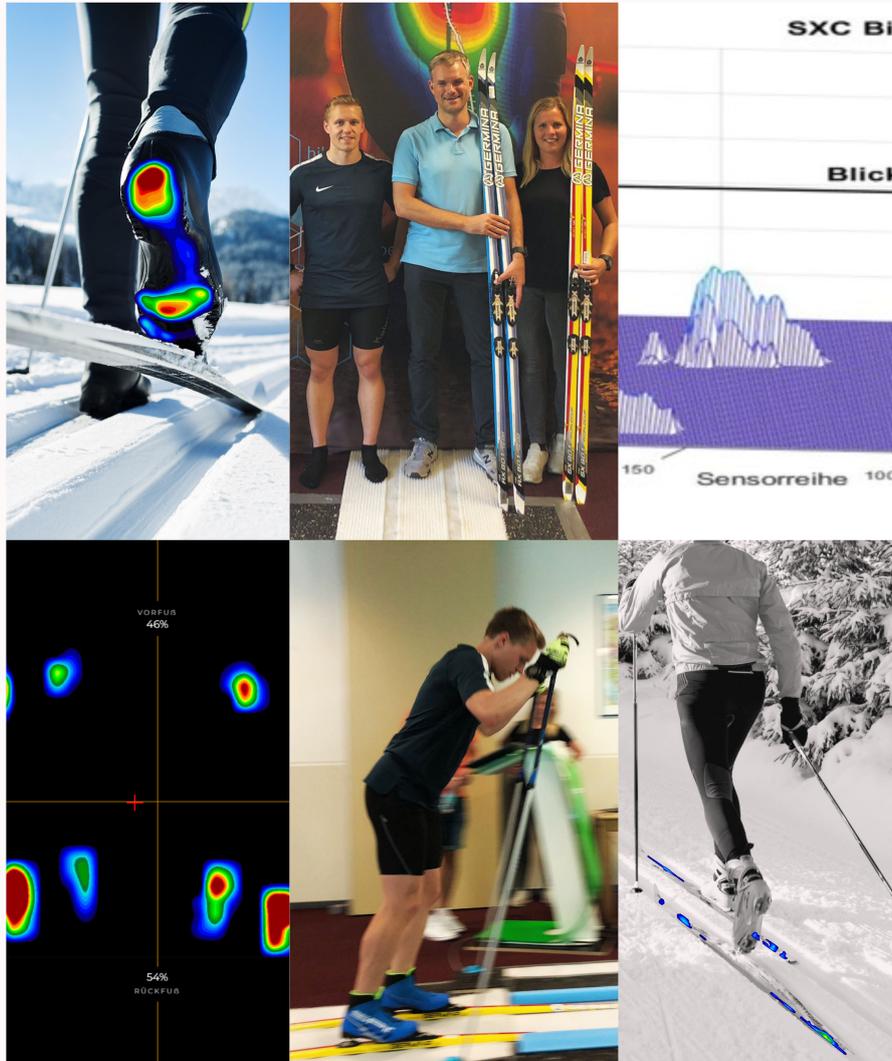


Dieser Artikel wird Ihnen präsentiert von



Ski- und Schuhauswahl mit der
molibso dyneos SKI Technologie

molibso[®]
Menschen besser bewegen



Hallux valgus und Langlauf, geht das?

Svenja List¹, Jens Hollenbacher¹, Matthias Scherge²

¹molibso GmbH, Karl-Benz Str. 1, 40764 Langenfeld

²Team Snowstorm, Im Neufeld 19, 76316 Malsch

Kurzfassung

Der biomechanische Zusammenhang zwischen Gehen und Gleiten wurde bei einem Skilangläufer der Eliteklasse untersucht. Als experimentelle Plattform diente eine hochauflösende Druckmessplatte. Mit zusätzlichen Videoanalysen konnte ein ganzheitliches Bild der biomechanischen Vorgänge erhalten werden. Der Versuchsablauf wurde durch eine Ganganalyse eingeleitet. Der Athlet, der an einem auffälligen *Hallux valgus* (linker Fuß) litt, zeigte ein entsprechendes Gangbild, das durch signifikante Unterschiede in der Druckverteilung zwischen linkem und rechtem Fuß gekennzeichnet war. Insbesondere der Erstkontakt zwischen Fuß und Druckmessplatte erfolgte schmerzvermeidend, obwohl dies vom Athleten nicht beabsichtigt war. Interessanterweise wurden ähnliche Muster beim Gleiten mit Skiern über die Platte erhalten. Die Druckverteilung zeigte eine geringere Intensität unter dem linken Ski und es lässt sich daraus schließen, dass durch die unterschiedlich wirkenden Kräfte auch die Tribologie beeinflusst wird. Kraftunterschiede zwischen linkem und rechtem Ski werden von unterschiedlichen Reibungskräften begleitet. Als Konsequenz erfährt der Athlet eine Verdrehung entlang der vertikalen Körperachse, was sich nachteilig auf die Vortriebskraft beim Doppelstockfahren auswirkt.

Was ist ein *Hallux valgus*?

Laut Wikipedia ist *Hallux valgus* ein medizinischer Fachausdruck für den Schiefstand des Großzehs bei dem dieser valgisch also von der Körpermitte in Richtung der Kleinzeh abweicht. Der *Hallux valgus* kann angeboren oder auch das Resultat einer gestörten Biomechanik sein. Er wird verstärkt, wenn Sehnen, Muskeln Bänder und Gelenke falsch belastet werden [1]. Hinzu kommt auch, dass Schuhe den Fuß in seiner Bewegung einschränken [2]. Die *Hallux valgus* Deformation ist nicht nur ein Problem der Struktur und Funktion des Fußes, sie beeinträchtigt auch die gesamte

untere Extremität und die Bewegung des Beckens beim Gehen.

Test Setup

Zur Stand- und Ganganalyse kam eine 2 m lange und 60 cm breite Druckmessplatte der Firma molibso zum Einsatz, in deren Oberfläche 15.700 Sensoren integriert sind. Als Loipe für den ca. 4 m langen Anlaufbereich diente eine textile Skiliste von Mr. Snow (Deutschland). Diese wurde auf die gleiche Höhe wie die Druckmessplatte gebracht. Als Gleitfläche auf der Druckmessplatte wurde eine 0,3 mm dünne

Polyethylenbahn (Dyneema, Niederlande) verwendet. Die Kamera wurde auf mittlerer Höhe der Druckmessplatte aufgestellt.

Der Proband hatte zum Zeitpunkt der Messungen am linken Fuß einen ausgeprägten *Hallux valgus* der sehr geschwollen und bereits rot verfärbt war.

Standanalyse

Zu Beginn der Messung erfolgte eine Standanalyse. Durch die sehr hohe Auflösung der Druckmessplatte wurden im Trittbereich ca. 1.200 Sensoren angesprochen. Somit konnten auch Details, wie z.B. das Druckbild einzelner Zehen, aufgelöst werden. Wie im Abb. 1 deutlich zu erkennen ist, führte der schmerzhafte *Hallux valgus* dazu, dass der Proband intensiver auf dem rechten Fuß steht und sich leicht nach vorne lehnt. Man erkennt, dass die rechte Ferse und der rechte große Zeh den höchsten Druck auf die Platte ausüben. Ebenso auffällig ist der Weg des Körperschwerpunkts, der bei Belastung auf links knickt, während er rechts nahezu einer Linie folgt.

Ganganalyse

Nach der Standanalyse erfolgte eine Ganganalyse. Hierbei wurde der Proband mehrfach über die Platte geschickt. Alle hinterlassenen Druckbilder wurden gemittelt und sind in Abb. 2 dargestellt. Im Bild ist der Weg des Massenschwerpunkts des Probanden zu erkennen. Durch den wiegenden Gang verläuft er von rechts nach links und zurück und erzeugt ein Muster, welches wie die Flügel eines Falters aussieht. Der erste Kontakt mit der Platte erfolgte am Punkt 1 beim Aufsetzen der Ferse. Danach erfolgte das Abrollen, bis sich am Punkt 2 der Fuß von der Platte löste. Am Punkt 3 kam die Ferse des linken Fußes in Kontakt mit der Platte, gefolgt vom Abrollen. Am Punkt 4 löste sich der linke Fuß von der Platte und die Messung war beendet.

Auffällig ist, dass die Zeit, die der Proband auf dem linken Fuß verbrachte, deutlich geringer ist, als auf dem rechten Fuß. Das ist eine Reak-

tion auf den Schmerz durch den *Hallux valgus*. Wir haben es also hier mit einer asymmetrischen Verteilung der Kraft zu tun. Darüber hinaus versucht der Athlet, mehr auf der linken Außenseite des Fußes zu laufen, um den Zeh zu entlasten. Der Weg des Massenschwerpunkts zeigt mehr Schwankungen auf der linken Seite als auf der rechten Seite, was für Unsicherheit während des Abrollens steht.

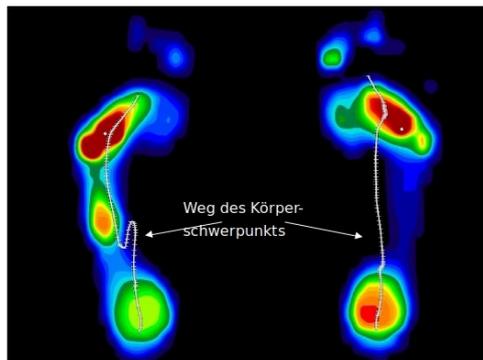


Abb. 1: Standanalyse.

Die Kraftverteilung im Stand ist in Abb. 3 dargestellt. Wie bereits qualitativ gezeigt, gibt es auch in den Zahlenwerten deutliche Unterschiede zwischen links und rechts. Der linke Fuß drückt mit einer Kraft von 351 Newton, während der rechte Fuß ungefähr 410 Newton auf die Platte bringt. Beide Kräfte addiert ergeben 761 Newton. Wenn man diesen Wert durch 10 dividiert, erhält man die Masse des Athleten von ungefähr 76 kg.

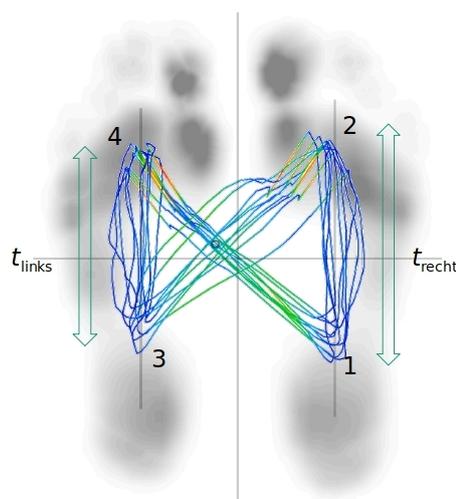


Abb. 2: Ganganalyse.

Beim Laufen über die Platte kommt natürlich zur Erdanziehung noch die Beschleunigung durch das Laufen hinzu. Auch hier ist der Unterschied in der Kraft zu erkennen. Mit

dem linken Fuß kommt es zu einer Kraft von 1.119 Newton und mit dem rechten Fuß wurden 1.156 Newton erzielt.

Skianalyse

In einem zweiten Versuch wurde die Druckmessplatte mit einer Gleitschicht überzogen, so dass der Athlet mit Ski die Platte passieren konnte. Auf einer ca. 4 m langen Anfahrtsstrecke vor der Platte wurden die Skier beschleunigt. Unmittelbar

vor der Platte erfolgte ein Doppelstockschub zur Messung der Stockkräfte mit einer separaten Kraftmessdose. Der nächste Doppelstockschub erfolgte direkt auf der Platte. Danach wurde der Gleitvorgang auf der Platte analysiert. Wie auch beim Laufen, zeigte die Platte für den rechten Ski einen höheren Druck. Dieser erhöhte Druck führt tribologisch gesehen zu größerer realer Kontaktfläche, so dass der rechte Ski schlechter gleitet als der linke.



Abb. 3: Kraftverteilungen.

Bei folgenden Doppelstockschüben kommt es durch die Kraftasymmetrie zu einer Verdrehung des Oberkörpers, die sich ungünstig auf den Vortrieb auswirkt. Außerdem besteht hier das Risiko weiterer Verletzungen, z.B. in der Rückenmuskulatur oder am Kreuzband.

Abhilfemöglichkeiten

Die Berücksichtigung der individuellen Krankengeschichte und die gründliche körperliche Untersuchung sind wichtige erste Schritte. Röntgenaufnahmen des gesamten Fußes in Ruhe und, wenn möglich, unter Belastung sind entscheidend für eine fundierte Beurteilung. Speziell gefertigte Einlagen und professionelle Physiotherapie (z.B. Bandagieren [3]) in Kombination mit angepasstem

Schuhwerk (boot fitting [4]) können helfen, die Symptome zu lindern. Ohne Operation kann die Fehlstellung durch den *Hallux valgus* allerdings nicht korrigiert werden. Über die Art der Operationstechnik entscheidet der Grad der Deformation, das Ausmaß der degenerativen Veränderungen des ersten Zehengrundgelenks, die Form und Größe des Mittelfußknochens sowie die Zehenabweichung [5].

Die *Hallux valgus*-Operation selbst löst nur die Probleme, die mit der Ausrichtung des Skeletts zusammenhängen. Die Operation löst keine dynamischen Probleme, die beim Gehen auftreten. Sie behebt daher nur die Folgen und nicht die Ursachen.

Darüber hinaus kann auch an der Skiauswahl gearbeitet werden. Hier-

bei können Länge, Torsion und Spannung des Ski an die Biomechanik des Athleten angeglichen werden.

Reaktion des Athleten

Auf Basis dieser Messungen sowie unter Berücksichtigung der Schmerzentwicklung entschied sich der Athlet für einen operativen Eingriff, siehe Abb. 4. Dieser nicht risikofreie Eingriff hätte vermutlich durch den frühzeitigen Einsatz von Messungen auf der Druckmessplatte vermieden werden können. Mittlerweile können derartige Messungen direkt die Fer-

tigung von passenden Einlagen veranlassen. Er schreibt: "Seit einigen Jahren habe ich mit starken Fußschmerzen zu kämpfen. Ich hatte einen *Hallux valgus*, ein Schiefstehen des Großzehs. Es wurde immer schmerzhafter und konservative Methoden brachten mich nicht mehr weiter. Ich habe mich diesen Frühling dazu entschieden, den Fuß zu operieren und musste nach der OP im April eine Sportpause von 6 Wochen einlegen. Seit einigen Wochen bin ich nun mit viel weniger Schmerzen zurück im Training."



Abb. 4: Ältere Röntgenaufnahme des Fußes vor (links) und nach der OP (rechts). Zwischen erster und zweiter Aufnahme erlitt der Athlet einen Bruch des Fußes, der geschraubt werden musste.

Danksagung

Ein herzlicher Dank geht an Dr. Reinhard Groß für seine fachliche Kritik und Hilfe!

Über die Autoren



Svenja List hat Sportwissenschaft an der Universität Kiel studiert und unter Anleitung von Prof. Dr. Matthias Scherge ihre Masterarbeit angefertigt. Seit 1. April 2019 arbeitet Svenja List als wissenschaftlich/technische Mitarbeiterin bei der molibso GmbH in Langenfeld.



Dr. Jens Hollenbacher ist Gründer und Geschäftsführer der molibso GmbH in Langenfeld. Am Bochumer Lehrstuhl für Business-to-Business Management (eurom) hat er das Handwerk des Vertriebsingenieurs erlernt und mit dem Dokortitel abgeschlossen. Danach leitete er die berufsbegleitende Weiterbildung zum Vertriebsingenieur VDI.



Matthias Scherge ist Professor für Tribologie. Das ist die Wissenschaft von Reibung, Verschleiß und Schmierung. Prof. Scherge leitet das Fraunhofer MikroTribologie Zentrum, lehrt am Karlsruher Institut für Technologie und managed das Team Snowstorm. Darüber hinaus berät er das Nordic Paraski Team Deutschland sowie mehrere nationale und internationale Athleten in wissenschaftlich-technischen Fragen.

Quellen

- [1] J. Gabel. Funktionsanalyse des fußes. *Trauma und Berufskrankheit*, 17(1):4–9, Mar 2015.
- [2] Duo Wong. *Biomechanics of Hallux Valgus and Evaluation of Interventions*. PhD thesis, 10 2013.
- [3] Tobiasz Żłobiński, Anna Stolecka, Magdalena Hartman-Petrycka, and Barbara Błońska-Fajfrowska. The influence of short-term kinesiology taping on foot anthropometry and pain in patients suffering from hallux valgus. *Medicina*, 57:313, 03 2021.
- [4] Liangliang Xiang, Qichang Mei, Alan Wang, Vickie Shim, Justin Fernandez, and Yaodong Gu. Evaluating function in the hallux valgus foot following a 12-week minimalist footwear intervention: A pilot computational analysis. *Journal of Biomechanics*, 132:110941, 2022.
- [5] L. Fraissler, C. Konrads, M. Hoberg, M. Rudert, and Walcher M. Treatment of hallux valgus deformity. *EFORT Open Rev.*, 1(8):295–302, 2016.