

MED PLAST

EINE SONDERAUSGABE DES FACHMAGAZINS PLASTVERARBEITER

REINRAUM

Neues Konzept für Luftströmung
beim Kunststoff-Spritzgießen

14

ADDITIVE FERTIGUNG

3D-Scanner und -Drucker liefern
Chirurgen perfekte Ohr-Kopien

28

WERKZEUGE

Seitliche Anspritzlösungen für
medizinische Produkte

46



KUNSTSTOFFE IN DER HIGH-TECH-MEDIZIN

Prothesen packen kräftig zu

Bildquelle: ZHAW

Additive Fertigung im Prothesenbau

Modulare Prothese aus dem 3D-Drucker

Am Institut für Mechatronische Systeme wurde in Zusammenarbeit mit der Stiftung appsocial.org ein neues System für spezifische **Kinderhand-Prothesen** entwickelt. Ziel der Zusammenarbeit war die Entwicklung

eines **modularen Baukastensystems von Handprothesen**, die mit ihrer Funktionsweise und Handhabung kindgerecht gestaltet ist. Das bedeutet insbesondere die Möglichkeit, die Handprothese bei **sportlicher Betäti-**

gung zu benutzen. Der **Prothesenschaft wird individuell angepasst** und im **additiven Fertigungsverfahren** hergestellt. An den Schaft lassen sich je nach Aufgabe **verschiedene Greifer koppeln**.



▲ Der Aufbau am Beispiel der alpinen Ski-Handprothese ist modular, sodass an den schaft weitere Prothesen gekoppelt werden können.

Dies setzt voraus, dass die Prothesen als eine wesentliche Grundanforderung leicht und robust sein müssen. Als weitere Anforderung muss die Bedingung erfüllt werden, dass die Benutzung der Prothesen einfach und intuitiv ist und nach Möglichkeit wenig bis gar nicht trainiert werden muss. Insofern schließt dies die Steuerung über Muskelaktivität (Myoelektrik) aus. Aus verschiedenen Gründen wie beispielsweise das Körperwachstum, muss die Prothese einerseits adaptierbar sein und gleichzeitig kostengünstig in der Herstellung. Die verhältnismäßig geringen Herstellkosten erweitern nicht nur den Kreis der Anwender, sondern kommen auch dem Gesichtspunkt entgegen, dass die

Prothese aus Gewichtsgründen nicht beliebig robust gebaut werden kann, sodass im Fall einer Beschädigung ein kostengünstiger und schneller Austausch erfolgen kann.

Konzept für modulare Prothesen

Ein weiterer wesentlicher Aspekt der Prothesen ist, dass nicht der Versuch unternommen wird, eine Universal-

prothese für alle in Frage kommenden Anwendungsfälle zur Verfügung stellen zu wollen. Nicht zuletzt aus den bereits genannten Gründen des geringen Gewichtes, der Einfachheit der Bedienung und besonders der zuverlässigen und qualitativ hochwertigen Funktionserfüllung wurde die Entwicklung von modularen, anwendungsspezifischen Handprothesen beschlossen, das heißt Prothesenlösungen mit einer dedizierten Anwendung wie beispielsweise Tennis spielen, Radfahren, Skifahren, Skilanglaufen oder alltägliche Arbeiten.

Diese Anwendungsszenarien erfordern ganz unterschiedliche Greifkräfte und Greifformen, die mit einer Universalprothese in einer leichten Aus-



Web-Tipp

- VDI Schrift Handlungsfelder Additive Fertigungsverfahren
- Short-URL:

www.plastverarbeiter.de/24524



▲ Der aktuelle Prototyp der Prothesenlösung mit beweglich gestaltetem Daumen.



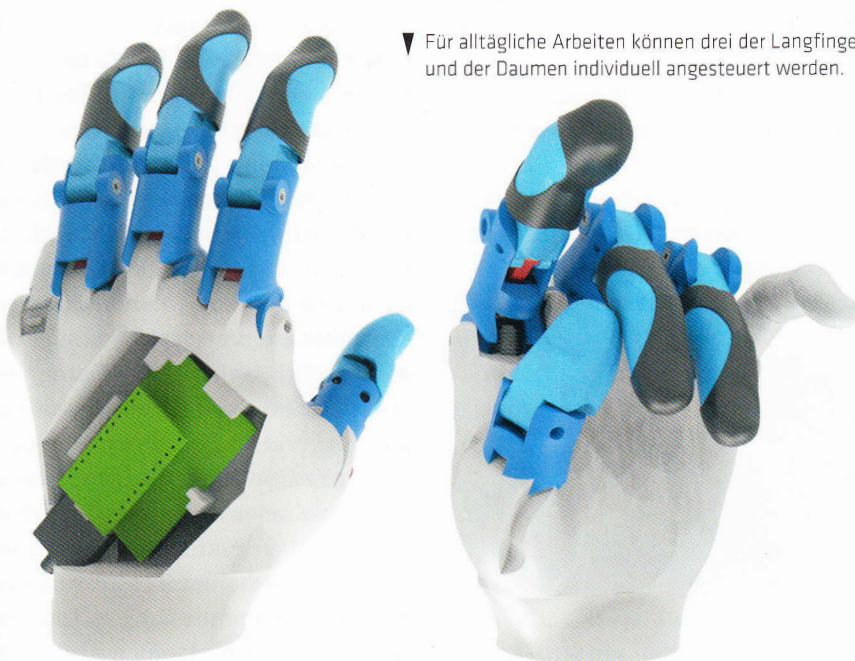
▲ Die Ski-Prothesenhand kann einen modernen Skistock halten.

führung und annähernd gleich schnellen und präzisen Betätigung wie mit einer gesunden Hand kaum realisiert werden können. Außerdem ist es illusorisch, mit einer funktionalen Handprothese den Anforderungen an eine vom Aussehen ästhetisch hochwertige Zierhand genügen zu können, womit zum Ausdruck gebracht werden soll, dass eine funktionale Handprothese vermutlich immer als ein technisches Gerät für den Ersatz der menschlichen Hand erkennbar sein wird. Das betrifft im Übrigen nicht nur das Aussehen, sondern beispielsweise ebenso die Art der Fingerbewegung.

Da es sich bei Handprothesen in der Regel um Kleinserien mit Stückzahlen in der Größenordnung von Hundert

mit möglicherweise individueller Ausprägung handelt, bietet sich für die Herstellung der Handprothesen ein additives Fertigungsverfahren wie das Fused Deposition Modelling, kurz FDM oder im allgemeinen Sprachgebrauch, der 3D-Druck an. Die für die Prothesen infrage kommenden Werkstoffe sind thermoplastische Kunststoffe wie PLA, ABS, TPE oder in näherer Zukunft kurzfaserverstärktes Polyamid. Die genannten unverstärkten Thermoplaste haben ein relativ geringes spezifisches Gewicht von ca. 1 bis 1.2 g/cm³ bei einer Festigkeit von 30 bis 50 MPa und einem Elastizitätsmodul von ca. 2.000 bis 3.000 MPa. Die mechanischen Eigenschaften wie Steifigkeit und Festigkeit liegen verglichen mit Aluminium

▼ Für alltägliche Arbeiten können drei der Langfinger und der Daumen individuell angesteuert werden.



Reinraumsysteme

Von der Planung bis zur Qualifizierung

- innovativ
- modular
- wirtschaftlich

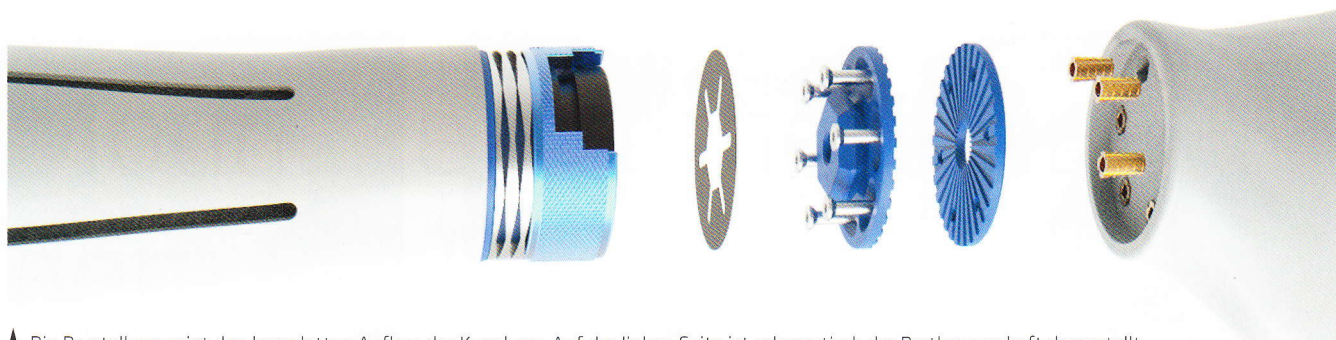
SCHILLING
ENGINEERING

Industrial Handling

Cleanroom Systems

SCHILLING ENGINEERING
REINRAUMSYSTEME

Industriestraße 26
D-79793 Wutöschingen
Telefon +49 (0) 7746 / 92789-0
www.SchillingEngineering.de



▲ Die Darstellung zeigt den kompletten Aufbau der Kupplung. Auf der linken Seite ist schematisch der Prothesenschaft dargestellt. Das Konzept Sicherheitsrelevante Schnellverschlusskupplung für modulare Handprothesen ist zur Patentierung angemeldet (Okt. 2016) worden.

zwar deutlich darunter, was aber durch eine angepasste konstruktive Gestaltung und Bauweise mindestens zum Teil kompensiert werden kann.

Weiteres Verbesserungspotenzial wird in der konstruktiven Gestaltung und Ausführung des Prothesenschaftes mit integriertem Universaladapter zur Befestigung der unterschiedlichen Funktionsprothesen gesehen. Auch hier werden Gesichtspunkte wie Adaptierbarkeit, Tragekomfort und Gewicht im Vordergrund stehen.

Prothesensysteme für den Sport

Das modulare System der Prothesenlösung kann in drei Funktionseinheiten unterteilt werden: austauschbare Prothesenmodule, mechanische Schnellverschluss-Kupplung und Prothesenschaft

Die Prothesenendmodule erfüllen einzelne Greif-Funktionen robust und zuverlässig. Diesbezüglich werden einzelne Sportarten, respektive Anwendungsfälle mit unterschiedlichen Prothesenendmodulen abgedeckt. Bis zum jetzigen Stand werden Lösungen zu verschiedenen Anwendungsgebiete-

ten entwickelt und getestet, darunter Prothesen für das Tennis spielen. Die Prothesenversorgung ermöglicht das Aufnehmen, Halten und Freigeben eines Tennisballes. Die Aktorik, Signalverarbeitung und Sensorik ist in der Prothesenhand integriert. Verschiedene Ausarbeitungen sind bereits entwickelt und werden von einer Probandin getestet.

Auch ein Prothese für das Fahrradfahren wurde konstruiert. Die entwickelte Prothesenlösung des Institutes für Mechatronische Systeme kann auf alle gängigen Fahrradlenker geklippt werden. Somit muss ein Prothesenträger keine Umbauvorrichtungen am Lenker und den Bremsen vornehmen und es können auch Leih-Fahrräder in den Ferien benutzt werden. Die Bremsenleitung erfolgt über eine Zwangskinetik bei Absenkung des Unterarmes Richtung Pedalen. Die Prothesenversorgung benötigt diesbezüglich keine Aktorik, Elektronik oder Spannungsversorgung und kann kostengünstig und gewichtsoptimiert hergestellt werden.

Für Winteraktivitäten wie alpines Skifahren wurde eine Ski-Prothesen-

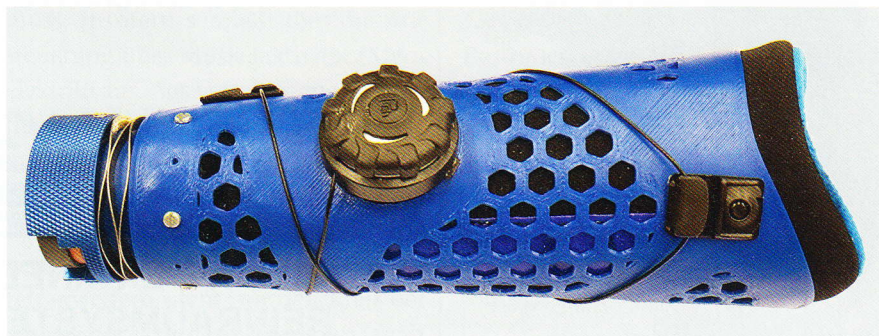
hand entwickelt. Sie ermöglicht das Halten eines modernen Skistockes. Die Hand klemmt den Stock über ein designtes Festkörpergelenk zwischen Daumen und der Handfläche. Optional kann die Prothesen-Hand über ein integriertes Boa-Verschlusssystem den Stock zusätzlich klemmen. Dies ermöglicht neben dem Halten des Stockes zur verbesserten Balance auf den Skiern auch das Abstoßen mit dem Skistock.

Die Langlauf-Prothesenhand ermöglicht das exakte Führen des Stockes während dem klassischen Langlaufen. Optional kann die vorliegende Prothesenlösung auch mit einer menschenähnlicheren Handgeometrie gewählt werden.

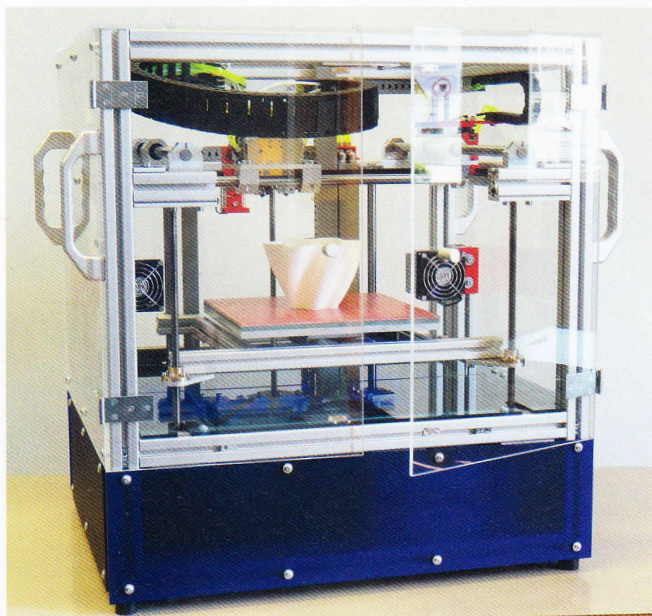
Prothese für alltägliche Arbeiten

Eine Prothesenversorgung für alltägliche Arbeiten wird mit der gezeigten Prothesenhand erreicht. Dabei können drei der Langfinger und der Daumen individuell angesteuert werden. Die Fingerbewegung wurde einer natürlichen Handbewegung beim Zylindergriff nachempfunden und ermöglichen dem Träger eine Vielzahl an Objekten zu greifen und zu halten. Die Prothesenversorgung wiegt ca. 180 g (exkl. Spannungsversorgung) bei aktuellen Fertigungskosten von ca. 900 CHF.

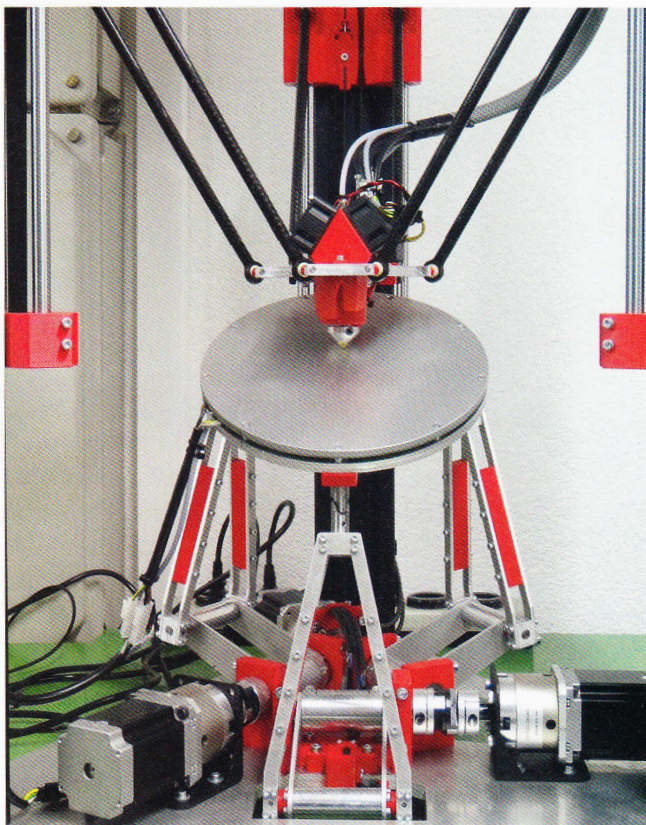
Eingesetzt werden qualitativ hochwertige DC-Getriebemotoren der Firma Faulhaber in Kombination mit jeweils einer Motorentreiberplatine mit integrierter Strommessungen. Die Prothesenversorgung kann weitgehend



▲ Der Prothesenschaft wird individuell auf die Bedürfnisse des Prothesenträgers angepasst.



- ▲ Der Multimaterialdrucker kann neben dem gängigen Thermoplast PLA, auch ABS (erhöhte Temperaturbeständigkeit), PC (höhere Schlagzähigkeit), und TPE (gummiartig) ausdrucken.
- Der Sechs-Achsen Deltadrucker kann Geometrien mit Überhängen ohne Stützmaterialien drucken und eignet sich hervorragend für Freiformgeometrien, welche bei den Handprothesen häufig auftreten.



aus 3D-gedruckten ABS-Teilen hergestellt werden. Der Anwendungskatalog für die Prothesenendversorgungen wird laufend vergrößert und die einzelnen Prothesenendmodule spezifisch optimiert.

Mechanische Kupplung

Die mechanische Schnell-Verschluss-Kupplung ermöglichen das an-, beziehungsweise abkoppeln der verschiedenen Prothesenendmodule. Eine Kupplung ist ausgearbeitet, mit welcher Prothesenhandmodule einfach, einhändig und schnell an den Prothesenschaft gekoppelt werden können.

Die ausgearbeitete Schnell-Verschluss-Kupplung gibt bei definierten Lastfällen die Handprothese vom Schaft frei und die Komponenten werden vor Zerstörung geschützt. Beim Auslösen wird ein einfaches und kostengünstiges Bauteil zerstört, welches vom Prothesenträger selber ersetzt werden kann und Reparaturkosten/Reparaturzeiten entfallen. Weiter kann durch unterschiedlich dicke Sollbruchstellen der Prothesenträger selber die Last festlegen, bei welchem die Prothe-

se vom Schaft abkoppelt. Neben der Entkopplung ist es dem Prothesenträger möglich, die Handprothese in verschiedenen radialen Stellungen an den Prothesenschaft zu koppeln.

Individuell gefertigter Prothesenschaft

Der Prothesenschaft wird individuell auf die Bedürfnisse des Prothesenträgers angepasst. Die harte Aussenschale wird aus einem ABS-Kunststoff eben mit einem FDM 3D-Drucker ausgedruckt. Anschliessend wird die konische Außenform mit Heißluft und einem Aluminiumkonus geformt. Für den Innenschuh werden atmungsaktive Gore-tex-ähnliche Stoffe zusammengeheftet. Anschließend wird der Zwischenbereich mit einer schaumbaren Flüssigkeit aufgefüllt. Dies ermöglicht die Abbildung der exakten geometrischen Eigenschaften des Unterarmes des Prothesenträgers. Der Prothesenschaft wird mit einem Boa-Closure System angezogen. So kann der Prothesenträger einarmig bedienen, die Schnürung exakt und fein einstellen, sodass dank der individuellen Seilfüh-

rung eine gleichmässige Druckverteilung erzeugt wird. Dem Projektteam steht ein moderner Gerätepark zur Verfügung. Dieser beinhaltet neben 3D-Druckern und 3D-Scannern auch eine Fertigungswerkstatt und Materialien und Verfahren zur Abformung von Extremitäten (zum Beispiel Geometrieübertrag einer menschlichen Hand als Gipsabdruck). 3D-Drucker sind im Bereich des Rapid-Prototyping weit verbreitet. So ist es möglich, mit vergleichsweise geringen Kosten Klein- teile und Prototypen herzustellen. Neben kommerziell erhältlichen FDM- Druckern stehen dem Entwicklungsteam auch zwei, dem Anwendungsgebiet angepassten, Eigenentwicklungen zur Verfügung. ■

Autoren

Prof. Dr. Wilfried J. Elspass

lehrt an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, SoE School of Engineering, IMS Institut für Mechatronische Systeme, wilfried.elspass@zhaw.ch,

Fabian Schollenberger

arbeitet am IMS der ZHAW in Winterthur, Schweiz, fabian.schollenberger@zhaw.ch.