

**Referent/in**

Hochmann, David (Steinfurt DE) | Prof. Dr.-Ing.  
FH Münster - Labor für Biomechatronik

**Titel**

Anwendung von instrumentierten Orthesengelenken zur Optimierung des Orthesenaufbaus und Charakterisierung des Patienten

**Coauthors**

Opitz L, Block J, Heitzmann D, Alimusaj M, Wolf S

**Zusammenfassung**

Der Beitrag beschreibt Entwicklung von instrumentierten Gelenken, die in existierende Orthesen integriert werden und Momente in allen Ebenen registrieren, und deren Anwendung zur Charakterisierung der Muskelfunktion des Patienten und zur Optimierung des Aufbaus bei orthopädietechnischen Versorgung.

**Einführung**

Größe, Sperrigkeit und Gewicht gelten als Hauptgründe für Unzufriedenheit mit Orthesen [1]. Die Optimierung von Orthesenkomponenten ist jedoch auf Grund fehlender Standards schwierig. Darüber hinaus sind die Kenntnisse über die Belastungen von Orthesen und deren Abhängigkeit von individuellen Patienteneigenschaften (Gewicht, Muskelstatus, Fehlstellung etc.) kaum verfügbar.

In der Vergangenheit wurden Versuche unternommen, diese Belastungen z. B. mit Hilfe der optischen Ganganalyse [2] oder industrieller Kraftsensoren [3] [4] zu bestimmen. Diese Studien konzentrierten sich jedoch nur auf die Messung der sagittalen Momente und leiden unter methodischen Limitationen wie Gelenkversteifung, hoher zusätzlicher Gewicht etc. Da die Sensoren nicht in existierende Orthesen eingebaut werden können, sind die Stichprobengrößen zudem sehr klein.

Es ist daher erforderlich, ein Messsystem zu entwickeln, das in existierende Orthesen integriert werden kann und Belastungen in allen Ebenen registriert.

## Methodik

Um das Ziel zu erreichen, wurde eine Methode entwickelt, mit der auf dem Markt verfügbare Gelenke mit Dehnungsmessstreifen (DMS) instrumentiert und dadurch in ein modulares Messsystem umgewandelt werden können (Abbildung).

Dabei wird mit Hilfe der Finite Elemente Analyse nach geeigneten Stellen zur DMS-Platzierung gesucht, die einerseits eine ausreichende Verformung zulassen und andererseits frei von Quersprechen sind. Durch geeignete Kalibrierung kann aus DMS-Signalen auf die Orthesenbelastungen geschlossen werden. Die entstandenen Messgelenke lassen sich in allen Orthesen mit diesem Gelenkmodell ohne die Veränderung der Konfiguration verbauen und dadurch einfach in eine Patientenversorgung integrieren. Das zusätzliche Gewicht beträgt dabei nur 60 g pro Gelenk. Das kabellose System verfügt über eine Inertialsensorik zur Messung der Gelenkwinkel und der Zeit-Distanz-Parameter, einen mobilen Trigger zur Synchronisation mit der Ganganalyse und eine optionale Kamera für die Dokumentation.

## Ergebnisse

Mit dem Messsystem wurden mehrere Pilotversuche durchgeführt. Im ersten wurden die Momente in GRAFO-Gelenken bei gesunden Probanden und ICP-Patienten bei verschiedenen Aktivitäten in Kombination mit optischer Ganganalyse (VICON) erfasst [5]. In den sagittalen Momentenverläufen für das ebene Gehen eines Gesunden (Bild) erkennt man, dass der externe Moment aus der VICON-Messung zwar eine ähnliche Kurvenform aufweist, jedoch viel größer ist als der Moment im Orthesengelenk. Das bedeutet, dass der Großteil des äußeren Moments durch das interne Muskelmoment des Probanden kompensiert wird. Bei Patienten mit ICP muss die Differenz beider Momente viel kleiner ausfallen, was in der Untersuchung bestätigt wurde. Durch die Kombination beider Systeme kann erstmalig die verbleibende Muskelfunktion eines Patienten charakterisiert werden.

In Zusammenarbeit mit einer orthopädischen Werkstatt wurde das Messsystem in einer gesperrten bilateralen KAFO Testversorgung eines 55-jährigen Polio-Patienten verbaut, um die Empfehlungen zur Optimierung des Aufbaus zu liefern [6]. Die in der Untersuchung gemessenen Spitzenbelastungen wurden mit Vorgaben des Herstellers abgeglichen, um die optimale Systemschienenbreite auszuwählen. Darüber hinaus wurden Momente in der

Frontal- und Horizontalebene verwendet, um die Sicherheit des unilateralen KAFO-Aufbaus zu bewerten. Die Ergebnisse bestätigten die Erkenntnis, dass Gelenkbelastungen von mehreren Faktoren abhängig sind und nicht allein von Körpergewicht.

### **Schlußfolgerung**

Die Ergebnisse zeigen, dass es möglich ist, marktübliche orthopädische Gelenke in ein modulares Messsystem umzuwandeln, das nicht unter Einschränkungen früherer Studien wie das hohe zusätzliche Gewicht und Änderungen der Gangmuster leidet. Darüber hinaus können die Messungen nicht nur ausschließlich im Ganglabor, sondern auch im üblichen Umfeld des Patienten durchgeführt werden. Da das Messsystem äußerst kompakt ist und die Probanden nicht beeinflusst, sind Messungen im Feld einfach realisierbar. Der modulare Ansatz ermöglicht dabei Reihenmessungen, die die Grundlage für die Entwicklung der zukünftigen Qualitätsstandards und Aufbauempfehlungen bilden können. Des Weiteren lassen sich die Messgelenke in den regulären Versorgungen als Optimierungswerkzeug einsetzen. Andere mögliche Einsatzbereiche der Sensoren sind die Überwachung des Rehabilitationsstatus in der Therapie sowie die Steuerung von "intelligenten" Hilfsmittelkomponenten.

### **Literaturreferenzen**

- [1] Batavia AJ, Hammer G. Toward the development of consumer-based criteria for the evaluation of assistive devices. *J Rehabil Res Dev* 1990; 27: 425–436.
- [2] Johnson GR, Ferrarin M, Harrington M et al.: Performance specification for lower limb orthotic devices. *Clin Biomech* 2004; 19:711.
- [3] Andrysek, J et al.: A Method to Measure the Accuracy of Loads in Knee-Ankle-Foot Orthoses Using Conventional Gait Analysis. *Arch Phys Med* 89 (7), 2008, pp. 1372–1379.
- [4] Bernhardt, K; Kaufman, K: Loads on the uprights of a knee-ankle-foot orthosis. *Prosthet Orthot Int* 35 (1), 2011, pp. 106–112.
- [5] Block, J et al.: Combining orthotic joint load measures with instrumented 3D gait analysis. *Gait & Posture* 57, 2017, pp 77 - 78
- [6] Hochmann, D; Opitz, L: Method for instrumentation of orthotic joints for measurement of internal joint loads. *Current Directions in Biomedical Engineering*, 3(1), 2017, pp. 35-38.

**Image:** instrumentierte\_orthesengelenke\_2226.jpg

