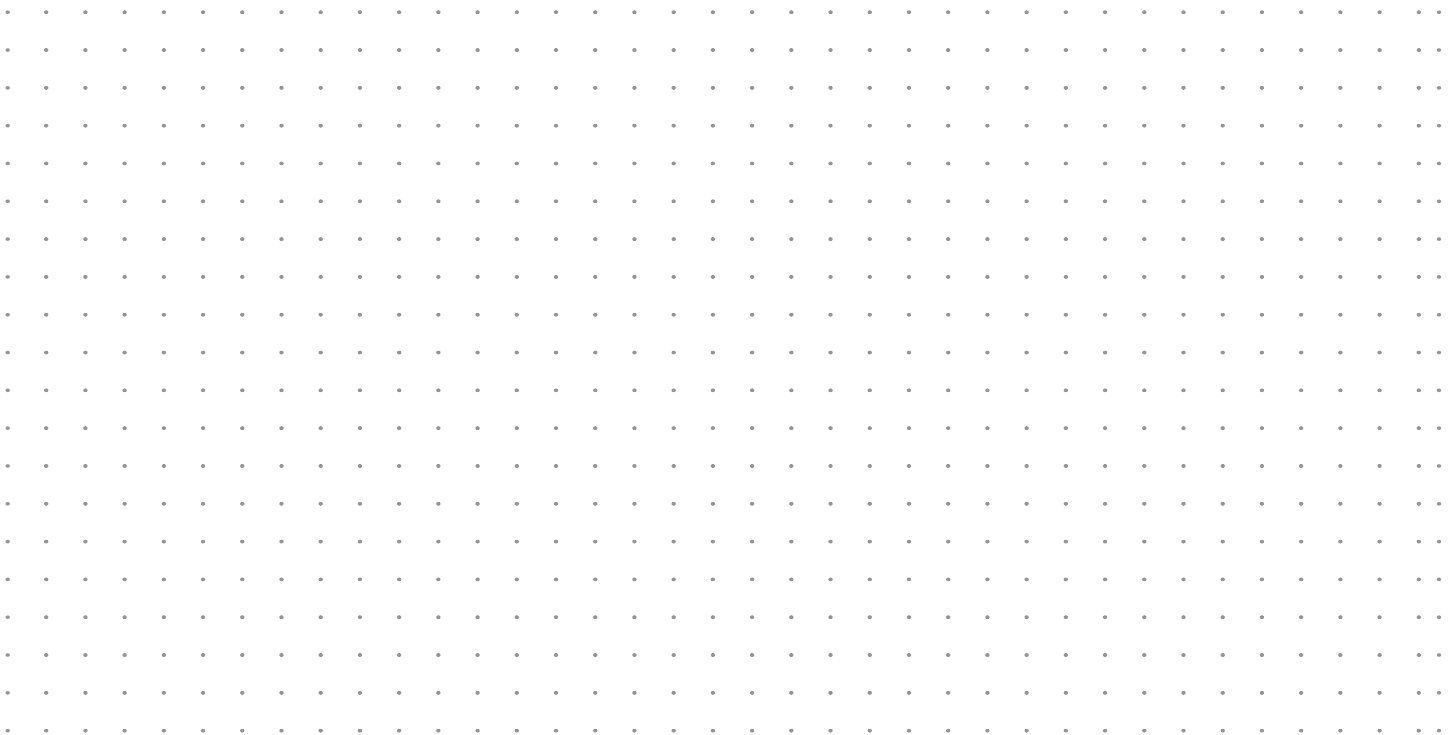


## Fachliteratur Prothetik

# Erfahrungen mit dem Einsatz eines neuartigen Systems zur Griffmustererkennung in der Unterarmprothetik

M. Schäfer, F. Muders, S. Kunz, K. Laassidi | Verlag Orthopädie-Technik Sonderdruck 06/19



# Erfahrungen mit dem Einsatz eines neuartigen Systems zur Griffmustererkennung in der Unterarmprothetik

Experience with the Use of a Novel System for Pattern Recognition in Forearm Prostheses

Neuartige technologische Ansätze im Bereich der oberen Extremität ermöglichen ihren Anwendern eine verbesserte funktionale Nutzung der Prothese im Alltag. Neben Optimierungen im Bereich der Schafttechnologie nehmen auch intelligente Steuerungsmöglichkeiten, funktionale Prothesenpassteile und stumpfverbessernde chirurgische Eingriffe wesentlichen Einfluss auf das Versorgungsergebnis bei armamputierten Mitmenschen. Für die Anwender moderner Prothesen entscheiden Eigenschaften wie Schnelligkeit, Präzision, Griffkraft und eine proportionale Signalkontrolle über den Erfolg im Alltag. Vor allem, wenn es um die Steuerung mehrerer Bewegungsebenen wie z. B. die Ansteuerung unterschiedlicher Handgriffe, Rotation oder gar Handflexion und -extension geht, hat die Steuerungsvielfalt mit den traditionellen EMG-Steuerungen eng gesteckte Grenzen. Insofern ist es nicht verwunderlich, dass die Forschung und Entwicklung gerade im Bereich des Controllings mit dem Ziel der Umsetzung komplexer Griffmustersteuerungen neue Wege beschreitet. Derartige Steuerungen sind für ihre Anwender aber nur dann sinnvoll, wenn sie in der Praxis zuverlässig funktionieren und alltägliche Gebrauchsvorteile bieten. Der folgende Artikel reflektiert erste Erfahrungen mit einem vielversprechenden neuartigen Steuerungssystem mit Griffmustererkennung, der sogenannten Pattern Recognition (PR).

**Schlüsselwörter:** Armprothese, Steuerung, Griffmuster, HTV-Silikon-Schaft, Pattern Recognition, Myo Plus

Novel technological approaches for the upper limb improve patients' functional utilisation of the prosthesis for everyday activities. In addition to optimisations in socket technology, smart control options, functional prosthetic components and surgical techniques for improving residual limb conditions have a significant effect on the treatment outcome of individuals with upper extremity amputations. For users of modern prostheses, properties such as speed, precision, grip strength and proportionate signal control determine success in everyday use. In particular for controlling multiple movement levels such as different grips, rotation or even hand flexion and extension, the variety of control options is limited with traditional EMG controls. It is thus not surprising that research and development is moving in new directions – especially with respect to controlling – with the aim of implementing complex grip pattern control. However, these controls benefit users only if they function reliably in practice and have useful features for everyday use. The following article reports on initial experience with a promising novel control system known as pattern recognition (PR).

**Key words:** arm prosthesis, control, grip patterns, HTV silicone socket, pattern recognition (PR), Myo Plus

## Einleitung

Neuartige Prothesenentwicklungen wie z. B. multiartikulierende Handsysteme [1, 2] ermöglichen zunehmend komplexere Funktionalitäten

in der prothetischen Versorgung der oberen Extremität und orientieren sich sowohl in ihrem Aufbau als auch in ihrer Ästhetik und Form am Vorbild der menschlichen Natur. Sie verfolgen gegenüber den bewährten, traditionellen Prothesensystemen einen Zugewinn hinsichtlich eines differenzierten Greifens und sollen ihren Nutzern den Alltag durch die Bereitstellung mehrerer Griffarten deutlich erleichtern. Verschiedene Modelle imitieren sogar die aktive Flexion und Extension der Finger-Mittelgelenke (PIP-Gelenke), wodurch die Hand zwar einerseits an Griffkraft verliert, andererseits aber in der Dynamik ein physiologischeres Bewegungsverhalten erkennen lässt. Während die im Vergleich zu traditionellen Handsystemen verminderte Griffkraft zumindest zum Teil durch eine präzisere Adaption der Finger an die Oberfläche des zu greifenden Gegenstandes kompensiert werden kann, ist die Bedienung dieser Systeme mit den vorhandenen klassischen Steuerungsprinzipien für die Anwender limitiert: Die Umschaltung in die verschiedenen Griffmodi basiert entweder auf spezifischen Umschaltensignalen, auf Signallängen oder auf unterschiedlichen Signalstärken oder wird sogar durch morseähnliche Signalkonzepte bedient. Für den Anwender äußert sich dies bei der praktischen Umsetzung in einem verzögerten Ansprechen seiner Prothese, und er muss ein antrainiertes und nur wenig intuitives Steuerungsverhalten der Prothesenhand in Kauf nehmen.

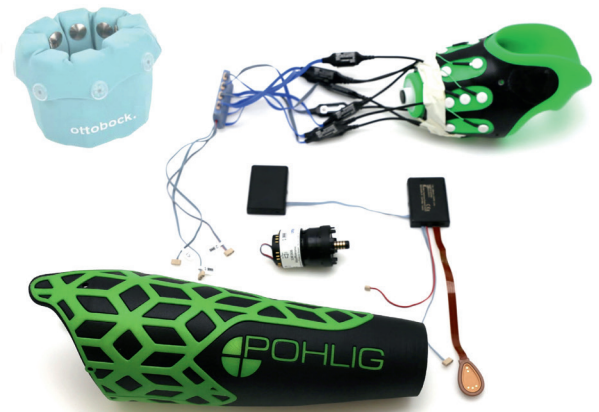
Es liegt daher nahe, dass mit einer zunehmenden Komplexität der Handfunktionen auch entsprechende

Steuerungen benötigt werden, die solche Anforderungen abbilden können. Eine Griffmustersteuerung (engl. „pattern recognition“, PR) scheint für solche Anforderungen eine adäquate Basis zu sein, auch wenn das Thema, komplexe Steuerungen mit EMG-Signalen zu realisieren, so neu gar nicht ist: Bereits in den 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts hat man sich intensiv mit Möglichkeiten beschäftigt, komplexe EMG-basierte Steuerungen zur Verfügung zu stellen, deren identifizierbare Parameter ausreichend Informationen lieferten, um zwischen einer kleinen Anzahl von Funktionen an den oberen Extremitäten zu unterscheiden [3, 4].

Es wurde erkannt, dass dazu die Ableitung eines schnellen parametrischen Wiedererkennungsalgorithmus gegeben sein muss. Ist dies gelungen, muss außerdem sichergestellt sein, dass die anzusteuende Hardware diese Informationen aufnehmen und weiterverarbeiten kann. Schließlich muss auch der Anwender in der Lage sein, die Grundinformationen zur Erkennung über die entsprechenden EMG-Signale einzuleiten. Eine Ausbreitung in das Versorgungsgebiet der Armprothetik unterblieb zum damaligen Zeitpunkt, was auf mehrere Ursachen zurückzuführen ist. Letztendlich waren es im neuen Jahrtausend hochdotierte Forschungsprojekte wie z. B. das DARPA-Projekt „Revolutionizing Prosthetics“ des US-amerikanischen Verteidigungsministeriums, in das viele Millionen US-Dollar an Forschungsgeldern für die Entwicklung eines möglichst gleichwertigen Extremitätenersatzes für die amputierte obere Extremität investiert wurden. In die Erarbeitung der Grundlagen, die nach acht Jahren ihre technische Umsetzung u. a. im Produkt des DEKA-Armes [5] fanden, waren mehrere internationale Forschergruppen eingebunden.

In diesem Kontext wurde auch an Weiterentwicklungen moderner Griffmustererkennungen gearbeitet, mit dem Ziel, multiplere EMG-Informationen durch entsprechend intelligente Algorithmen wiederzuerkennen und somit eine direktere und vor allem intuitivere Steuerung der Prothese zu realisieren [6, 7, 8]. Das erste marktreife Produkt konnte in Gestalt des Systems „Complete Control“ durch das junge Start-up Coapt aus Chicago realisiert werden.

**Abb. 1** Myo-Plus-Komponenten in moderner 3D-Druck-Prothese und Silikon-Kontaktschaftsystem.



Im Jahre 2018 wurde innerhalb des Programms des Weltkongresses der OTWorld in Leipzig mit dem Produkt „Myo Plus“ ein weiteres Pattern-Recognition-System aus dem Hause Ottobock vorgestellt. Im Rahmen der Markteinführung dieses neuen Produktes konnte der Fachbereich Armprothetik im Hause der Autoren erste Erfahrungen mit der Umsetzung und Anwendung dieses Systems an zwei Patienten mit mittellangem bzw. kurzem Unterarmstumpf nach traumatisch-bedingter Amputation sammeln. Von den aus diesen Versorgungsgewonnenen Erkenntnissen handelt der vorliegende Artikel.

## Methode

Das Myo-Plus-System besteht aus acht Remote-Elektroden, die über Dom-Kontaktflächen im Prothesenschaft verankert werden. Der 32-Bit-Controller „Myo Plus TR“ empfängt und verarbeitet die eingehenden EMG-Signale und ordnet sie den jeweiligen Funktionen zu. Auf diese Weise können pro Sekunde bis zu 72.000 EMG-Signale verarbeitet und die daraus resultierenden Steuerungsbefehle bis zu 40-mal pro Sekunde aktualisiert werden. In der Myo-Plus-App werden die Informationen visualisiert und entsprechende Einstellungen vorgenommen. Die technischen Bauteile werden durch eine sogenannte Myo-Manschette ergänzt, die zur Evaluierung der PR-Eignung eingesetzt wird (Abb. 1). Diese Eignungsprüfung erfolgt gemeinsam mit dem Anwender im Rahmen der Beratung und Versorgungsplanung. Durch den Einsatz von bis zu acht Remote-Elektroden können im Zuge

der Austattung der Signaleinleitung an die Prothese deutlich komplexere Signalinformationen verarbeitet werden als im traditionellen 2-Kanal-System (Abb. 2).

Dabei kommt die Myo-Manschette zum Einsatz. Die acht darin befindlichen zirkulär angeordneten Elektroden sollten so angeordnet werden, dass sich der umfangsvergrößernde Einfluss nicht zu negativ auf das Gesamtbild der Prothese auswirkt. Die Myo-Manschette korrespondiert über eine Bluetooth-Schnittstelle mit der dazugehörigen App. Ein wichtiger erster Schritt bei der Programmierung des Pattern-Systems besteht in der Evaluierung des Phantomgefühls: Einzigartige, einfache und wiederholbare Bewegungen der Phantomhand sollen zu einer möglichst intuitiven Ansteuerung der Prothesenhand genutzt werden. In einem strukturierten Evaluationsprozess werden unterschiedliche vorgegebene Bewegungsmuster initiiert und damit das System gemeinsam mit dem Anwender programmiert (Abb. 3). Dabei können die über ein Spinnennetzdiagramm („Spiderplot“) dargestellten Bewegungsmuster skaliert werden, was im Ergebnis zu einer deutlicheren Darstellung und Unterscheidung der einzelnen Muster führt. Die Anzahl der benötigten Bewegungsmuster hängt von der Kompatibilität zu den jeweiligen Prothesenkomponenten und vor allem von deren funktionalen Möglichkeiten (Handsystem, Rotator etc.) ab. Dabei gilt es, große Überschneidungsbereiche der jeweiligen Spiderplot-Muster zu vermeiden.

Nach erfolgter Evaluation werden die Muster in definierten Test-Sets

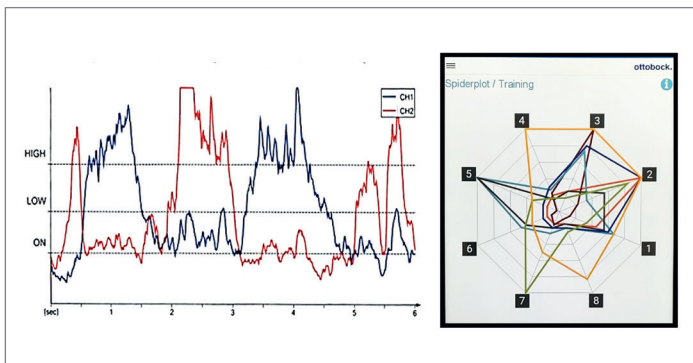


Abb. 2 Signalinformationen der Systeme im Vergleich.



Abb. 3 Programmierung der PR-Bewegungsmuster per Tablet.

in unterschiedlich gebeugten Armpositionen erstellt. In einer direkt anschließenden Simulation des Test-Sets wird die Zuverlässigkeit der Prothesensteuerung entweder über die Bewegungsanzeige oder die Spiderplot-Darstellung des Systems beurteilt. Nach positiver Beurteilung wird mit der Aufnahme des sogenannten Basis-Sets fortgefahren. Hierbei werden zu den bereits bestehenden vier Armpositionen des Test-Sets zwei weitere Armpositionen hinzugefügt. Die Erstellung dieses Basis-Sets ist die Voraussetzung zur Abspeicherung der Myo-Plus-Steuerung in der Myo-Manschette oder in der Prothese. Es enthält alle erhobenen Bewegungsmuster. Je nach den Möglichkeiten des Handsystems – dabei können sowohl MyoBock-Handsysteme als auch das multiartikulierende Bebionic-Handsystem zum Einsatz kommen – können zusätzliche Bewegungsmuster hinzugefügt werden, etwa beim Bebionic-Handsystem. Die Myo-Plus-App bietet verschiedene Justiermöglichkeiten, die Einfluss auf das Steuerungsverhalten des Pattern-Systems haben, und liefert zudem Informationen zur Steuerungsqualität (Abb. 4a u. b). So können neben der Griff- und Rotationsgeschwindigkeit auch die Genauigkeit, die Geschwindigkeit und der Schwellenwert der Mustererkennung eingestellt werden (Abb. 4c u. d).

Nach positiver Erprobung kann mit dem Bau der Prothese begonnen werden. Das System bietet die Möglichkeit, zu den im Basis-Set dargestellten Prothesenbewegungen bis zu 24 neue Aufnahmen hinzuzufügen. Unabhängig von den Software-Einstellungen des Pattern-Systems sollte ein besonderes Augenmerk auf die Passform und die Materialauswahl beim

Prothesenschaft gelegt werden. Denn das Pattern-Recognition-System kann nur funktionieren, wenn die im Schaft eingebrachten Elektroden zuverlässig Hautkontakt haben und die benötigten EMG-Signale aufnehmen können.

Bei beiden getesteten Patienten wurde ein Vollkontakt-Haftschaff-System angewendet, in das der Stumpf mit einer Anziehhilfe eingezogen wird. Durch diese in Vollkontakt gearbeitete Schafftechnik wird sichergestellt, dass eine adäquate Weichteilverspannung zwischen den Geweben des Stumpfes und dem Innenschaft besteht und dass alle Elektroden zuverlässig Kontakt zur Haut haben.

Zu Beginn der Testphase wurde zur Formermittlung und zur Optimierung ein im Volumen und in der Form nachformbarer thermoplastischer Innenschaft aus einem flexiblen, weichen Copolymer verwendet. Der definitive ellenbogenumgreifende Innenschaft wurde bei dem Patient mit dem mittellangen Unterarmstumpf aus einem Copolymer gefertigt. Der Patient mit dem kurzen Unterarmstumpf erhielt hingegen einen Innenschaft aus einem elastischen hochtemperaturvernetzten Silikon mittlerer Shore-Härte (Shore A 42,5).

Das adhäsive und elastische Betungsverhalten des Werkstoffes Silikon hat sich im direkten Vergleich als sehr wichtig herausgestellt, da es bei guter Passform einen dauerhaften Kontakt zu den Remote-Elektroden – und somit auch eine gleichbleibende Signaleinleitung – sicherstellt (Abb. 5). Jegliche Wirkungseinflüsse, die den Kontakt zwischen den Elektroden und der Haut beeinträchtigen, müssen vermieden werden. Auch im Bereich der suprakondylären Führungszone wird durch einen gezielten

Einsatz elastischer Werkstoffe eine bestmögliche Streckung des Armes ohne Berührungsverlust an den Elektroden-Kontaktstellen ermöglicht. In Kombination mit einem gut passenden, vollkontaktfähigen HTV-Silikon-Kontaktschaff kommt bevorzugt die flache Version der Domelektroden zum Einsatz. Diese wurden von beiden Anwendern problemlos ganztägig getragen und hinterlassen nach dem Ausziehen lediglich eine kurzzeitige Positionsmarkierung auf der Haut (Abb. 6). Das Basis-Set des Pattern-Systems wurde zu Beginn der Versorgung in den Test- und Erprobungsphasen wiederholt durchgeführt. Es ist ratsam, die Signale nicht in voller Stärke abzufordern, da dies bei der Bedienung des Systems dauerhaft zu einem erhöhten Kraftbedarf führt.

Nach Erstellung des Definitivschafftes und alltäglichem Tragen der Prothese kann es bei Änderung der Signalstärken durchaus notwendig werden, ein erneutes Basis-Set durchzuführen. Kleine Signaländerungen kann der Patient selbst durch das Hinzufügen eines neuen Signals ergänzen. Bei einem der beiden Patienten, der dieses System seit anderthalb Jahren verwendet, finden diese „Nachkalibrierungen“ lediglich alle 10 bis 12 Wochen statt. Solche großen Zeitabstände sind zwar nicht bei allen Patienten zu erwarten, jedoch ist nach den ersten Versorgung und einer gezielten und vertiefenden Anwenderschulung eine Korrelation zwischen Signalqualität und Signaltreue erkennbar.

## Ergebnisse

Beide Anwender konnten das Myo-Plus-System gezielt und sicher in Bezug auf die jeweiligen Griffe ansteuern

und profitierten bereits nach kurzer Zeit von den Möglichkeiten des Systems in ihrem Alltag. Im Vergleich zu ihrem Vorgängersystem (beide waren mit einer proportional gesteuerten „VariPlus-Speed“-Hand mit Rotator versorgt) beschrieben sie eine direktere und schnellere Ansteuerung der jeweils gewünschten Handfunktion.

In beeindruckender Weise kam dies auch im Rahmen der durchgeführten Assessments zum Ausdruck, etwa beim sogenannten Clothespin Relocation Test (Abb. 7). Dabei werden drei Wäscheklammern (engl. „clothespins“) in einem definierten

Umfeld von einer Querstange auf eine Längsstange und wieder zurück bewegt. Hierdurch wird das zielgerichtete, koordinierte Öffnen bzw. Schließen der Hand in Interaktion mit der Rotationssteuerung im Handgelenk bewertet.

Vor allem die direkte Ansteuerung des jeweiligen Griffs wurde von den Anwendern als willkürlich und intuitiv beschrieben. Lästige Umschalt-signale oder Signalüberschneidungen entfallen, da jede Funktion einem festgelegten Muster zugeordnet ist. Die Autoren führten mit beiden Anwendern das Clothespin- sowie das so ge-

nannte Box-and-Blocks-Assessment durch, bei dem baugrößendefinierte Holzklötzchen in einem definierten Zeitabstand von einer Seite einer unterteilten Box über eine Trennwand in möglichst großer Zahl in die gegenüberliegende Seite der Box manövriert werden müssen. Bei der Durchführung beider Assessments konnte ein flüssigeres Steuerungsverhalten der Myokomponenten und geringere Umschaltzeiten bemerkt werden.

Bei nur zwei Patienten ist es natürlich noch zu früh, diese Erhebung zu bewerten. Zudem verfügen beide Patienten über feste Armstümpfe mit stabilem Bindegewebe, sodass es für die Zukunft von besonderem Interesse sein wird, wie sich das Steuerungsverhalten des PR-Systems bei weichen und weniger stabilen Stumpfsituationen im Hinblick auf die Signaltreue darstellen wird. Das Nachjustierungsverhalten war mit zunehmender Tragezeit rückläufig, sodass die Anwender nur noch sehr selten Nachjustierungen des Systems benötigten. Dies ist vor allem für die dauerhafte Nutzung eines derartigen Steuerungssystems wichtig. Auffällig war auch, dass beide Patienten von einer Verbesserung ihrer Phantomhand-Wahrnehmung berichtet haben. Dieser Sachverhalt sollte unbedingt auch bei weiteren Versorgungsbearbeitungen beobachtet werden.

### Fazit für die Praxis

Die anfängliche Skepsis angesichts der verschiedenen Vorerfahrungen mit Pattern-Recognition-Systemen wurde von zwei begeisterten Patienten eindrücklich widerlegt und wich daher schnell. Beide Patienten beschreiben eine intuitivere Ansteuerung des

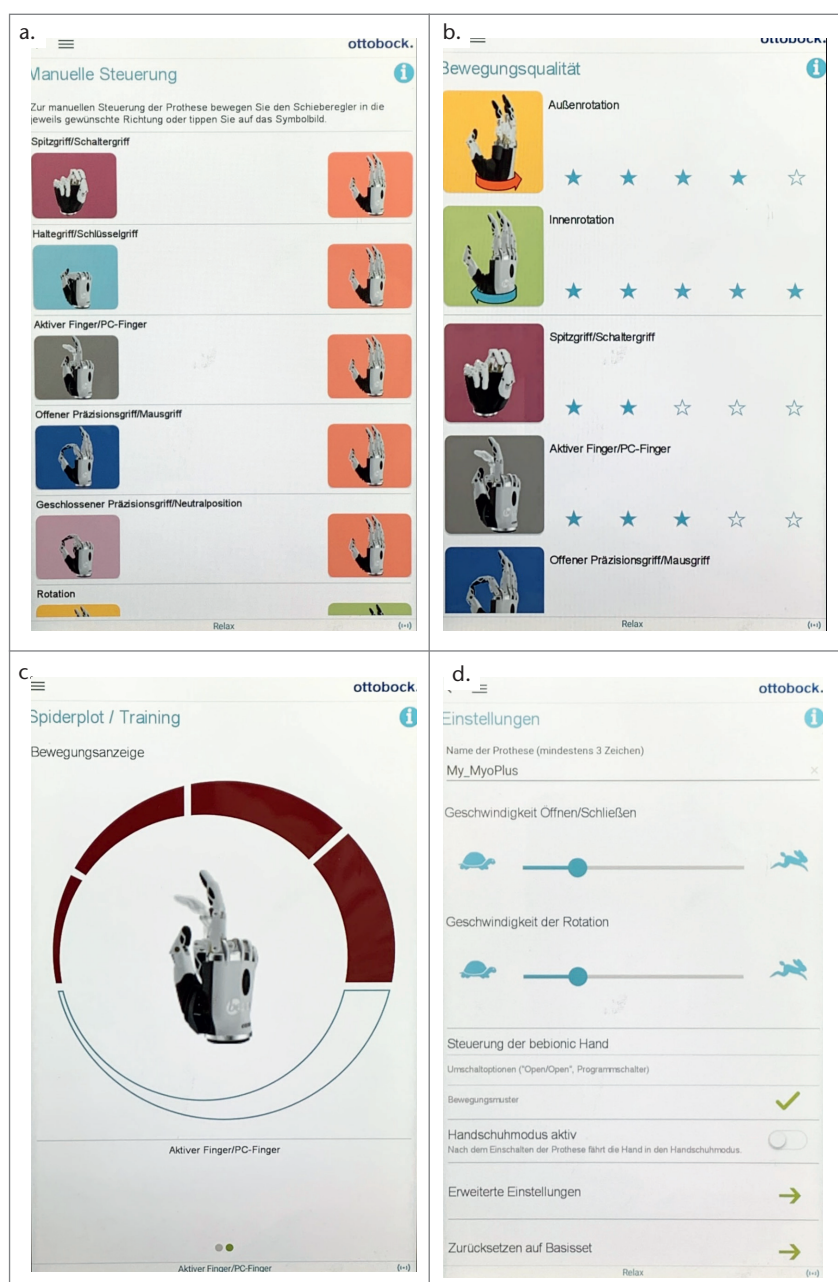


Abb. 4a-d Benutzeroberflächen beim Myo-Plus-System.



Abb. 5 HTV-Silikon-Kontaktschaft mit elastischer suprakondylärer Bettung.



**Abb. 6** Unterarmstumpf nach ganztägigem Tragen der PR-Prothese.



**Abb. 7** Clothespin-Assessment mit Myo-Plus-System.

Systems und schätzen vor allem die direkte und unmissverständliche Ansteuerung der einzelnen Griffmuster. Eine Lernkurve besteht auch für den Orthopädie-Techniker bei der Anwendung eines solchen Systems. Sehr hilfreich ist die Erprobung mit der Myo-Test-Manschette, da man auf diese Weise im Vorfeld einer Versorgung sehr gut evaluieren kann, ob sich ein Patient für die Nutzung einer solchen Steuerung eignet oder nicht. Dank einer klar strukturierten Vorgehensweise, einer intuitiven Menüführung und einer übersichtlichen grafischen Darstellung ist die Anwendung des Systems klar verständlich und fast selbsterklärend. Allerdings musste festgestellt werden, dass sich der Platzbedarf für die technischen

Komponenten – sowohl für die acht Remote-Elektroden als auch für die technischen Bauteile des Systems – letztendlich limitierend auf die indikativen Parameter wie Stumpflänge und Stumpfvolumen auswirkt: So müssen Patienten mit langen Stümpfen mit einem voluminöseren Formaufbau rechnen.

Entscheidend für eine gute Funktion des Pattern-Recognition-Systems ist die Stabilität der EMG-Signalgebung. Zunehmend – wie bei anderen hochwertigen sensorischen Versorgungssystemen in der Technischen Orthopädie auch – rückt die Qualität der Hilfsmittel-Passform, in diesem Fall die Schaftversorgung, auf eine Stufe mit der Technologie selbst. Auch beste Algorithmen

vermögen nicht die Kompensation einer weniger guten Schaftform der Prothese zu kompensieren, und genau hier schließt sich der Kreis einer hochwertigen und funktionalen Prothesenversorgung. Somit bietet eine Pattern-Recognition-Steuerung insbesondere für solche Patienten deutliche Gebrauchsvorteile im Alltag, die über eine adäquate und stabile Signalgebung verfügen.

*Für die Autoren:*

*Michael Schäfer, OTM  
Geschäftsführer Pohlig GmbH  
Grabenstätter Straße 1  
83278 Traunstein  
m.schaefer@pohlig.net*

Begutachteter Beitrag/reviewed paper

## Literatur:

[1] Greitemann B, Brückner L, Schäfer M, Baumgartner R. Amputation und Prothesenversorgung. Indikationsstellung – operative Technik – Nachbehandlung – Funktionstraining. 4., vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart, New York: Thieme Verlag, 2016

[2] Vujaklija I, Farina D, Aszmann OC. New developments in prosthetic arm systems. Orthopedic Research and Reviews, 2016; 8, 31–39

[3] Graupe D, Cline WK. Functional separation of EMG signals via ARMA identification methods for prosthesis control purposes. IEEE Transactions on Systems, 1975; SMC-5 (2): 252–259

[4] Graupe D, Magnussen J, Beex A. A microprocessor system for multifunctional control of upper limb prostheses via myoelectric signal identification. IEEE Transactions on Automatic Control, 1978; 23 (4): 538–544

[5] Resnik L. Research update: VA study to optimize DEKA arm. Journal of Rehabilitation Research & Development, 2010; 47 (3): ix–x

[6] Young AJ, Smith LH, Rouse EJ, Hargrove LJ. Classification of simultaneous movements using surface EMG pattern recognition. IEEE Trans Biomed Eng, 2013; 60 (5): 1250–1258

[7] Sensinger JW, Lock BA, Kuiken TA. Adaptive pattern recognition of myoelectric signals: exploration of conceptual framework and practical algorithms. IEEE Trans Biomed Eng, 2009; 17 (3): 270–278

[8] Amsüss S, Goebel PM, Jiang N, Graumann B, Paredes L, Farina D. Self correcting pattern recognition system of surface EMG signals for upper limb prosthesis control. IEEE Trans Biomed Eng, 2014; 61 (4): 1167–1176

