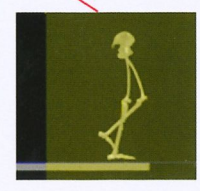
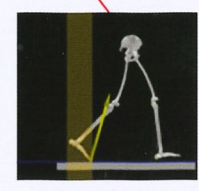
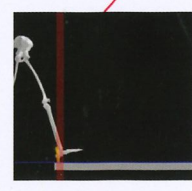
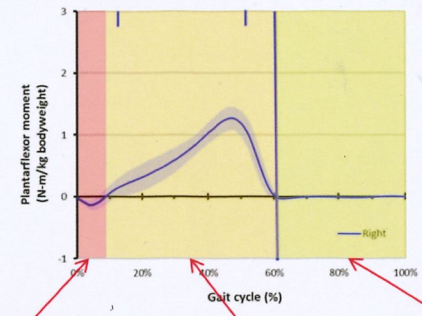
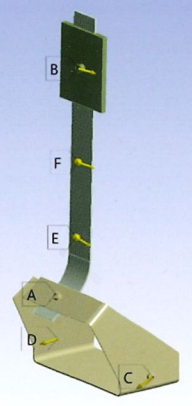
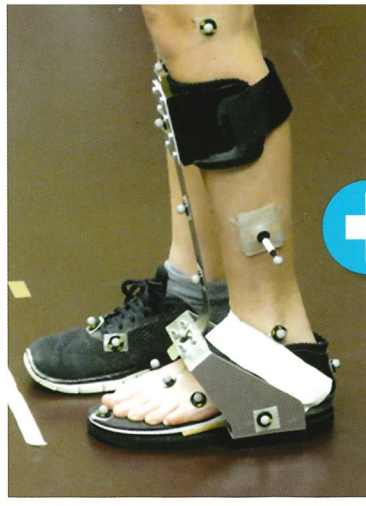
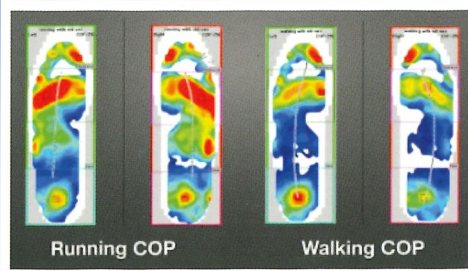
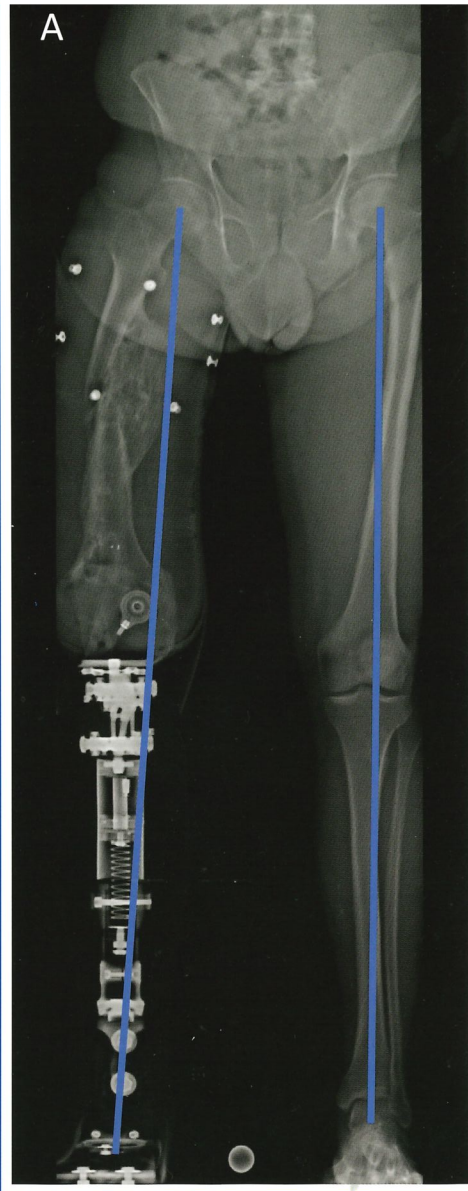




# REVUE

SCHWEIZERISCHE ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR PROTHESEN UND ORTHESEN  
ASSOCIATION SUISSE POUR LES PROTHÈSES ET ORTHÈSES

40 | 2021



**BIOMECHANIK IM BERUFSALLTAG**  
**LA BIOMÉCANIQUE DANS LE TRAVAIL QUOTIDIEN**



## Biomechanische Patientendaten in der nahen Orthetik-Zukunft

Jan-Hagen Schröder,  
CPO/Dipl. Orthopädie-Techniker-Meister,  
orthopunkt AG, Solothurn

### Stand der Technik

Die Anpassung von bedarfsgerechten, orthopädietechnischen Hilfsmitteln erfordert immer ein klar definiertes systematisches Vorgehen. In der Beinprothetik wird dies seit Jahren gezielt umgesetzt und mit grossem technischen und finanziellen Aufwand durch Forschung und Industrie unterstützt. Die prothetischen Passteile sind in ihren biomechanischen Eigenschaften in den vergangenen Jahrzehnten immer klarer definiert und dokumentiert worden und können dadurch Amputationsniveau, Gewicht, Aktivitäten und Einsatzbereichen exakt zugewiesen werden. Basis zur Zuweisung bilden die zuvor erfassten Patientenparameter in der Anamnese. Ein Vorteil in der Prothetik ist sicher, dass bei einer Amputation die Extremität grundsätzlich fehlt und damit das Defizit bestimmt ist.

Die orthetische Versorgung wiederum steht vor vielen anderen komplexen Herausforderungen. Die zu versorgende Extremität ist im Vergleich zur Amputation weiterhin vorhanden, kann aber die eigentliche Funktion der Fortbewegung nur reduziert oder gar nicht mehr unterstützen. Die Ursache dafür liegt häufig in kompletten oder inkompletten Lähmungen in Verbindung mit Spastizität und/oder Gelenkkontrakturen der Patienten und Patientinnen.

Das Ziel jeder Orthesenversorgung einer Patientin oder eines Patienten mit neurologisch bedingten Gehstörungen sollte die Verbesserung oder sogar die Wiederherstellung der physiologischen Geh- und Stehfähigkeit sein. Noch vor der Auflistung der in Frage kommenden individuellen Orthesenversorgungen muss das Funktionsdefizit der betroffenen Person genau ermittelt werden. Am Anfang steht dabei die Ursache der Funktionsstörung. Grunderkrankungen oder Verletzungen bieten erste Anhaltspunkte dafür, welche Muskelgruppen wie betroffen sind und welche motorischen Ausfälle daraus resultieren. Um die erforderlichen Funktionen der Orthesen genau festlegen zu können, bleibt die Anamnese und die körperliche Untersuchung der betroffenen Person durch das Versorgungsteam unabdingbar. Dabei ist die Untersuchung der motorischen Ausfälle und der nutzbaren Restfunktion der Muskulatur, der Freiheitsgrade der Gelenke und Achsabweichungen des Knie- bzw. Knöchelgelenkes besonders wichtig. Bei der Anamnese müssen zusätzlich die speziellen Charakteristika, Bedürfnisse und Fähigkeiten der betroffenen Person erfasst werden. Ein Beispiel ist ein Hemiplegie-Patient, der seine Unterschenkelorthese nur mit einer Hand anziehen und schliessen kann. Solche Informationen geben wichtige Hinweise für das zukünftige Orthesen-Design. In jeder Versorgung sollten auch die übergeordneten Therapieziele nicht ausser Acht gelassen werden.

Derzeit werden Patientinnen und Patienten nach dem Trial-and-Error Prinzip versorgt. Entweder sie bekommen eine vorgefertigte Orthese, die mehr oder weniger gut passt, oder es wird eine Orthese per Gipsabdruck individuell hergestellt, deren

## Données biomécaniques des patients dans un avenir orthétique proche

Jan-Hagen Schröder, CPO / dipl. Maître technicien  
orthopédiste, orthopunkt SA, Soleure

### Niveau de la technique

L'adaptation de moyens auxiliaires orthopédiques répondant aux besoins individuels requiert toujours un processus systématique clairement défini. Ceci est mis en œuvre de manière ciblée depuis des années dans le domaine des prothèses pour les membres inférieurs, qui profite également de l'important soutien technique et financier de la recherche et de l'industrie. Tout au long des dernières décennies, les caractéristiques biomécaniques des dispositifs d'adaptation prothétiques ont été de mieux en mieux définies et documentées. On peut désormais les répartir exactement en fonction du niveau d'amputation, du poids, des activités et des domaines d'utilisation. L'attribution repose sur les paramètres cliniques saisis en amont dans le cadre de l'anamnèse. L'un des avantages de la prothétique est certainement que le déficit est bien défini du fait qu'un membre manque en raison de l'amputation. Les appareillages orthétiques quant à eux sont confrontés à de nombreux autres défis complexes. Comparé à l'amputation, le membre à appareiller est encore présent mais n'est plus apte, ou seulement de manière réduite, à assurer la fonction de motricité. Cela est souvent dû à des paraplégies complètes ou incomplètes parfois spastiques et/ou liées à des contractures articulaires des patients.

Le but de tous les appareillages orthétiques pour un patient souffrant de troubles locomoteurs d'ordre neurologique devrait être d'améliorer, voire de lui restituer sa mobilité et son équilibre statique. Avant de mentionner tous les appareillages orthétiques possibles selon le cas, il est pertinent de définir exactement le déficit fonctionnel de la personne concernée. Dans ce cadre, le travail repose sur la recherche de la cause du trouble fonctionnel. Les affections primaires ou les blessures donnent des premières indications concernant les groupes de muscles concernés, ainsi que la mesure dans laquelle ils le sont et les défaillances motrices qui en résultent. Afin de déterminer précisément les fonctions requises des orthèses, l'équipe de soins doit procéder à l'anamnèse et à l'examen physique de la personne concernée. Dans ce cadre, elle accorde une grande importance à l'examen des défaillances motrices et aux fonctions musculaires restantes pouvant être utilisées, aux degrés de liberté des articulations et aux déviations axiales du genou ou de la cheville. Lors de l'anamnèse, il convient également de déterminer les caractéristiques, besoins et capacités particuliers de la personne concernée. Par exemple, ceux d'un patient hémiplégique qui ne peut placer et fixer son orthèse de la jambe que d'une seule main. Ces informations sont fondamentales pour la conception de l'orthèse future. Pour tous les types d'appareillage, il faut veiller à ne jamais négliger les objectifs thérapeutiques prioritaires.

Actuellement, les patients sont pris en charge selon la méthode essai-erreur. Soit ils reçoivent une orthèse préfabriquée qui est plus ou moins adaptée, soit on leur fabrique une orthèse



Ausführung – beispielsweise mit oder ohne Gelenk – auf die Patientin, den Patienten abgestimmt wird. Bei letzterer hängt das Ergebnis von der Erfahrung und dem Gefühl der Techniker ab. Hierbei lässt sich nicht beurteilen, ob die betroffene Person wirklich optimal versorgt wird, denn ein fundiertes Ursache-Wirkungs-Verständnis ist nicht möglich.

### Zukunft der Orthetik mittels eines systematischen Versorgungskonzeptes

Unserer Meinung nach liegt die Zukunft in der Orthetik aufgrund der vielen zu berücksichtigenden Faktoren in digitalen Industrie-4.0-Versorgungskonzepten, das heisst die Verzahnung der Produktion mit moderner Informations- und Kommunikationstechnik. Diese Konzepte sollten die Versorger-Teams bestehend aus Ärzten, Therapeuten und Technikern bei der Erstellung orthetischer Hilfsmittel für Patientinnen und Patienten jeder Altersgruppe mit neurologisch bedingten Gehstörungen unterstützen – von der Begutachtung und Planung über die Abgabe der Orthese bis hin zur engmaschigen Nachkontrolle und lückenlosen Dokumentation.

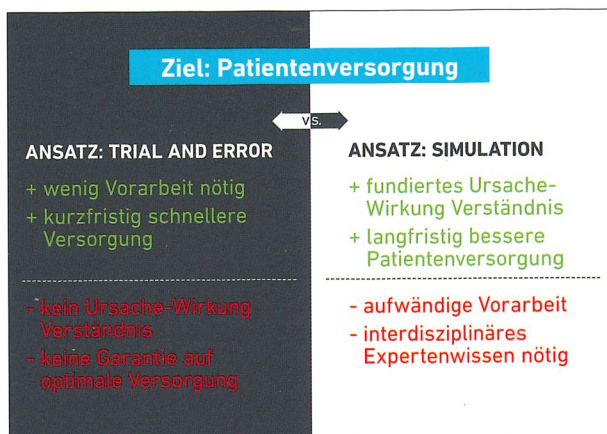


Abbildung 1: Trail and Error vs. Simulationstechnik

Solche digitalen Industrie-4.0-Versorgungskonzepte funktionieren als System und nutzen die Simulationstechnik [1], welche auf fundierter Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge basiert, um so eine optimale Patientenversorgung zu ermöglichen. Zum System gehört in unserem Fall neben einer modular aufgebauten Unterschenkelorthese auch eine cloudbasierte Plattform mit Simulations-App, einem Gait-Analyse-Tool und die 3D-Shape-Software zur Herstellung anatomisch angepasster 3D-Druck-Bauteile. Die Umsetzung ist allerdings nur unter Einsatz einer klar in ihren Eigenschaften definierten und modularen Orthese möglich. Entwickelt auf der Basis der Simulationstechnik mit dem Ziel, in jeder Phase eines Rehabilitationsprozesses und für jedes Patientenalter, vom Kleinkind bis zum Erwachsenen, immer die optimale orthetische Lösung zu finden, bildet diese Orthese die Grundlage des neuartigen Versorgungskonzeptes.

Diese Systeme werden aufgrund der Simulationstechnik mit Daten über eine smarte Patientenanalyse und Verlaufsdokumentation zur Klassifizierung und Erstellung von Orthesen angelemt. Die genaue Auswertung und Versorgungsempfehlungen erfolgt dann aufgrund der Mengen an miteinander in Zusammenhang stehenden Daten mittels Unterstützung von Machine Learning (ML) Software.

sur mesure d'après un moule en plâtre dont la variante (par exemple avec ou sans articulation) est adaptée à leur cas. Pour cette dernière, le résultat dépend de l'expérience et du doigté du technicien. Dans ce cadre, il n'est pas possible de juger si la personne concernée est soignée de manière optimale car une analyse de cause à effet n'est pas réalisable.

### L'avenir de l'orthétique au moyen d'un concept d'appareillage systématique

À notre avis, compte tenu des nombreux facteurs à considérer, l'avenir de l'orthétique réside dans les concepts d'appareillage de l'industrie 4.0, c'est-à-dire la combinaison entre la production et les technologies d'information et de communication les plus modernes. Ces concepts visent à soutenir les équipes de soins composées de médecins, thérapeutes et techniciens dans la fabrication de moyens auxiliaires orthétiques pour des patients de tous âges souffrant de troubles locomoteurs d'ordre neurologique – de l'expertise et de la planification au suivi de contrôle rigoureux et à la documentation complète en passant par la remise de l'orthèse.

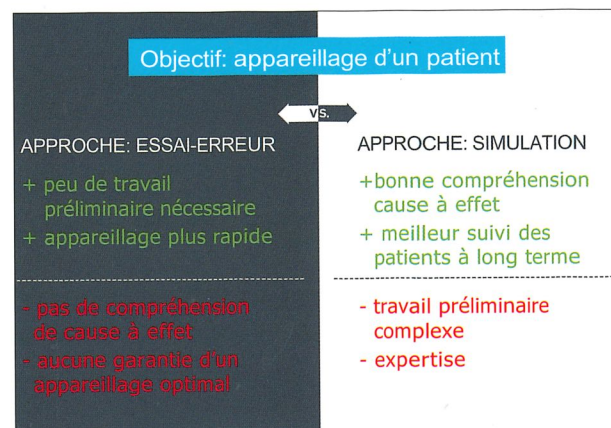


Illustration 1: Essai-erreur versus technique de simulation

Ces concepts d'appareillage numériques de l'industrie 4.0 forment un système et reposent sur la technique de simulation [1], qui est basée sur des liens de cause à effet fondés pour garantir un appareillage optimal au patient. Dans notre cas, ce système comprend, outre une orthèse de la jambe fabriquée de manière modulaire, une plateforme basée sur le cloud avec une application de simulation, un outil d'analyse de la marche et le logiciel 3D Shape, qui permet de fabriquer des éléments en impression 3D adaptés à l'anatomie. Cependant, sa mise en œuvre requiert une orthèse modulaire dont les caractéristiques sont clairement définies. Développée sur la base de la technique de simulation pour apporter la solution orthétique optimale à chaque phase du processus de rééducation au patient quel que soit son âge, cette orthèse offre un concept d'appareillage innovant.

Ces systèmes sont alimentés sur la base de la technique de simulation avec les données issues d'une analyse intelligente du patient et de la documentation des procédés pour classer et fabriquer les orthèses. On parvient ensuite à évaluer et à déterminer précisément l'appareillage recommandé grâce à la quantité de données disponibles liées entre elles et au logiciel d'apprentissage automatique (ML).



## MOWA-System

Auf dieser Basis erarbeitete ortho-punkt (Solothurn) mit dem MOWA-Team (Solothurn) das neue MOWA-System. (Abbildung 2) MOWA steht für Modular Walking und ist eine modular aufgebaute Unterschenkel-Orthese bestehend aus einer Kombination von individuell angefertigten, dynamischen Carbonbauteilen in Verbindung mit angepassten 3-D-Druckteilen. Das MOWA-System ermöglicht bis zu vier Anlageformen: ventral-medial und ventral-lateral sowie dorsal-medial und dorsal-lateral. Die MOWA-Orthese lässt sich verklebungsfrei zusammenstellen und verhilft Patientinnen und Patienten mit Lähmungen und Spasmen der unteren Extremität zu einem natürlicheren Gangbild. Neuartig sind unter anderem das Fertigungsverfahren und die genau auf den Patienten oder die Patientin abgestimmte Materialstärke. Diese werden in regelmässigen Abständen überprüft und bei Veränderung durch einen einfachen Austausch von dynamischen Carbonbauteilen direkt mit der Patientin oder dem Patienten neu konfiguriert. Zum MOWA-System gehört auch eine cloudbasierte Plattform mit Simulations-App, das IMU (inertial measurement unit) basierte MOWA Gait-Analyse-Tool und die 3D-Shape-Software zur Herstellung der anatomisch angepassten 3D-Druck-Bauteile.

## Système MOWA



**Abbildung 2:** MOWA-Orthese 1. Anlage: ventral-medial und 2. Anlage: dorsal-medial

**Illustration 2:** Orthese MOWA 1<sup>er</sup> système: ventral-médian et 2<sup>e</sup> système: dorsal-médian

C'est sur cette base qu'ortho-punkt (Soleure) a développé le nouveau système MOWA avec l'équipe MOWA (Soleure). (Illustration 2) MOWA est l'abréviation de Modular Walking. Il s'agit d'une orthèse de jambe fabriquée de manière modulaire et composée de plusieurs éléments en carbone dynamiques et réalisés sur mesure associés à des impressions 3D adaptées. Le système MOWA propose jusqu'à quatre types de système: ventral-médian et ventral-latéral ainsi que dorsal-médian et dorsal-latéral. L'orthèse MOWA peut être fabriquée sans colle et offre une

démarche naturelle aux patients souffrant de paralysies ou de spasmes des membres inférieurs.

Le procédé de fabrication innovant permet de définir exactement l'épaisseur du matériau selon les besoins du patient. L'orthèse est contrôlée régulièrement et en cas de modifications, les éléments en carbone dynamiques sont remplacés en fonction de la nouvelle configuration, déterminée directement avec la personne concernée. Le système MOWA comprend également une plateforme basée sur le cloud avec une application de simulation, l'outil MOWA d'analyse quantifié de la marche basé sur l'IMU (inertial measurement unit) et le logiciel 3D Shape, qui permet de fabriquer des pièces imprimées en 3D adaptées à l'anatomie.



**Abbildung 3:** Schematisch dargestellter Versorgungsablauf / **Illustration 3:** Schéma du procédé d'appareillage



Bei der 3D-Shape-Software handelt es sich um eine sogenannte Morphing-Software. Damit können computergenerierte Bauteile auf simulierte Avatare genauso wie auf 3D-Scandaten in Echtzeit angepasst werden.

## Ganglabor und Ganganalyse als Schlüssel zum Erfolg

Die wohl wissenschaftlichste Methode menschliche Bewegungen abzubilden, geschieht durch eine Ganganalyse [2]. Im Ganglabor werden die räumlichen Verschiebungen von Markern aufgezeichnet. Mit den resultierenden Daten ist man in der Lage, Bewegungsdefizite zu identifizieren, sie zu analysieren und die erzielte Versorgungsqualität zu beurteilen. Mit Hilfe der Finite Element Methode [3] werden den Orthesen-Verformungen Kräfte und Momente zugewiesen. Und genau diese Schnittstelle zwischen Medizin und Mechanik ist fundamental wichtig für eine optimale Patientenversorgung. Mit dem MOWA-System sind wir in der Lage, diese Schnittstelle mit einem auf Ursache-Wirkungs-basierten Modell abzubilden.

Und hierin liegt der neue Ansatz, dass man ein mathematisches auf harten Zahlen und Fakten basiertes Modell als Schnittstelle implementieren konnte.

Ein funktionsfähiges Ganglabor steht leider nicht allen für eine Versorgung zur Verfügung. Aus diesem Grund werden wir in naher Zukunft auf die Gangdatenerfassung mit APP und MOWA IMU - Sensoren zurückgreifen. Diese werden sich auf wissenschaftlich definierte Parameter in jeder Gangphase [2] konzentrieren und die notwendigen Versorgungsdaten liefern.

Aktuell werden die Ganganalysedaten der MOWA IMU - Sensoren mit einem VICON 12 Kamera System der Firma VICON MOTION ANALYSIS (Oxford, UK) verglichen, um die Daten zu verifizieren. Die IMU von MOWA sind günstiger als ein mit VICON-Kameras ausgerüstetes Ganganalyselabor, können mobil eingesetzt werden und brauchen keine speziell ausgebildeten Fachpersonen zur Bedienung. Zudem sind die Resultate ohne Nacharbeit verfügbar. Diesen starken Vorteilen steht der Nachteil einer geringeren Genauigkeit gegenüber.

## MOWA-Score

Im Anschluss errechnet das MOWA-System einen auf Zahlenwerten basierten Versorgungswert [4] mittels Unterstützung von ML Software. Diese Messwert leitet das MOWA-System aus den Resultaten von alt-

Le logiciel 3D Shape est un logiciel de morphing. Il permet d'adapter en temps réel des éléments générés sur ordinateur sur des avatars numériques et des données numérisées en 3D.

## L'analyse de la marche en laboratoire, un facteur de réussite

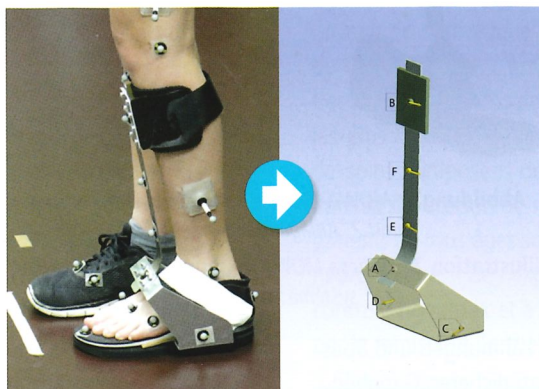
La méthode la plus scientifique permettant de représenter les mouvements humains est l'analyse de la marche [2]. Dans le laboratoire, les variations spatiales sont enregistrées par des marqueurs. Les résultats obtenus permettent d'identifier les défauts de marches, de les analyser et d'évaluer la qualité de l'appareillage visé. Au moyen de la Finite Element Methode [3], les déformations des orthèses sont mises en relation avec des forces et des moments précis. Cette interaction entre médecine et mécanique est essentielle pour offrir le meilleur appareillage possible aux patients. Grâce au système MOWA, nous pouvons représenter cette interaction avec un modèle basé sur une relation de cause à effet. La nouvelle approche implique donc que l'on pourrait implémenter un modèle mathématique basé sur des chiffres et des faits concrets à titre d'interface.

Cependant, il n'y a pas toujours de laboratoire d'analyse de la marche disponible pour définir l'appareillage requis. C'est la raison pour laquelle, nous utiliserons à court terme la saisie de données relatives à la marche via une application et des capteurs MOWA IMU. Ceux-ci se concentreront, lors de chaque phase de la marche, sur des paramètres définis scientifiquement et fourniront les données d'appareillage nécessaires.

Actuellement, les données des analyses de la marche des capteurs MOWA IMU sont comparés à un système de caméra VICON 12 de l'entreprise VICON MOTION ANALYSIS (Oxford, UK) afin de vérifier les données. Les IMU de MOWA sont moins coûteux qu'un laboratoire équipé de caméras VICON, peuvent être utilisés partout et ne requièrent pas l'intervention d'un personnel formé. De plus, les résultats sont disponibles sans travail ultérieur. À ces avantages majeurs s'oppose l'inconvénient d'une précision moindres.

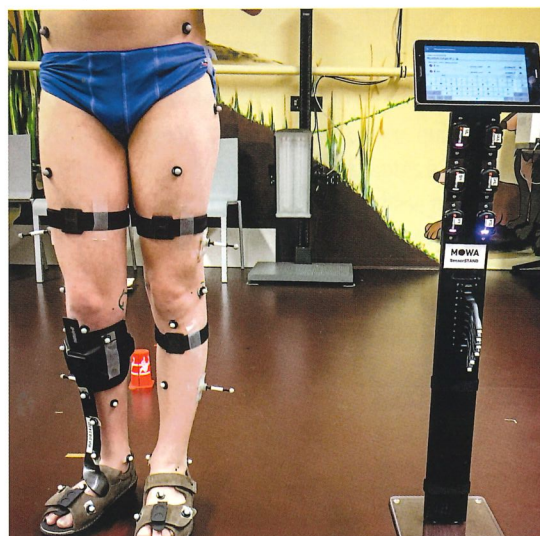
## Score MOWA

Ensuite, le système MOWA calcule une valeur d'appareillage basée sur les chiffres [4] avec le soutien du logiciel ML. Le système MOWA déduit cette valeur de mesure des résultats de classifications éprouvées et connues comme l'échelle



**Abbildung 4:** MOWA-Testversorgung im Ganglabor und Finite Methode mit Markerübertragung A-F

**Illustration 4:** Test d'appareillage MOWA au sein du laboratoire d'analyse de la marche et Finite Methode avec transmission de marqueur A-F



**Abbildung 5:** Ganglabor Untersuchung

**Illustration 5:** Examen dans un laboratoire d'analyse de la marche



bewährten und bekannten Klassifizierungen, wie der MAS-Ashworth-Skala [5], der Muskelkrafterfassung nach Janda [6], der Amsterdam Gait-Klassifikation [7], der N.A.P.-Gait-Classification [4], dem GMFCS [8], dem Aktivitätsgrad sowie der Ganganalyse ab, welche qualitativ verschiedene Behinderungsformen von Patienten bewerten.

Mit den ermittelten biomechanischen Patientendaten wird dann die Orthese digital konstruiert. Dabei gilt es den optimalen Funktionsausgleich für die beeinträchtigte Muskulatur bei gleichzeitiger hoher Belastbarkeit der Orthese zu erzielen, ohne dabei über oder unter zu versorgen. Denn eine unnötige Über- oder Unterdimensionierung der Orthese wirkt sich grundsätzlich negativ auf die Patienten-Compliance [9] aus.



Abbildung 6: Schematischer Ablauf  
Illustration 6: Schéma du procédé

d'Ashworth modifiée [5], la saisie des forces musculaires selon Janda [6], l'Amsterdam Gait Classification [7], la N.A.P.Gait Classification [4], le GMFCS [8], le degré d'activité ainsi que l'analyse de la marche qui évaluent de manière qualitative les différentes formes de handicap des patients.

Une orthèse est alors fabriquée par voie numérique sur la base des données biomécaniques définies du patient. Dans ce cadre, il faut veiller à obtenir l'équilibre fonctionnel optimal pour les muscles sollicités tout en maintenant la résistance élevée de l'orthèse sans sur-appareiller ou sous-appareiller. En effet, des dimensions trop élevées ou insuffisantes de l'orthèse ont un effet néfaste sur l'observance du [9] patient.

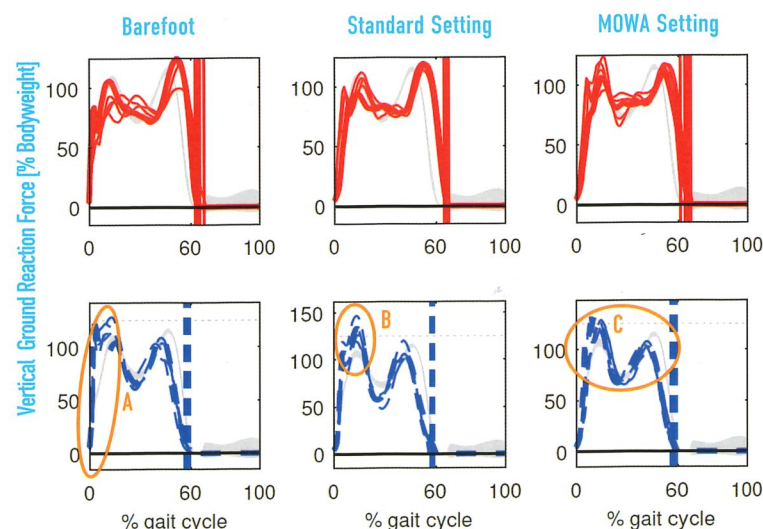
### Premières expériences

Un jeune garçon âgé de 13 ans, mesurant 1,51 mètre, pesant 42 kg, souffrant d'une parésie cérébrale unilatérale spastique (hémiparésie), et présentant une différence de longueur de la jambe droite de 1 cm, GMCS 1, a été appareillé.

Avec l'orthèse MOWA, la démarche se rapproche plus des valeurs standards de la cinématique qu'avec un appareillage standard. Face aux forces de réaction au sol en ant/post et en direction verticale, les deux côtés s'égalisent, encore plus qu'avec un appareillage standard. De même, le pic passif disparaît presque complètement des deux côtés lors de la force de réaction au sol verticale. La gamme d'options de réglages possibles dans le processus d'appareillages est hors du commun. Même après l'avoir remise au patient, il est possible de modifier les réglages de l'orthèse en cas de besoin, différentes hauteurs de talon comprises. Grâce à une chaîne de processus numérique, l'orthèse est parfaitement documentée et peut être reproduite à tout moment. Avec son concept MOWA innovant, MOWA établit une nouvelle norme par rapport au processus actuel. MOWA permet aux techniciens orthopédiques modernes d'accéder aux technologies du 21<sup>e</sup> siècle.

Abbildung 7 – Vorläufige Ergebnisse:  
Änderungen in der Bodenreaktionskraft auf der betroffenen Seite innerhalb der verschiedenen Konditionen:  
A) sehr hohe Belastungsgeschwindigkeit beim Fersenauftritt;  
B) Höchste Bodenreaktionskraft während der Gewichtaufbauphase aller Konditionen;  
C) Verlauf der Bodenreaktionskraft entspricht fast der Norm.

Illustration 7 – Résultats provisoires:  
Changements de la force de réaction au sol du côté affecté dans les différentes conditions.  
A) Taux de charge très élevé au moment du contact du talon au sol.  
B) La force de réaction au sol la plus élevée lors de la phase de réaction au chargement de toutes les conditions.  
C) La trajectoire de la force de réaction au sol correspond presque à la norme.





## Fazit und Ausblick

Zum Schluss möchte ich einen Ausblick in die nahe Zukunft der MOWA-Orthesen geben. MOWA ermöglicht den Technikern zukünftig mehr Zeit in der interdisziplinären Zusammenarbeit und ist jederzeit an sich verändernde körperliche Situationen anpassbar.

Es ist nur eine Frage der Zeit, bis das MOWA-Versorgungskonzept durch partnerschaftliche Kooperationen so weit entwickelt ist, dass keine nachträglichen Modellanpassungen mehr notwendig werden. Dank Technologien wie ML und Clustering werden die Prognosen so exakt sein, dass Patienten immer die derzeit optimalste Versorgung erhalten, ohne vorher auch nur eine Orthese getestet zu haben.

## Dank

Der Autor spricht folgenden Unternehmen, Agenturen, Stiftungen, Institutionen, Hochschulen und deren Mitarbeitern für Ihre grossartige Zusammenarbeit und finanzielle Unterstützung seinen Dank aus:

Zum einen den beteiligten Unternehmen, die orthopunkt AG – Zentrum für technische Orthopädie, Solothurn, MOWA Healthcare AG, Solothurn und die Composites Busch AG, Porrentruy. Für die Umsetzung dieses komplexen Themas sind weitere Kooperationen mit Forschungspartnern notwendig, da so ein Projekt nur mit interdisziplinärem Expertenwissen in verschiedensten Disziplinen umgesetzt werden kann. Aufgrund der Wichtigkeit dieses Projektes für eine Vielzahl von neuroorthopädischen Patienten, wird die laufende Entwicklungsarbeit finanziell und wissenschaftlich durch die Innosuisse – Schweizer Agentur für Innovationsförderung, von be-advanced, von der STI-Stiftung für technologische Innovation und durch die Europäische Kommission für Forschung und Innovation unterstützt. Die ausgewählten Entwicklungspartner sind der Switzerland Innovation Park in Biel, die BFH in Bern, das Ganglabor des UKBB – Universitäts-Kinderspital in Basel und das Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung IWK der OST – Schweizer Fachhochschule in Rapperswil.

## Interessenkonflikte

Der Autor ist Mitarbeiter der orthopunkt AG und der MOWA Healthcare AG.

## Referenzen / Références :

- [1] Kluess D, Hurschler C, Voigt C, Stoffel M. Einsatzgebiet der numerischen Simulation in der muskuloskeletalen Forschung und ihre Bedeutung für die Orthopädische Chirurgie. *Orthopäde* 2013; 42: 220-231.
- [2] Perry J, Oster W, Wiedenhöfer B. (Hrsg.). Ganganalyse: Normen und Pathologie des Gehens. München: Urban & Fischer, 2003.
- [3] Klein B. FEM - Grundlagen und Anwendungen der Finite-Element-Methode im Maschinen- und Fahrzeugbau. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2012.
- [4] Sabbagh D, Fior J, Gentz R. Klassifizierung von Gangtypen bei Schlaganfall zur Standardisierung der orthetischen Versorgung. *Orthopädie Technik*, 2015; 66:52-57.
- [5] Bohannon R, Smith M. Interrater reliability of a modified Asworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther* 1987; 67(2):206-207.
- [6] Smolenski U-C, Buchmann J, Beyer L, Harke G. Janda Manuelle Muskelfunktionsdiagnostik - Theorie und Praxis. München/Jena: Urban & Fischer Verlag; Elsevier GmbH, 2020.
- [7] Grund S. Geh-Orthesen bei Kinder mit Cerebralparese. *Paediatrica* 2007; 18:30-34.
- [8] Russell DJ, Rosenbaum PL, Avery LM, Lane M, Heinen F. GMFM und GMFCS - Messung und Klassifikation motorischer Funktionen. Bern: Hans Huber Verlag, 2006.
- [9] Bernhardt KA, Kaufmann, KR. Loads on the uprights of a knee-ankle-foot orthosis. *Prosthet Orthot Int* 2011; 35:106 -112.

## Résumé et perspective

Pour finir, je voudrais vous donner une idée du futur proche des orthèses MOWA. À l'avenir, MOWA permettra aux techniciens de dédier plus de temps à la coopération interdisciplinaire et sera adaptable à tout moment aux modifications du corps.

Ce n'est qu'une question de temps avant que le concept d'appareillage MOWA évolue grâce à des partenariats, de façon à ce que plus aucune adaptation ultérieure ne soit nécessaire. Grâce aux technologies comme ML et Clustering, les pronostics seront si précis que les patients profiteront du meilleur appareillage disponible à ce moment-là sans avoir testé une seule orthèse auparavant.

## Remerciement

L'auteur remercie les entreprises, agences, fondations, institutions, hautes écoles suivantes ainsi que leurs collaborateurs pour leur fantastique coopération et leur soutien financier : tout d'abord les entreprises impliquées, orthopunkt SA – Centre d'orthopédie technique, Soleure, MOWA Healthcare SA, Soleure et Composites Busch SA, Porrentruy.

Pour la mise en œuvre de ce thème complexe, d'autres coopérations avec des partenaires de recherche sont nécessaires, car un tel projet ne peut être mis en œuvre qu'avec une expertise interdisciplinaire. En raison de l'importance de ce projet pour une multitude de patients neuro-orthopédiques, le travail de développement continu profite du soutien financier et scientifique d'Innosuisse, Agence suisse pour l'encouragement de l'innovation, de be-advanced, de la Fondation STI pour l'innovation technologique et de la Commission européenne pour la recherche et l'innovation.

Les partenaires de développement sélectionnés sont le Switzerland Innovation Park à Bienne, la Haute École spécialisée bernoise, le laboratoire d'analyse de la marche de l'UKBB, l'Hôpital pédiatrique universitaire de Bâle et l'Institut des techniques des matériaux et de l'usinage du plastique, IWK de l'OST, la Haute école spécialisée de Rapperswil.

## Conflits d'intérêts

L'auteur travaille pour l'entreprise orthopunkt SA et l'entreprise MOWA Healthcare SA.