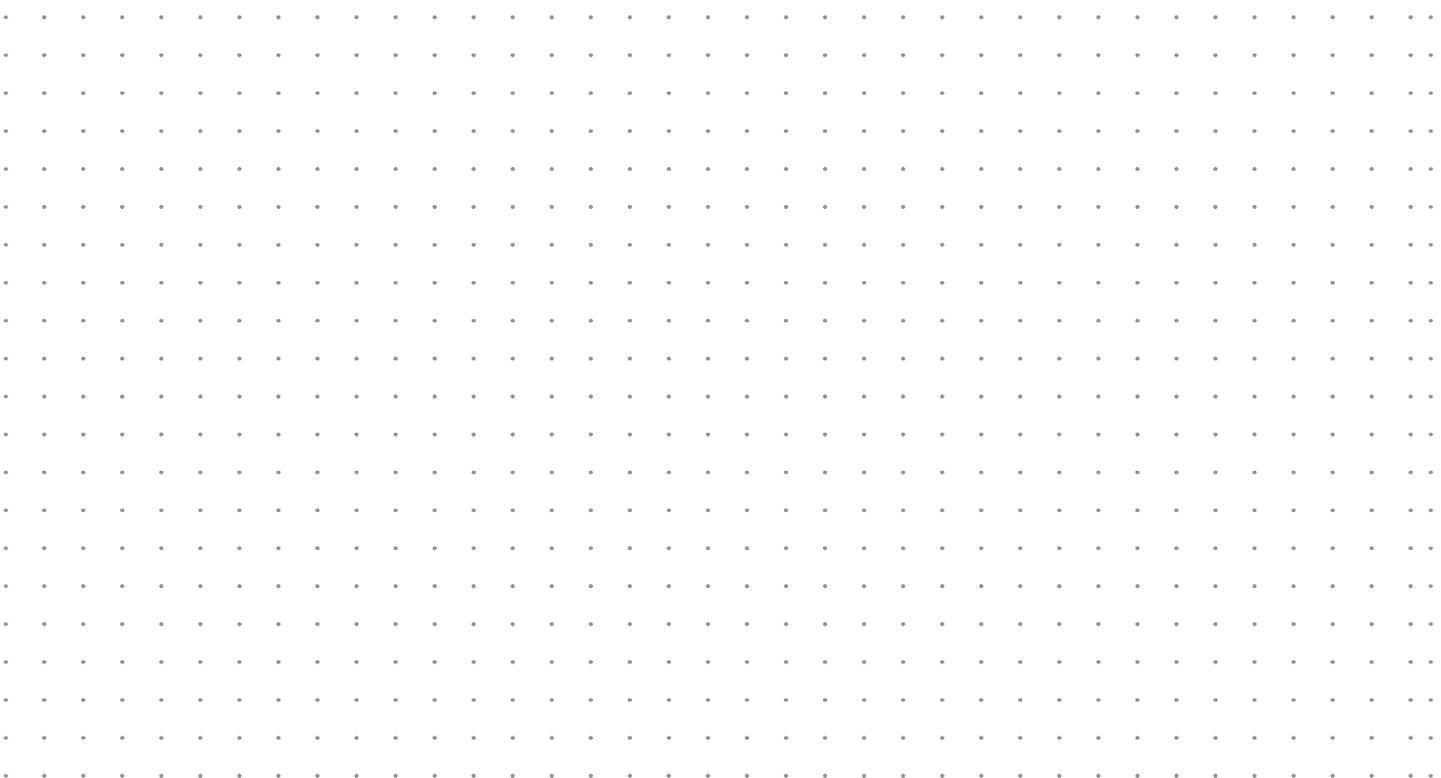


# Fachliteratur Prothetik

## Prothetische Versorgungskonzepte nach partiellen Amputationen im Handbereich

M. Schäfer, Verlag Orthopädie-Technik 2009/9



M. Schäfer

## Prothetische Versorgungskonzepte nach partiellen Amputationen im Handbereich

Prosthetic Fitting Programmes after Partial Amputations of the Hand

Die prothetische Versorgung nach partiellen Handamputationen gestaltet sich in der täglichen Versorgungspraxis als sehr anspruchsvoll. Gliedmaßen erhaltende und rekonstruktive handchirurgische Eingriffe erfordern eine strukturierte und auf die Bedürfnisse des Patienten abgestimmte Vorgehensweise, die sich von Fall zu Fall unterschiedlich darstellen kann. Im Vordergrund der prothetischen Versorgung stehen dabei die zentralen Forderungen nach der Wiederherstellung der anatomisch korrekten Gestalt sowie einer bestmöglichen Wiederherstellung der Handfunktionen. Der folgende Artikel soll zum einen die Erfahrungswerte verschiedenster Versorgungsmöglichkeiten und Anforderungen in der prothetischen Versorgung partieller Handdefekte reflektieren, zum anderen sollen moderne prothetische Konzepte und zukunftsweisende Trends vorgestellt werden.

The prosthetic fitting after partial amputations of the hand turns out to be very demanding in the daily practice. Operations of hand surgery preserving or reconstructing the limb require a structured procedure adapted to the needs of the patient, which may differ according to the individual case. In the centre of attention of the prosthetic management there are essential needs for a reconstruction of the physical shape as well as the best possible restoration of the functions of the hand. The following article shall, on the one hand, reflect on the experiences made with the most different fitting possibilities and the demands of a prosthetic fitting of partial hand defects, on the other hand it shall

present modern prosthetic programmes and future trends.

### 1. Einführung

Fortschrittliche Operationstechniken und Methoden der Hand-, Mikro- und der plastischen Chirurgie ermöglichen zunehmend die Gliedmaßenerhaltung verletzter Hände. Die Herausforderung liegt darin, das komplexeste motorische Funktionsorgan des menschlichen Körpers zu erhalten.



**Abb. 1** Berührungsempfindliche und sensible Hautareale können die Funktion limitieren.

Dass dies nicht immer vollumfänglich gelingt, ist auf die vielfältigen Ursachen und Schweregrade ausgeprägter Verletzungen zurückzuführen. So ist es nicht verwunderlich, dass die traumatische Amputation in der Ätiologie der Amputationen im Bereich der oberen Extremitäten mit ca. 50 bis 70 Prozent die häufigste Amputationsursache darstellt [1].

Gemessen an den multiplen Funktionen der menschlichen Hand bewegt sich die technische Orthopädie seit Jahren in ambiva-

lenter Weise zwischen einer adäquaten und sehr natürlichen Wiederherstellung der äußeren Körperform und einer stark verbesserungsbedürftigen Wiederherstellung der verlorengegangenen Handfunktion.

Hinzu kommt, dass sensible Hautareale, mechanisch schwach belastbare Hauttransplantate, ausgeprägte Phantom- und Nervenschmerzen sowie eingeschränkte Bewegungsmöglichkeiten einzelner Gelenke zusätzlich einen limitierenden Charakter auf die Funktionalität der Prothesenversorgung ausüben können (Abb. 1).

Grobe Greif-, Halte- und Führungsfunktionen lassen sich durch adäquate handprothetische Konstruktionen in Abhängigkeit zu den Funktionen des verbliebenen Handstumpfes bedingt wiederherstellen, wobei nach wie vor der Wunsch nach mehr Funktionalität den Lebensalltag vieler handamputierter Patienten bestimmt. Gerade in der prothetischen Versorgung partieller Handdefekte liegt der Wunsch nahe, die noch vorhandenen und oftmals funktional einwandfreien Handpartien soweit wie möglich zu unterstützen.

Daher beschäftigen sich moderne Forschungsprojekte und weltweite Bestrebungen der Branche seit Jahren mit der Erforschung neuartiger Prothesensysteme, die darauf ausgerichtet sind, dem prothetischen Ersatz mehr aktive Funktion zu verleihen.

## 2. Definition Partialhandprothetik

Der Begriff Partialhandprothetik umschreibt einen spezifischen handprothetischen Versorgungsbereich, der sich an den klinischen Bedingungen des noch vorhandenen Amputationsstumpfes orientiert.

Von partiellen Handamputationen und den dazugehörigen prothetischen Versorgungsbereichen spricht man in der Regel, wenn eine oder mehrere der folgenden Bedingungen zutreffen:

- Das Amputationsniveau der Hand reicht über die Finger hinaus in den metakarpalen oder karpalen Versorgungsbereich hinein.
- In der Regel sind einzelne Finger-, Mittelhand- oder Handwurzelareale noch vorhanden.
- Aufgrund eines größeren Flächenverlustes schließt die prothetische Versorgung einer „Partialhandprothese“ in der Regel die Mittelhand und die Handwurzel, in Einzelfällen auch das Handgelenk mit ein.
- Totalamputationen mehrerer Langfinger stellen oftmals eine Indikation zur partialhandprothetischen Versorgung dar, da eine ausreichende Befestigung des Fingerersatzes nur durch die Einbindung der Mittelhand und Handwurzel gelingt.

Im Rahmen eines Symposiums zur prothetischen Versorgung der oberen Extremitäten beschrieb Robert W. Beasley [2] bereits zu Beginn der 80er-Jahre des vergangenen Jahrhunderts eine Klassifikation für Handamputationen. In Anlehnung an diese Klassifikation empfiehlt sich für die partiellen Handamputationen die folgende Unterteilung:

### 2.1 Transversale Handamputationen

Die transversalen Amputationen zeichnen sich durch eine primär transversale Anordnung der Amputationslinien aus. Sie beinhalten partielle oder totale Amputationen



Abb. 2 Klinische Situation partieller transversaler Handamputationen.

von Finger- und Mittelhandbereichen (Abb. 2).

### 2.2 Longitudinale Handamputationen

Die Gruppe der longitudinalen Amputationen kann in zwei Untergruppen unterteilt werden (Abb. 3).

#### 2.2.1 Longitudinale radiale Amputationen

Diese Amputationen schließen den Verlust der radiallyseitig liegenden Finger- und Mittelhandstrahlen, in erster Linie die des Daumens und/oder des Zeigefingers, ein.



Abb. 3 Longitudinale radiale (re.) und ulnare (li.) Handamputationen.

Begleitend können oftmals Teilamputationen der benachbarten Finger festgestellt werden. Diese Amputationsniveaus gehen zumeist mit einem Verlust der regelrechten Greiffunktion einher, da der Oppositionsgriff zum Daumen nicht mehr durchgeführt werden kann. Wenn mobile benachbarte

Finger erhalten sind, kann die Versorgung mit einer entsprechenden Partialhandprothese mit Daumen-Gegengriff-Funktion einen deutlichen funktionalen Zugewinn verschaffen.

#### 2.2.2 Longitudinale ulnare Amputation

Die longitudinalen ulnaren Amputationen schließen die Finger- und Mittelhandstrahlen D III bis D V ein. Mit dem Verlust dieser Handbereiche geht zumeist ein Verlust der

groben Griffkraft einher. Ist der dritte Strahl ebenfalls betroffen, verliert die Hand die Fähigkeit zum Drei-Punkt-Griff. Dadurch fällt das Halten und Führen von Gegenständen deutlich schwerer. Die prothetische Versorgung dieser Defekte sollte daher an der optimalen Wiederherstellung dieser Griffoption orientiert sein.

#### 2.3 Zentrale oder mittelständige Handamputationen

Zentrale oder mittelständige Amputationen betreffen die Amputation des dritten und/oder des vierten Strahles der Hand. In den Mittelhandbereich hineinreichende Amputationen einzelner Strahlen können durch eine operative Handverschmälerung in vielen Fällen zu einer unauffälligen Wiederherstellung des Handbildes und der Handfunktion führen.

Die Amputation beider Strahlen geht zumeist mit einem Funktions- und Kraftverlust beim Greifen einher. Ein flächiger Handschluss ist nicht mehr möglich, was dazu führt,

dass kleine Gegenstände nicht mehr ausreichend fixiert werden können und durch die Amputationslücke fallen. Die daraus resultierende Anforderung an die Prothetik liegt neben einer körperlichen Wiederherstellung des Defektbereiches in der Vermeidung progredienter Fehlstellungen der noch

vorhandenen Finger sowie in der bestmöglichen Wiederherstellung des Handschlusses und der daraus resultierenden Greif- und Haltefunktion. In vielen Fällen können die mittelständigen Handamputationen mit ringverankerten selbsthaftenden Defektprothesen – ohne Einschluss der gesamten Mittelhand – versorgt werden (Abb. 4).

In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass bei allen partiellen Amputationsniveaus ein erheblicher Verlust der Greif- und Haltezonen der Hand einhergeht. Eine entsprechende prothetische Versorgung hat daher auch die Wiederherstellung der Handfläche zur Aufgabe, da diese wiederhergestellte Fläche eine stabile Basis für die Greif-, Halte- und Führungsfunktionen der Hand darstellt.

### 3. Präprothetische Maßnahmen – Stumpfkonditionierung

Im Rahmen der postoperativen prothetischen Erstversorgung sollte vor Versorgungsbeginn eine systematische Konditionierung der



Abb. 4 Mittelständige Handamputation mit ringverankerter Prothesenversorgung.

den Eigenschaften einer vollkontaktigen Prothese ein signifikanter Volumentrückgang beobachtet werden kann (Abb. 5).

Hierfür eignen sich individuell an die Situation angepasste Kompressionselemente aus feinmaschigen weichen Nahtgestriken oder aus Silikon. Bei einer folgenden silikon-prothetischen Versorgung ist den Kompressionselementen aus Silikon der Vorzug zu geben, weil durch diese Elemente bereits während der Stumpfkonditionierung eine Gewöhnung an das Grundmaterial der Prothese erfolgen kann.

Begleitend sollte ein gezieltes ergotherapeutisches und krankengymnastisches Training zur Abhärtung und Mobilisierung der Amputationssituation sowie zur Sicherung der maximalen funktionellen Eigenschaften noch verbliebener Gelenke erfolgen.

Immer wieder kann im Zuge von Beratungsgesprächen zur prothetischen Versorgung festgestellt werden, dass die Betroffenen Probleme haben, sich mit



Abb. 5 Sensible und ödematöse postoperative Amputationsstümpfe erfordern eine kontinuierliche Konsolidierung.

der Situation der Handamputation zurechtzufinden, diese verstecken oder im schlimmsten Fall gar nicht ansehen können. Daher kann eine

gezielte postamputative Therapie neben den so wichtigen Abhärtungsmaßnahmen und dem Funktionstraining auch dem wertvollen Beitrag leisten, dass sich der Betroffene mit der neuen Situation bezüglich seiner Hand auseinandersetzt und diese im wörtlichen Sinne zu „begreifen“ lernt.

## 4. Anforderungsprofil Partialhand-Prothetik

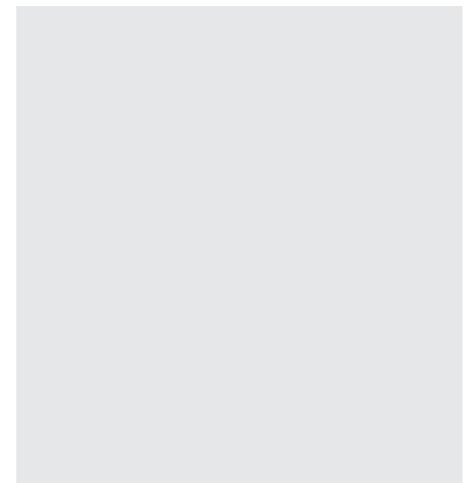
Die Anforderungen an eine adäquate prothetische Versorgung im Bereich der Hand lassen sich im Wesentlichen in zwei Bereiche unterteilen:

### 4.1 Die Funktionalität der Versorgung

Funktionalität bedeutet im Bereich der partiellen Handprothetik nicht unbedingt, dass sich jedes Fingerglied der Prothese im Ausmaß eines normalen Fingers frei bewegen lässt. Funktion bedeutet für den Betroffenen, dass ihm mit der Handprothese im täglichen Leben Aktionen ermöglicht werden, die er ohne die Handprothese nicht durchführen könnte.

Der Wiederherstellung des Gegenriffes sowie dem Aufbau druckstabiler Defektausgleiche sollte daher eine besondere Bedeutung beigemessen werden.

Für den Patienten sind dabei so alltägliche Tätigkeiten wie das Bedienen eines PCs, das Frisieren der Haare, das Binden der Schuhe sowie das Halten, Führen und Bewegen wichtiger Alltagsgegenstände wie Essbesteck, Telefon, Schreibgeräte, Kochwerkzeug, Lenkgeräte, etc. von großer Bedeutung. Die Vergrößerung der Griff-Fläche



sowie die Wiederherstellung der ursprünglichen Hebellänge von Hand und Finger sind daher zentrale Anforderungen an die prothetische Konstruktion.

Bei der Gestaltung von Partialhand-Prothesen sollte ebenfalls akribisch darauf geachtet werden, dass die noch vorhandenen Handfunktionen durch die prothetische Konstruktion nicht beeinträchtigt werden. Die Integration speziell eingearbeiteter und justierbarer Biegeelemente und Gelenke ermöglicht eine flexible Positionierung der prothetischen Hand- und Fingerstellung und wirkt sich dadurch auf die funktionale Nutzbarkeit positiv aus.

Entscheidend ist neben einer differenzierten Materialauswahl die Wahl der Einbettungstechnik. Der Stumpf sollte grundsätzlich in einem formkongruenten Vollkontakt-Schaft unter leichter Vor- oder Nachkomprimierung eingebettet werden. Dies ist selbst bei empfindlichen Stumpfregionen wie zum Beispiel bei knöchernen Stumpfen durch die Einarbeitung gefüllter Areale zu erreichen. Der Vollkontakt wirkt sich nicht nur positiv auf den Tragekomfort und die Vermeidung von Schweißbildung aus, sondern ermöglicht zudem die optimale Ansteuerung und Führung der Prothese.

Insuffiziente partialhandprothetische Versorgungen – hier sei in erster Linie an Konstruktionen mit zu festen und unflexiblen Materialien wie zum Beispiel PVC gedacht – können in den seltensten Fällen einen adäquaten funktionalen oder ästhetischen Ersatz leisten. Noch funktionierende Gelenke wie zum Beispiel das Daumengrundgelenk oder das Handgelenk werden durch insuffiziente Versorgungen mit Reiß- oder Klettverschlüssen zu funktionslosen Bewegungseinheiten degradiert, was der ohnehin schon funktionsbeeinträchtigten Hand einen weiteren Funktionsverlust beschert (Abb. 6). Hinzu kommt, dass das Material PVC keine elastischen Eigenschaften aufweist. Die daraus häufig entstehende Stumpf-Schaft-Pseudarthrose limitiert eine funktionale Nutzung der Handprothese erheblich. Die zumeist angeführte Wirtschaft-

lichkeit dieser Versorgungsmethode ist – gemessen an ihrer reduzierten Haltbarkeit, dem geringen funktionellen Output sowie der mangelnden Tragebegeisterung und Akzeptanz seitens der Betroffenen – in Frage zu stellen.

#### 4.2 Ästhetische Funktion – Wiederherstellung des Körperbildes

Die ästhetische Funktion einer partiellen Handprothese äußert

eng mit seiner Identität verbunden. Der Verlust von Fingern oder der Hand kann daher für den Betroffenen häufig auch einen Verlust der Identität bedeuten.

Viele finger- und handamputierte Patienten schildern bereits beim Erstgespräch den Eindruck, dass sich die Aufmerksamkeit ihres gesamten Umfeldes auf die fehlende Gliedmaße beziehungsweise die Amputation fokussiere. Speziell bei

Patienten, die in einem öffentlichen Arbeitsgebiet (wie Büro, Verkauf, etc.) tätig sind, ist eine Korrelation zwischen der psychischen Belastung und der Situationsbewältigung zu erkennen. Nicht selten trifft man Patienten, die zum Beispiel seit Jahren einen Handstumpf mittels täglicher Anbringung von Pflastern oder Verbänden verbergen.

Der Wunsch des amputierten Patienten nach der Wiederherstellung seiner körperlichen Integrität

sollte daher nicht als bloßer Wunsch nach einer schönen Optik abgetan werden, sondern vielmehr als Aufgabe begriffen werden, deren Bewältigung die Not und den psychischen Leidensdruck vieler Betroffener lindern könnte. In diesen Fällen sollte bei der Gestaltung der Prothese erhöhtes Augenmerk auf eine detaillierte und individuell angepasste Kolorierung sowie die optimale Formimitation des prothetischen Ersatzes gelegt werden.

## 5. Modelltechnik

Bei der prothetischen Versorgung der Hand hat sich die Gips-Abdrucktechnik als alleinige Abformtechnik aufgrund ihrer fehlenden Übertragung der detaillierten Stumpfsituation als ungenügend erwiesen. Es empfiehlt sich stattdessen die Abdruckmethode mit Alginaten und Silikonen. Bei stabilen und festen Stumpfverhältnissen kann der Abdruck mit Alginaten durchgeführt werden. Hingegen sollten zur formkongruenten Imitation von weichteiligen Finger- und Handstümpfen flüssige RTV-Sili-

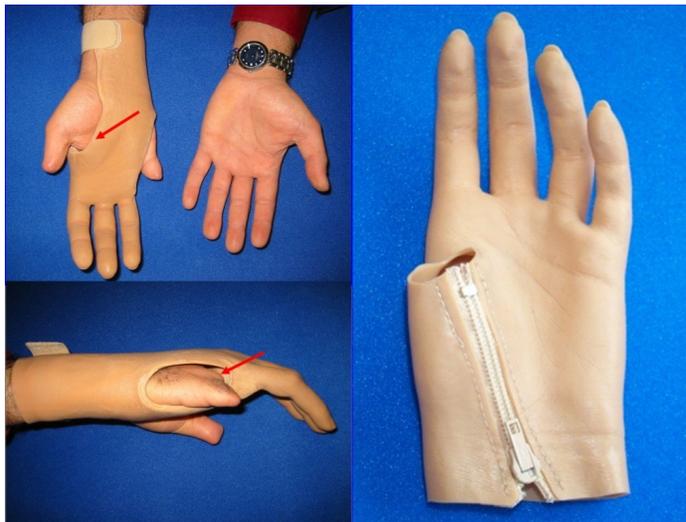


Abb. 6 Insuffiziente Versorgungen aus PVC wirken sich limitierend auf die funktionalen Möglichkeiten aus.

sich über ihre angepasste Form- und Farbgebung. Die möglichst unauffällige Wiederherstellung einer anatomisch korrekten oder intakten Form der Hand ist – besonders bei entstehend wirkenden Deformationen an der Hand – für viele Betroffene oftmals viel wichtiger als die rein funktionale Wiederherstellung. Andererseits soll nun nicht der Eindruck erzeugt werden, dass heutzutage jede partielle Handamputation einer prothetischen Versorgung unterzogen werden müsse. Manche Amputierte sind durchaus in der Lage, sowohl den funktionalen, den gestikulären als auch den visuellen Verlust partieller Handbereiche ohne Hilfsmittelversorgung zu kompensieren.

Dennoch sollte dies nicht darüber hinwegtäuschen, dass viele Betroffene wegen der verlorenen Funktion und der Entstellung eines permanent sichtbaren Körperorgans auch einem erheblichen Leidensdruck ausgesetzt sind. Die Hand ist die Gliedmaße, die der Mensch permanent vor Augen hat. Sie steht in direkter Verknüpfung zu seinen kognitiven und intellektuellen Fähigkeiten und ist dadurch

konmassen mit einer geringen Tropfzeit verwendet werden.

Diese Abdrucktechnik wird in zwei Stufen durchgeführt. Zunächst wird mit einem Pinsel eine erste dünne Schicht auf den Handstumpf aufgebracht. Unter Zuhilfenahme eines Heißluftgebläses kann diese erste Schicht rasch zur stabilen Grundvernetzung getrocknet werden. Anschließend wird eine zweite stabilisierende Außenschicht aus dem gleichen Material, jedoch in thixotropiertem Zustand, aufgebracht. Dadurch kann ein gleichmäßiger Mantel zur Stabilisation des Formabdruckes erzeugt werden. Nach Einleitung der stabilen Vernetzungsphase kann der exakte Situationsabdruck schonend von dem Finger- oder Handstumpf entfernt werden. Während der Abdrucknahme ist darauf zu achten, dass sich der Finger- beziehungsweise Hand-Stumpf in einer lockeren und entspannten, also in den Gelenken leicht flektierten Position befindet (Abb. 7).

Bei sensiblen Stumpfverhältnissen sollte die Abdrucknahme mit einem normal abbindenden Alginate durchgeführt werden. Zur Erlangung der optimalen Form- und Strukturimitation der partiellen Handprothese empfiehlt sich zudem die Durchführung eines Alginateabdruckes von der gesunden Handseite.

## 6. Materialauswahl

In den letzten Jahren hat sich in der Herstellung von Partialhandprothesen zunehmend der Einsatz des Werkstoffes Silikon bewährt [6, 7, 8, 9].

Silikone bieten hautähnliche Eigenschaften und werden aufgrund des hohen Tragekomforts sehr gut akzeptiert. Gegenüber herkömmlichen Schaftmaterialien verfügt das Silikon über deutliche Gebrauchsvorteile [1]:

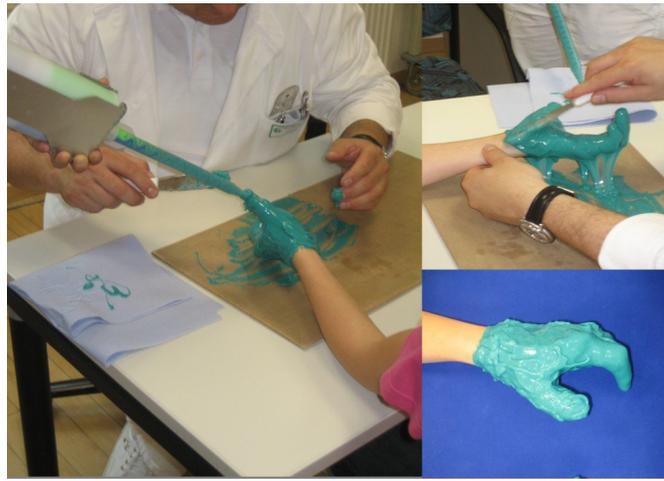


Abb. 7 Durchführung eines Silikon-Detailabdruckes der amputierten Hand.

### Verbesserung der adhäsiven Eigenschaften

Der Werkstoff Silikon bietet verbesserte Haftungseigenschaften zwischen Körper und Prothese und führt dadurch zu einer spürbaren Reduktion der Stumpf-Schaft-Pseudarthrose.

### Verbesserung des adaptiven Verhaltens

Die Elastizität des Werkstoffes Silikon erlaubt eine vollkontaktige Einbettung des Amputationsstumpfes unter leichter Kompression. Dadurch können bei vielen partialhandprothetischen Versorgungen noch vorhandene Fingerfunktionen den vollen Bewegungsumfang erfüllen.

### Verbesserung der antiallergenen Eigenschaften

Die hohe Hautverträglichkeit und Biokompatibilität des Silikons führen zu einer deutlichen Reduktion allergischer Reaktionen bei Patienten mit empfindlichen Hautverhältnissen.

### Verbesserung des Tragekomforts

Das Silikon ermöglicht es, unterschiedliche Materialhärten in einer homogenen Oberfläche an die patientenspezifischen Anforderungen individuell anzupassen. Infolgedessen berichten vor allem Patienten mit sensiblen Stumpfverhältnissen von einer erheblichen Verbesserung des Tragekomforts.

### Verbesserung der hygienischen Eigenschaften und Pflegebedingungen

Im Vergleich zu herkömmlichen Werkstoffen der Prothetik ist das Silikon wesentlich Schmutz resistenter und leichter zu reinigen. Bei groben Verunreinigungen kann eine Silikonprothese im Autoklav gereinigt und desinfiziert werden.

### Verbesserung der Gebrauchseigenschaften (Haltbarkeit, Reparaturanfälligkeit, Wasserbeständigkeit)

Die mechanischen Eigenschaften von HTV-Silikon wurden in Verbindung mit dem anschmiegsamen (adhäsiven) Trageverhalten von keinem anderen Werkstoff in dieser Kombination erreicht. Daher fallen Reparaturen und Nacharbeiten im Vergleich zu den herkömmlichen Materialien deutlich geringer aus.

Partialhandprothesen aus Silikon sind wasserbeständig, können wasserdicht zugerichtet werden und verfügen dadurch über einen erweiterten Einsatzbereich im Vergleich zu traditionellen Prothesensystemen.



Abb. 8 Schematische Probeprotese zur Bestimmung von Form und Stellung der Habitushand.

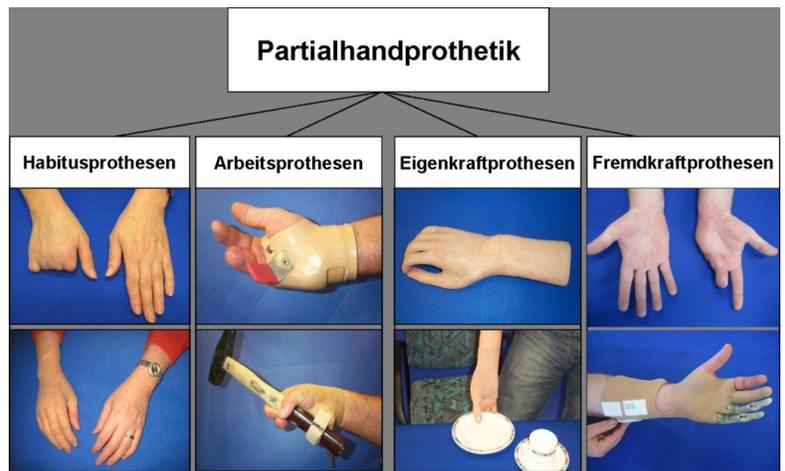


Abb. 9 Prothesenarten in der Partialhand-Prothetik.

### Verbesserung der ästhetischen Gestaltungseigenschaften

Die Arbeit mit dem transluzenten oder transparenten Werkstoff Silikon ermöglicht eine individuelle Farbabstimmung und somit eine exakte Anpassung an die Hautfarbe des Patienten. In Kombination mit der geschmeidigen Oberfläche des Silikons entsteht ein weitgehend hautähnlicher Gesamteindruck der Prothese.

Einen wesentlichen Einfluss auf die Konstruktion und die Eigenschaften der Prothese übt die Härte des verwendeten Silikons aus. Spezielle Anforderungen und Wünsche der Patienten können entsprechend berücksichtigt werden. So kann beispielsweise bei gleichem Amputationsniveau in einem Versorgungsfall ein weicher Innenhandaufbau für die Gewährleistung eines gefühlsidentischen Händedrucks wichtig sein, für einen anderen Versorgungsfall hingegen eine feste Konstruktion für die Gewährleistung mechani-

scher Funktionen im Vordergrund stehen.

## 7. Probeprotese

Die prothetische Versorgung mit Partialhandprothesen aus Silikon bedarf zunächst der Anfertigung einer Probeprotese (Abb. 8). Diese wird mit einem reinen Funktionsaufbau versehen und besitzt nicht die Eigenschaft einer körperlichen Wiederherstellung.

Da die Schafftechnik in einer leicht komprimierenden und teilelastischen Vollkontakttechnik angefertigt wird, kann mit einer Probeprotese zunächst die exakte und optimale Bettung des Stumpfvolumens ermittelt werden. Weil an der amputierten Hand oftmals noch einzelne Finger vorhanden sind, müssen sowohl die Länge als auch der Umfang der entsprechenden Austrittsstellen an der Probeprotese definiert werden. Ebenso wird mit der Probeprotese Länge und Volumen des Handgelenkabschluss-

ses patientenspezifisch ermittelt. Während der probeprothetischen Versorgung werden sowohl die bestmögliche funktionale Stellung der Prothesenhand als auch die Länge der einzelnen prothetischen Finger definiert.

Als oberstes Gebot kann für alle partialhandprothetischen Versorgungsarten definiert werden, dass bei der Gestaltung des Prothesenschaftes jegliche limitierenden Auswirkungen auf noch vorhandene Funktionen der amputierten Hand vermieden beziehungsweise auf ein Minimum reduziert werden müssen.

Die Probeprotese ist daher ein unverzichtbares Medium zur Ermittlung einer qualitativen und funktionalen Prothesenversorgung.

## 8. Prothesenarten in der Partialhand-Prothetik

Die Partialhandprothetik lässt sich in Anlehnung an die Funktionen sowie die Steuerungs- und

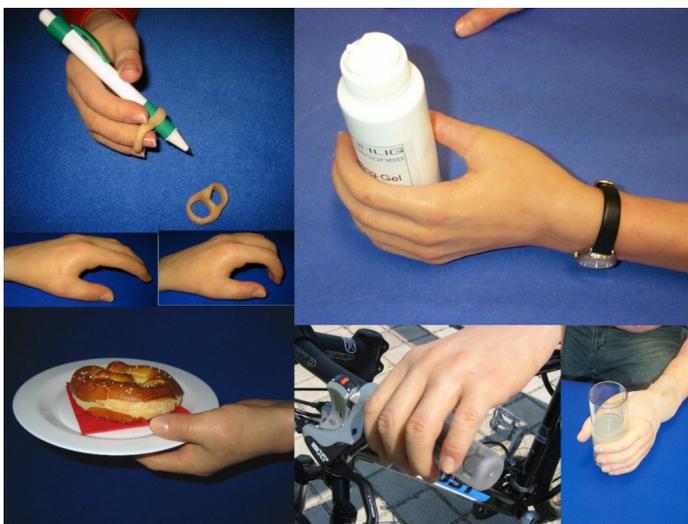


Abb. 10 Funktionale Nutzung passiver veränderbarer Handsysteme.

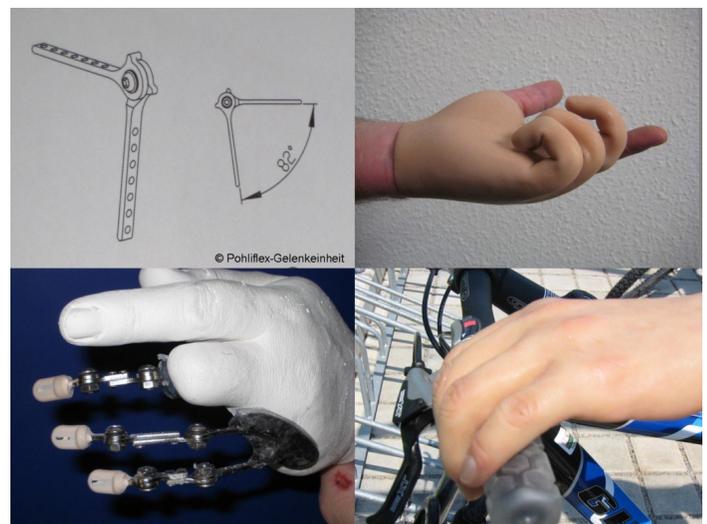


Abb. 11 Rastergelenk Pohliflex zur Justierung der Fingergelenke.

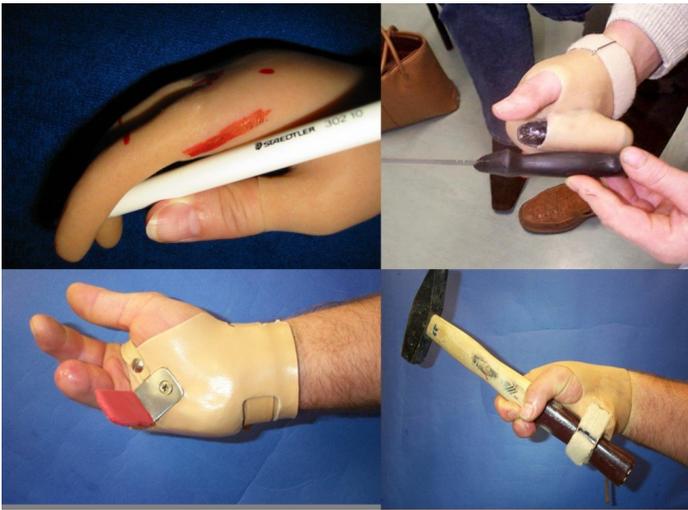


Abb. 12 Partialhand-Arbeitsprothesen zur funktionalen Nutzung.



Abb. 13 Partialhand-Eigenkraftprothese aus Silikon mit Carbon-Spiralstabilisation im Probe- und Definitivzustand.

Bedienmechanismen in vier Arten unterteilen (Abb. 9):

### 8.1 Partialhand-Habitusprothesen

Der von Gröpel [4] geprägte Begriff der Habitusprothese beschreibt die Bedeutung und Funktion dieser Versorgung am treffendsten. Oft stolpert man über den Begriff der „Schmuckprothese“: Leider befindet sich dieser Ausdruck noch immer im Wortschatz vieler Verordner. Diese Bezeichnung sollte der Vergangenheit angehören. Das Schmücken – in diesem Sinne also die Verschönerung – eines Menschen hat gesellschaftlich gesehen einen anderen Bezug als die Wiederherstellung eines körperlichen Defektes nach einer Amputation. Davon abgesehen sollte man einer adäquaten Partialhand-Habitusprothese weit mehr Bedeutung als die einer reinen Schmuckfunktion beimessen.

Habitusprothesen haben die Aufgabe, die Erscheinung, die Körperhaltung sowie die äußere Gestalt der amputierten Gliedmaße wieder herzustellen. Sie besitzen einen passiven Handaufbau, wobei der prothetische Ersatz der Finger im günstigen Fall in unterschiedliche Handstellungen positioniert werden kann. Dadurch können auch passive Prothesensysteme eine funktionale Bedeutung beim Halten, Führen und Bewegen von Gegenständen beanspruchen (Abb. 10). Feinmotorische Anforderungen können hingegen mit diesem Prothesentyp nicht erfüllt werden.

Die Neuentwicklung eines in seiner Griffkraft justierbaren Rastergelenkes mit oder ohne Arretierungsmöglichkeit rundet das Angebot für

eine möglichst effektive funktionale Nutzung der Prothese ab (Abb. 11).

Der konstruktive Aufbau der Habitusprothese sollte sich an der Beschaffenheit der Stumpfverhältnisse orientieren. Knöchern empfindliche oder durch Spalthaut sensible Handareale sollten mit einem weichen integrierten Gelareal vollkontaktig gebettet werden. Die Einbettung beweglicher und noch funktionaler Stumpfareale sollte möglichst flexibel und elastisch erfolgen, damit die bestmögliche Funktionalität der Hand erreicht werden kann.

Der prothetische Ausgleich großflächiger Defekte sowie der Ersatz der einzelnen Finger wird in einer Sandwich-Bauweise durchgeführt, wobei der Kernaufbau der Hand einschließlich der funktionalen Justiereinheiten mit einem Silikon-schaum erfolgt. Dadurch kann das Gewicht der Prothese deutlich reduziert werden. Dass ein niedrigeres Gewicht zu einer verbesserten Bedienung der Handfunktion führt, haben schon viele Prothesenträger geäußert.

### 8.2 Partialhand-Arbeitsprothesen

Partialhand-Arbeitsprothesen können in unterschiedlichen Ausfertigungen gefertigt werden. Der Einsatz sogenannter Arbeitsprothesen sollte dann erfolgen,

- wenn spezielle Funktionen erforderlich werden, die mit den gewöhnlichen partialhandprothetischen Versorgungssystemen nicht gewährleistet werden können,
- wenn eine Integration spezifischer arbeitstechnischer Werkzeuge in die Prothesenkonstruk-

tion gefordert ist (Abb. 12),

- wenn durch das berufliche Umfeld erhöhte Belastungsanforderungen an die prothetische Konstruktion gestellt werden,
- wenn die arbeitsplatztechnischen Anforderungen oder Vorgaben durch herkömmliche Prothesenhandsysteme nicht erfüllt werden können.

Da bei einer Arbeitsprothese die Funktionalität im Vordergrund steht, erfolgt der Aufbau der Schaftbettung in der Regel mit steiferen Verstärkungsmaterialien, vereinzelt auch mit speziellen integrierten Adaptern und Werkzeugen sowie höheren Shore-Härten. Partialhand-Arbeitsprothesen können jedoch auch wie normale Habitus-Handsysteme ausgeführt werden. Sie werden dann oftmals auf die rein funktionalen Eigenschaften reduziert, das heißt, der individuelle Farbaufbau wird lediglich zweifarbig gestaltet. Die Verwendung höherer Shore-Härten reduziert zwar die Haptik und das Aussehen der Prothese, erlaubt gleichzeitig jedoch eine höhere Belastung der Prothese. Daher werden diese Prothesen auch für Personen in technischen Berufen fertiggestellt, wie zum Beispiel für Automechaniker, Fabrik- und Werkstattarbeiter.

### 8.3 Partialhand-Eigenkraftprothesen

Die Anwendung von Eigenkraftprothesen beruht auf der Nutzung kombinierter körpereigener Ressourcen wie Kraft und Bewegung. So können noch vorhandene Beuge- und Streckmechanismen der nächstliegenden Gelenke zur funk-

tionalen Ansteuerung von mechanischen Prothesengelenken oder Handkonstruktionen genutzt werden. Entscheidend ist hierbei immer der Bewegungsumfang des genutzten und noch vorhandenen Gelenkes.

In der Partialhand-Prothetik kann beispielsweise eine noch vorhandene Flexions-Extensionsbewegung des Handgelenks zur Betätigung einer groben prothetischen Greiffunktion genutzt werden (Abb. 13). Dabei gilt es darauf zu achten, dass die am Greifvorgang beteiligten Finger der Prothesenhand möglichst rigide und unachgiebig gestaltet werden, da sonst ein Kraft- und Funktionsverlust entsteht. Die prothetische Konstruktion, die aus einem Silikonhülle sowie einem spiralförmigen Stabilisationselement aus Carbonfaser besteht, sichert den Griff über das Wirkprinzip der Dreipunkte-Korrektur.

Ein weiteres Funktionsprinzip zur funktionalen Ansteuerung einer Partialhandprothese liegt in der Nutzung von Zugelementen. Durch die Wegverlängerung zwischen der Flexions- und Extensionsbewegung eines oder mehrerer Gelenke können geschickt angebrachte Funktionszüge an Prothesenelementen oder Zugbandagen gelenkbewegliche Finger- oder Handkonstruktionen ansteuern [5].

Dass diese Methode zur Ansteuerung einer eigenkraftgesteuerten Handkonstruktion schon seit Jahrhunderten in den Köpfen versierter und engagierter Techniker geistert, belegen die handwerklich anspruchsvollen Arbeiten und Zeitdokumente zum Beispiel von

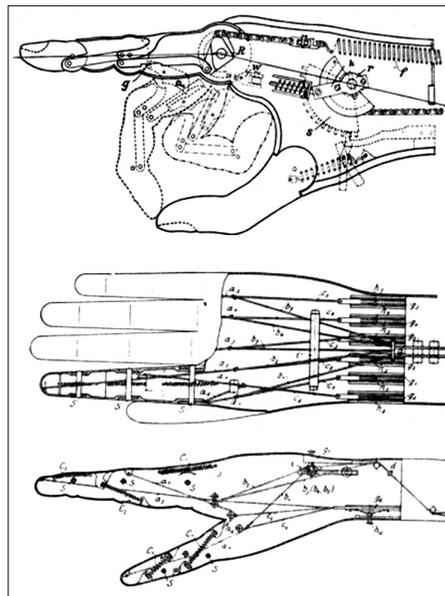


Abb. 14 Historische zug- und riemengesteuerte Handkonstruktionen von Eichler (1836, unten) und Bethé (1916, oben).

Eichler (1836) (Abb. 14) und Ballif (1916) aus dem 19. und 20. Jahrhundert [3].

#### 8.4 Partialhand-Fremdkraftprothesen

Das Versorgungsgebiet der fremdkraftgetriebenen Partialhandprothesen kann als neues und zukunftsorientiertes Prothetikkonzept erstmals angesprochen werden.

Weltweit arbeiten verschiedene Forschungs- und Orthopädie-Technikergruppen an der Realisation aktiv beweglicher und ansteuerbarer Fingersysteme mit der Zielsetzung einer Verbesserung der prothetischen Handfunktion und somit der Ermöglichung eines funktionalen Zugewinns.

Zur Ansteuerung der motorgetriebenen Finger können bewährte Myo-Elektroden oder Drucksensoren

eingesetzt werden. Die myoelektrisch oder druckgesteuerten Signale werden über einen Controller aufgenommen und als Signale zur Ansteuerung der Prothesenfinger genutzt.

Einen zentralen Part nehmen die Programmierungsmöglichkeiten der jeweiligen Finger-Controller ein. Als besonders wichtig erscheint die wählbare Option, mehrere Prothesenfinger sowohl separat mit mehreren Signalen als auch synchron mit zwei Signalen (Flexion/Extension) anzusteuern.

Das weltweit erste am Markt erhältliche Prothesensystem ProDigits wurde von dem schottischen Unternehmen Touch Bionics erstmals im Rahmen des ISPO-Weltkongresses 2007 in Vancouver vorgestellt. Erste Anwenderberichte folgten auf verschiedenen internationalen Kongressen von Lake, Uelendahl und Schäfer (Abb. 15).

Während sich die ersten Versionen dieses drehmotorgesteuerten Protheseningers mit firmenfremden Kontrollsystemen etwas schwach und langsam darstellten, konnten die Anforderungen zwischenzeitlich durch eine firmeneigene Kontrolleinheit optimiert werden. Die Aufbauhöhe der Fingerbasis kann im Einzelfall durch materialabtragende Maßnahmen optimiert werden.

Ein neues Fingersystem aus deutschen Landen wird durch das Vincent-Fingersystem (Abb. 16) repräsentiert. Als Komplettsystem zeichnet es sich neben seiner geringen Aufbauhöhe durch eine gute Griffkraft und eine respektable Griffgeschwindigkeit aus. Durch modulare dünnwandige Aufbaulemente

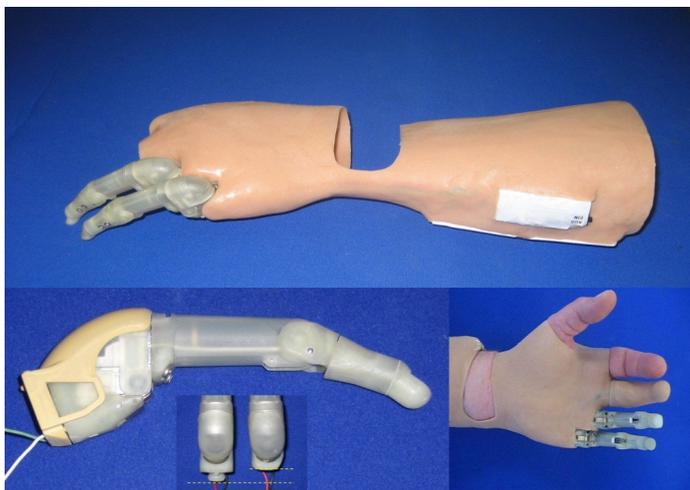


Abb. 15 Fremdkraftgetriebenes Fingersystem ProDigits von Touch Bionics.

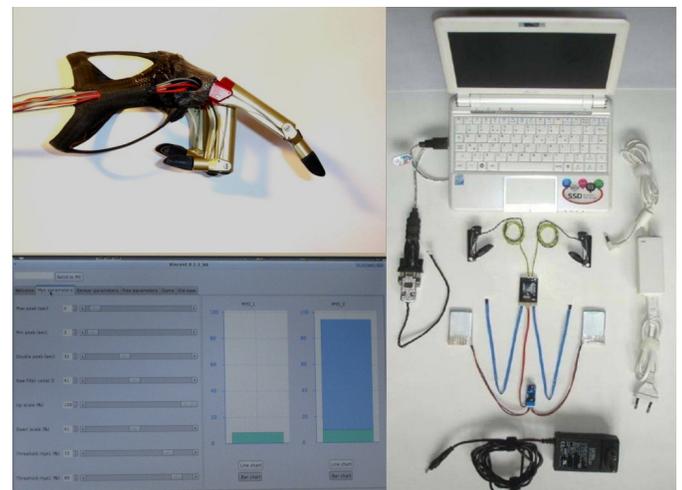


Abb. 16 Vincent-Fingersystem mit Computer-Interface zur Programmierung.

können diese aktiven Fingereinheiten platzsparend an die meisten Amputationsbedingungen angepasst werden. Die Ansteuerung kann entweder über Myo-Elektroden oder Drucksensoren erfolgen. Eine zusätzliche Ansteuerungsoption bietet der Hersteller durch die Verwendung signalerzeugender Biegesensoren. Über den Controller besteht eine Schnittstelle zu einer Justier-Software mit PC-Oberfläche. Hier können die einzelnen Komponenten beziehungsweise die gemessenen Schwellwerte und Empfindlichkeiten fein justiert werden.

Eine große Herausforderung in der partialhandprothetischen Versorgung mit aktiven Fremdkraftprothesen liegt in der Herstellung eines adäquaten kosmetischen Schutzüberzuges. Durch die Individualität der Formen und der wechselnden Höhen der Versorgungsniveaus gestaltet sich die Herstellung einer standardisierten kosmetischen Schutzverkleidung als schwierig. Momentan wird daher intensiv an diversen kosmetischen Versorgungsmöglichkeiten gearbeitet.

Die fremdkraftgetriebenen Finger-Systeme sind zurzeit nur über wenige ausgewählte Zentren erhältlich. Während das ProDigits-System durch die Firma Touch Bionics bereits aktiv beworben wird, befindet sich das Vincent-System aktuell noch in der Phase der klinischen Evaluation. Das Vincent-System wird voraussichtlich Ende 2010 am Markt erhältlich sein.

Der Einsatz dieser Systeme muss sehr genau abgewogen und ein

funktionaler Zugewinn im Einzelfall gezielt geprüft werden. Eine Test- oder Probeversorgung ist in diesem Zusammenhang unverzichtbar.

## 9. Schlussbemerkung

Betrachtet man die Fortschritte in der prothetischen Versorgung nach partiellen Handdefekten, so lassen sich die Entwicklungen der letzten Jahre als wichtige Impulsgeber für die Zukunft deuten. Die Verbesserung der funktionalen Eigenschaften kann neben einer Wiederherstellung der Körperform und -gestalt als die zentrale Forderung in der prothetischen Versorgung angesehen werden.

Es werden jedoch noch viele Denkansätze zur Optimierung der nutzbaren Eigenschaften partialhandprothetischer Versorgungen vonnöten sein.

Gemessen an den vielfältigen sensorischen und motorischen Eigenschaften der menschlichen Hand bewegt sich die Prothetik nach wie vor auf einem bescheidenen Basisniveau. Trotz erfreulicher Fortschritte und innovativer Entwicklungen wird es auch in Zukunft in diesem Versorgungsbereich noch viel zu tun geben.

**Der Autor:**  
*Michael Schäfer, OTM*  
*Pohlig GmbH*  
*Grabenstätter Str. 1*  
*83278 Traunstein*

### Literatur:

- [1] Baumgartner, R., P. Botta: Amputation und Prothesenversorgung, 3. vollständig überarbeitete Auflage, Thieme-Verlag, 2008
- [2] Beasley, R. W.: Symposium Management of Upper Limb Amputations, Saunders Verlag, Vol. 12, Nr. 4, 1981
- [3] Gocht, H., R. Radike, F. Schede: Künstliche Glieder, zweite umgearbeitete Auflage, Enke Verlag (1920), 199-202
- [4] Greitemann, B., H. Bork, L. Brückner: Rehabilitation Amputierter, Prothesentechnik, Gentner-Verlag (2002), 437-466
- [5] Mikosz, M. J.: Cable Driven multi-articulating Fingers, providing compliant Grasp for the Partial Hand Amputee; MEC-Congress New Brunswick, 2008
- [6] Schäfer, M.: Herstellung individueller silikontechnischer Komponenten aus Silikon, Dortmund, Verlag Orthopädie-Technik 49 (1998), 443-449
- [7] Schäfer, M.: Gestaltungskriterien und Klassifikation von individuellen Fingerprothesen aus Silikon, Dortmund, Verlag Orthopädie-Technik 53 (2002), 635-645
- [8] Schäfer, M.: Silikone in der technischen Orthopädie, Berlin, Verlag Tischler MOT 128 (2008), 7-16
- [9] Schäfer, M.: Fingerprothesen aus Silikon – Ästhetische und funktionale Aspekte; Berlin, Verlag Tischler MOT 128 (2008), 27-35

