

## Schaftsysteme im Vergleich

Socket Systems in Comparison

In der vorliegenden Studie werden die Unterschiede zwischen den verschiedenen Schaftformen für Oberschenkelamputierte anhand klinischer und biomechanischer Aspekte untersucht. Es zeigt sich, dass der tuberumgreifende Schaft gegenüber dem tuberunterstützenden Schaft sowohl klinisch als auch biomechanisch Vorteile aufweist. Dagegen sind die Unterschiede zwischen dem tuberumgreifenden und dem ramusumgreifenden Schaft biomechanisch betrachtet eher gering.

In the present study the differences between the various socket designs for transfemoral amputees are examined under clinical and biomechanical aspects. It is evident that the ischial containment socket has clinical as well as biomechanical advantages as compared to the socket supporting the ischial tuberosity. The differences between the ischial containment socket and the ramus containment socket, however, are rather small, seen from a biomechanical point of view.

### Einleitung

Durch die Funktion als Bindeglied („Interface“) zwischen Stumpf und Prothese kommt dem Schaft eine zentrale Bedeutung in der Versorgung Beinamputierter zu. Er wird sogar als der wichtigste Bestandteil einer Prothese bezeichnet [2, 3], da mit der Qualität des Schaf-

greifender oder auch längsovaler Schaft bezeichnet wird. Allerdings ist anatomisch gesehen eigentlich nicht das eher dorsal liegende Tuber ischiadicum, sondern der kaudalste Punkt des Sitzbeinastes gemeint (Abb. 1). Beide Schaftformen werden in der Literatur jedoch immer wieder kontrovers diskutiert [10]. Die ramusumgreifende Schaft-

form, bekannt als „Marlo Anatomical Socket“ [5, 6] oder M.A.S.-Schaft, ist eine Weiterentwicklung der tuberumgreifenden Schaftform. Abbildung 2 zeigt die drei verschiedenen Prothesenschaftstypen anhand der Probeversorgung eines Patienten.

Systematische klinische oder biomechanische Untersuchungen zum direkten Vergleich tuber-

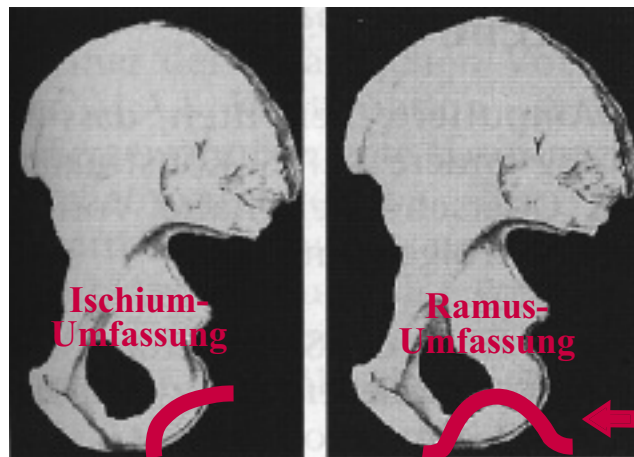


Abb. 1 Vergleich der Lage der Umgreifung aus der Publikation von Ortiz [5].

tes die Versorgung des Amputierten „steht und fällt“ [8]. Der Prothesenschaft ist für die Kraftübertragung beim Gehen und Stehen verantwortlich; er sollte beim Sitzen nicht stören und zudem hautfreundlich sein.

Die älteste Schaftform unserer Studie ist der tuberunterstützende oder querovale Schaft. Dieser Schafttyp hatte jedoch Nachteile, sodass schon Schnur 1952 in seinem Buch die Probleme der Tuberunterstützung auflistete [9]. In den 1980er-Jahren wurde in den USA der sogenannte CAT-CAM-Schaft entwickelt, der anstelle der Tuberunterstützung eine Tuberumgreifung besitzt und daher als tuberum-

umgreifender und ramusumgreifender Schaftformen sind bislang nicht bekannt, es sind jedoch Einzelberichte von Patienten veröffentlicht worden [2] oder im Internet zugänglich [4]. Über Erfahrungen mit der Neu- beziehungsweise Probeversorgung von 26 Patienten nach dem M.A.S.-Prinzip berichtete Piro [7], der dabei auf eine Klassifikation der bis dahin verwendeten Schaftformen verzichtete. Nach einer eintägigen Probeversorgung bewerteten die Patienten dieser Studie die M.A.S.-Versorgung als sehr positiv; sie empfanden wesentliche Vorteile in überwiegend subjektiv bewerteten Kriterien. Bei Baumgartner und Botta [12] findet sich eben-

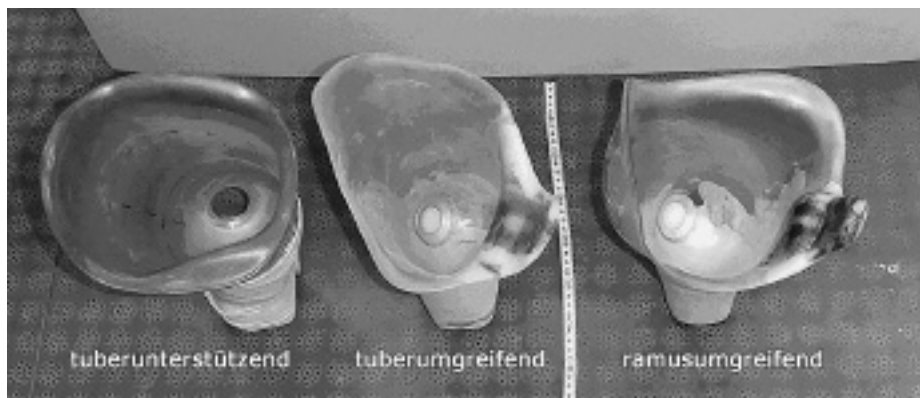


Abb. 2 Beispiel der Konstruktionsprinzipien für Oberschenkelprothesenschäfte anhand der Versorgungen für einen Patienten.

falls ein auf klinischen Bewertungen basierender Vergleich der drei Schaftformen.

Nachdem die klinische Prüfstelle in einer klinisch-biomechanischen Studie [11, 12, 13] zeigen konnte, dass die tuberunterstützende Schaftform in allen untersuchten Belangen der tuberumgreifenden Schaftform unterlegen ist, tat sich konsequenterweise die Frage auf, wie ein Vergleich zwischen tuberumgreifenden und ramusumgreifenden Schäften aussieht. Ob die ramusumgreifenden oder auch als anatomische Schäfte bezeichneten Prothesenversorgungen tatsächlich den tuberumgreifenden überlegen sind und den Stand der Technik darstellen, oder ob sie nur für eine bestimmte Klientel von Oberschenkelamputierten die bessere Versorgungsmöglichkeit bieten, sollte in einer weiterführenden Studie untersucht werden. An dieser Stelle sollen erste Ergebnisse des klinisch-biomechanischen Vergleichs der unterschiedlichen Schafttypen vorgestellt werden.

## Material und Methoden

Innerhalb der beiden Studien wurden für jeweils sechs Probanden ein tuberumgreifender und ein tuberunterstützender Schaft beziehungsweise ein tuberumgreifender und ein ramusumgreifender Schaft gebaut. Drei der Probanden bekamen ihre Versorgung mit und drei ohne Linersystem. Auch wurden nur die Schäfte getauscht, sämtliche Passteile wurden übernommen. Nach der Anpassung wurde den Probanden Zeit von einer bis drei Wochen gegeben, um sich an den jeweiligen Schaft zu gewöhnen und eventuell orthopädie-technische Modifikationen durchführen lassen

zu können. Erst danach wurden klinische und biomechanische Messungen durchgeführt. Alle Schäfte waren Klarsichtschäfte aus demselben Material und die untersuchten Probanden gehörten den Aktivitätsklassen 3 und 4 an.

### Klinischer Teil

Für die Untersuchungen zum ramusumgreifenden Schaft wurde der klinische Teil des Prüfprotokolls [11, 13] erweitert. Untersucht wurden zusätzlich die Beweglichkeit im



Abb. 3 Bestimmung der Schwankung der Fußlängsrichtung.

Hüftgelenk mit Prothese sowie die Erprobung des Fahrradfahrens auf zwei Ergometern mit unterschiedlichen Sattelformen. Die Sitzhöhe wurde für jeden Probanden nach seinem Empfinden bestmöglich individuell eingestellt, sodass keine vollständige Streckung am Prothesenknie auftrat.

### Biomechanischer Teil

Die biomechanischen Untersuchungen erfolgten gemäß der bereits veröffentlichten Studien [12, 13] zum Vergleich der tuberumgreifenden und tuberunterstützenden Schäfte. Beispielhaft sollen hier einige Methoden näher erläutert werden.

### Variabilität der Fußlängsrichtung

Um die Reproduzierbarkeit des Prothesensitzes bei wiederholtem An- und Ausziehen zu erfassen, wird als Bestimmtheitsmaß die Schwankung der Fußlängsachse des Prothesenfußes beim normalen Gang gewählt. Wenn die Richtung nach mehrmaligem An- und Ausziehen deutlich schwankt, kann auf einen nur schlecht reproduzierbaren Prothesensitz geschlossen werden. Eine Änderung der Fußlängsrichtung hat unter anderem eine Änderung der Prothesenlänge in der Schwungphase zur Folge. Ein sehr gerade gestellter Fuß führt zu einer Verlängerung, ein nach außen gestellter Fuß bewirkt eine Verkürzung. In der Regel wird die Prothesenlänge auf eine gewünschte Fußaußenstellung optimiert. Um die Veränderung der Fußaußenstellung und damit den Sitz der Prothese zu bestimmen, wird diese mit Hilfe der GaitRite-Matte mehrmals gemessen (Abb. 3).

### Prothesenhub

Der Prothesenhub wird mithilfe des Vicon-Systems untersucht. Dieses besteht aus sechs Vicon-V460-Kameras in Kombination mit zwei Kistler-Kraftmessplatten. Zunächst wird mithilfe der Kameras die Länge des prothetisch versorgten Beins in der mittleren Standphase (ca. 20 bis 30 Prozent des Gangzyklus) berechnet, wenn die Prothese unter Last steht. Als Nächstes wird die Länge der prothetisch versorgten Seite berechnet, wenn der Hüftwinkel in der Schwungphase bei ca. 70 bis 80 Prozent des Gangzyklus wieder denselben Flexionswinkel erreicht hat (Abb. 4). Die Differenz zwischen diesen beiden Längen ergibt dann den Prothesenhub [12].

### Ganganalyse

Die Ganganalyse besteht aus zwei Untersuchungen:

1. Gangspuruntersuchung mit einer elektronischen Gangmatte

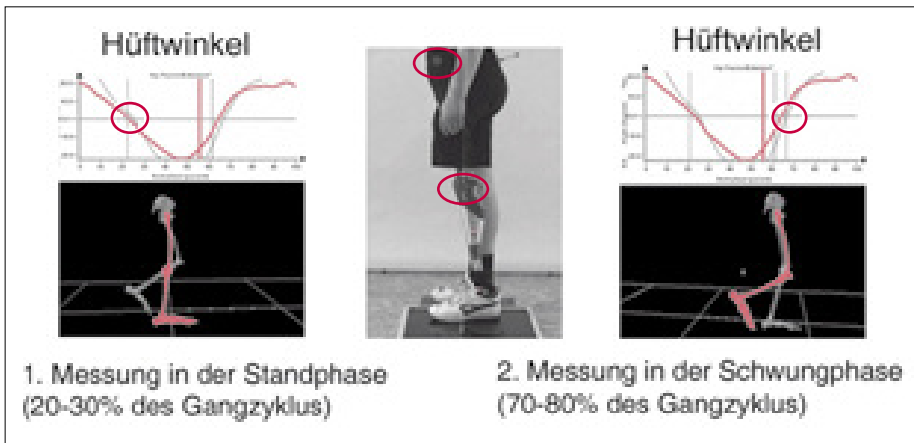


Abb. 4 Schematische Darstellung der Mess- und Berechnungsdurchführung zum Prothesenhub.

(GaitRite) zur Bestimmung von Geschwindigkeit, Schrittlänge, Schrittfrequenz, Standphasendauer und eventueller Links-Rechts-Unterschiede (Asymmetrien),

2. Kinematische und kinetische Datenerfassung mit dem Vicon-System zur Bewegungsanalyse. Messung kinetischer und kinematischer Daten im Gehen (Bodenreaktionskräfte, Winkel, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen sowie Hüft- und Knie-momente).

## Ergebnisse

### Klinisch

Es konnte unter anderem bestätigt werden, dass der ramusumgreifende Schaft eindeutige Vorteile in Bezug auf die Beweglichkeit des prothesenversorgten Beines für die Beugung und die Außenrotation bietet. Auch Rad fahren ist mit dem ramusumgreifenden Schaft leichter, da aufgrund der Lagebeziehung des medialen Schaftendes zum Sattel ein Verhaken der Prothese unter dem Sattel verhindert werden kann.

Prothesenhub in mm	tuberumgreifend		ramusumgreifend	
	mit Liner (N=3)	ohne Liner (N=3)	mit Liner (N=3)	ohne Liner (N=3)
<b>Mittelwert</b>	<b>10,2</b>	<b>5,4</b>	<b>9,5</b>	<b>6,2</b>

Tab. 2 Prothesenhub in Abhängigkeit von Schaftsystem und Liner.

Ein Nachteil der ramusumgreifenden Schäfte konnte jedoch in dieser Pilotstudie nachgewiesen werden. Die Herstellung dieses Schafttyps ist deutlich zeit- und

arbeitsaufwändiger als die eines tuberumgreifenden Schaftes. Neben den üblichen Umfangsmaßen wird für die diagonale Verklammerung des ramusumgreifenden Prothesenschaftes eine Kombination von Distanzmaßen benötigt, die in

	tuberumgreifend		ramusumgreifend	
	Standardabweichung	Maximale Differenz	Standardabweichung	Maximale Differenz
<b>mit Liner (N=3)</b>	1,8°	4,2°	0,8°	1,7°
<b>ohne Liner (N=3)</b>	1,9°	4,1°	1,2°	2,4°

Tab. 1 Variabilität der Fußlängsrichtung in Abhängigkeit vom verwendeten Schaftsystem.

einem definierten Verhältnis zueinander die Prothesensteuerung ermöglichen. Die schon im Gipsabdruck dreidimensional der Beckenform angepasste Ramusumgreifung dient als Basis für eine kraftvektorartige Verspreizung. Erst dadurch wird die niedrige Schafttrandgestaltung machbar. Aus diesem Grund erfordert der ramusumgreifende Schaft ein hohes Maß an Konzentration und Zeiteinsatz bei der aufwändigen Maßnahme und bei der

ben erfordern die volle Mitarbeit des Amputierten, der sich ebenfalls auf die veränderte Stumpfbettung, das aktivere Gehen und die veränderte Prothesenführung einlassen muss. Der Amputierte spürt häufig nach einer anfänglichen Zufriedenheit erst nach einer mehrtägigen Probezeit Nachbesserungsbedarf, was oft zur Erstellung eines weiteren Probeschafes führt.

### Variabilität Fußlängsrichtung

Tabelle 1 zeigt die Standardabweichung sowie die maximale Differenz zwischen den gemessenen Fußaußenstellungen der Prothese beim wiederholten Anziehen. Man erkennt, dass der ramusumgreifende Schaft signifikant rotationsstabiler ist, sowohl bei den mit Liner versorgten Patienten als auch bei denen ohne Liner. Beim wiederholten An- und Ausziehen wird die Fußstellung somit sehr genau re-

produziert. Bei viermaligem Anziehen beträgt die Standardabweichung über alle Prothesenträger gemittelt nur ein Grad, die maximale Differenz liegt bei etwa zwei Grad. Die jeweiligen Werte bei den tuberumgreifenden Schäften sind etwa doppelt so hoch. Dieses Ergebnis zeigt sich nicht nur im Mittel über das Kollektiv, sondern auch bei jedem einzelnen Prothesenträger.

### Prothesenhub

In der Publikation in der OT im Jahre 2008 [12] konnten wir zeigen, dass der Prothesenhub bei Verwendung eines tuberumgreifenden Schaftes signifikant geringer ist als bei der Verwendung eines tuberunterstützenden Schaftes.

Im Vergleich tuberumgreifender versus ramusumgreifender Schäfte gibt es keine Unterschiede zwischen den Schaftsystemen. Sowohl im Mittel über alle Probanden (Tab. 2) als auch bei jedem einzelnen Probanden gab es keine signifikant-

te Differenz zwischen dem gemessenen Prothesenhub in den beiden Schaftsystemen. Man erkennt allerdings, dass die mit einem Liner versorgten Probanden in beiden Schaftsystemen einen größeren Prothesenhub aufweisen als die ohne Liner Versorgten. Die Ursache dafür ist vermutlich in der Zusammensetzung der Probandengruppe mit Liner zu suchen. Hier findet sich ein insgesamt deutlich höherer BMI, die Stümpfe der Probanden sind voluminöser und haben einen größeren Weichteilgewebe-Anteil.

temen zeigt sich bei der Reproduzierbarkeit des Prothesensitzes. Die Abweichung der Fußaußenstellung beim ramusumgreifenden Schaft ist signifikant geringer, das heißt, alle Probanden legten diesen Schafttyp mit größerer Präzision an. Aufgrund der Lage und Winkelstellung der Ramusumgreifung ist dies auch notwendig, da ansonsten die Umgreifung schmerzhaft auf den Schambeinast drückt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen bestätigen, dass der Unterschied zwischen ramusumgreifen-

lich der endgradigen Beugung und der Außenrotation im Hüftgelenk – sowie erhöhten Sitzkomfort und ein leichteres Fahrradfahren möchten, bietet der ramusumgreifende Schaft eine echte Versorgungsalternative. Die erhöhten Anforderungen an Techniker und Patienten müssen vorab aber realistisch dargestellt werden. Spielraum für Näherungslösungen ist bei ramusumgreifenden Konzepten so gut wie nicht gegeben, weder bei der Fertigung der Form noch bei der Nutzung im Alltag.

### Ganganalyse

Während sich in der Ganganalyse zwischen tuberumgreifenden und tuberunterstützenden Schäften deutliche Unterschiede zeigen (Abb. 5), finden sich zwischen tuberumgreifenden und ramusumgreifenden Schäften kaum Unterschiede. Die Probanden können ihr gewohntes Gangmuster in beiden Schaftsystemen gut reproduzieren. Tendenziell zeigt sich jedoch, dass die Probanden mit ihrem favorisierten Schaftsystem leichte Verbesserungen erreichen, und zwar durch Reduktion der Asymmetrie und Entlastung der kontralateralen Seite.

### Diskussion

Die biomechanischen Ergebnisse zeigen nur wenige Unterschiede zwischen dem tuberumgreifenden und dem ramusumgreifenden Schaftsystem. Dies ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass es sich bei beiden Schaftsystemen vom Prinzip her um umgreifende Systeme handelt.

Durch die knöchernen Verklammerung bieten beide Schafttypen einen guten Sitz und eine gute Prothesenführung. In der Ganganalyse sind keine wesentlichen Unterschiede erkennbar; im Allgemeinen bestätigen die Messergebnisse die Auswahl des favorisierten Schaftsystems der Probanden.

Ein signifikanter Unterschied zwischen diesen beiden Schaftsys-

temen und tuberumgreifender Schaftform geringer ist als zwischen tuberumgreifender und tuberunterstützender Schaftform. Im direkten Vergleich sollte eine Umstellung von tuberunterstützenden auf tuberumgreifende Formen nach Möglichkeit bei jedem Patienten angestrebt werden, sofern keine Kontraindikationen bestehen. Es würde sich dann freilich die Frage nach der Indikation einer operativen Stumpfkorrektur (etwa bei Exostosen, Neuomen, Narbenkomplikationen, Kontrakturen oder Weichteilproblemen) oder der Indikation jeglicher prothetischer Versorgung (etwa bei kardiovaskulärer oder cerebraler Insuffizienz, Sehbehinderung, Gleichgewichtsstörung usw.) ergeben.

Die Umstellung von einem tuberumgreifenden auf einen ramusumgreifenden Schaft ist dagegen nur in bestimmten Fällen angezeigt: Bei Patienten, die mit einem tuberumgreifenden Schaft versorgt sind, aber eine Verbesserung der Beweglichkeit suchen – vornehm-

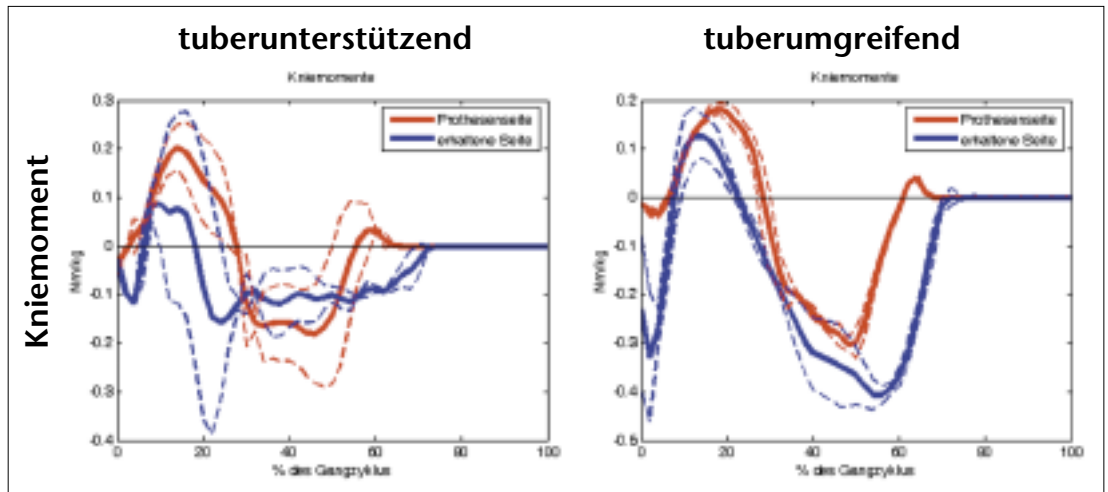


Abb. 5 Beispielhafte kinetische Daten eines Patienten bei der Verwendung von tuberunterstützendem und tuberumgreifendem Schaft.

Da in der vorliegenden Studie ausschließlich Probanden untersucht wurden, die bereits seit Jahren auf hohem Aktivitätsniveau mit Prothesen versorgt waren, sind die getroffenen Aussagen nicht ohne weiteres auf Erstversorgungen und Patienten mit niedriger Aktivitätsklasse übertragbar. Auch zur Kombination verschiedener Passteilkomponenten wie Kniegelenke oder Prothesenfüße sind keine systematischen Aussagen formulierbar, da – dem Studiendesign gemäß – diese Prothesenteile unverändert in beide Studienprothesen übernommen wurden. Gegebenenfalls bieten sich hier Ansatzpunkte für weitere Untersuchungen.

### Fazit

Der tuberunterstützende Schaft ist nach unserer Erkenntnis dem tuberumgreifenden Schaft in jeglicher Hinsicht unterlegen [4]. Jedoch ist der Unterschied zwischen dem tuberumgreifenden und dem ramusumgreifenden Schaft sowohl

in klinischer als auch in biomechanischer Hinsicht geringer, als dies nach der vorliegenden Literatur zu erwarten gewesen wäre. Für die Differenzialindikation sind neben den im engeren Sinne orthopädischen Parametern auch die Kontextfaktoren präzise zu erfassen. Der erhebliche Mehraufwand beim ramusumgreifenden Schaft – für den Techniker wie für den Patienten – ist klar darzustellen und bei der Entscheidung für eine Umstellung zu berücksichtigen. Die Umstellung auf einen ramusumgreifenden Schaft sollte nur angestrebt werden, wenn trotz einer suffizienten Versorgung mit einem tuberumgreifenden Schaft Ansprüche des Patienten unbefriedigt bleiben, wie zum Beispiel die an die endgradige Beugung oder die Außenrotation des prothesentragenden Beines, an den Komfort im Sitzen oder an das Fahrrad-

fahren, und wenn darüberhinaus beim Patienten die Bereitschaft zu intensiver Mitarbeit besteht.

Die propagierten Vorteile scheinen tatsächlich in vielen Fällen erreichbar zu sein. Allerdings ist im Vorfeld der Versorgung dem Patienten unmissverständlich der erheblich höhere Aufwand klarzumachen. Die Probanden der vorliegenden Studie waren zwischen acht- und 19-mal zu Anpassungsterminen in der Werkstatt und es wurden zwischen zwei und sechs ramusumgreifende Probeschäfte angefertigt.

#### **Für die Autoren:**

*Dr. Juliane Wühr*

*Klinik und Poliklinik für Technische*

*Orthopädie und Rehabilitation*

*Universitätsklinikum Münster*

*Domagkstr. 3*

*48149 Münster*

#### **Literatur:**

- [1] Baumgartner, R., P. Botta: Amputation und Prothesenversorgung, Stuttgart, Thieme, 3. vollständig überarbeitete Auflage, 2008
- [2] Belitz, G.: Kopernikanische Wende, Erfahrungen mit dem M.A.S. Schaft. Handicap, H. 4, 2004
- [3] Gottinger, F.: Biomechanisch konzipierte, programmoptimierte Schafttechnologie für die Orthopädie-Technik (BPS). Medizinisch-Orthopädische Technik 126 (2006), 65-69
- [4] Ogston, A.: The MAS Socket Diaries, (2005), <http://www.southafricanamputee.co.za/mas.html>
- [5] Ortiz, R. M.: M.A.S.-Konstruktion für Oberschenkelprothesen. Orthopädie-Technik 58 (2007), 240-247
- [6] Pike, A.: A New Concept in Above-Knee Socket Design. The O&P Edge, (2002), [http://www.oandp.com/articles/2002-11\\_01.asp](http://www.oandp.com/articles/2002-11_01.asp)
- [7] Piro, M.: Hält der M.A.S.-Schaft, was er verspricht? Orthopädie-Technik 57 (2006), 348-357
- [8] Schneider, C.: Oberschenkel-schäfte: Transfemoral sockets. Medizinisch-Orthopädische Technik 126 (2006), 61-63
- [9] Schnur, J.: Das Kunstbein: Messen und Bauen, Köthen-Anhalt, Greiner, 1952
- [10] Schuch, C. M., C. H. Pritham: Current Transfemoral Sockets Clin Orthop 361 (1999), 48-54
- [11] Wetz, H. H.: Klinische Prüfstelle für Orthopädische Hilfsmittel: Bericht zum Prüfauftrag „Klassifikation von Schaftsystemen und Stumpfbettungen“ für das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2008).
- [12] Wühr, J.: Vergleich tuberumgreifender und tuberunterstützender Schäfte: klinische und biomechanische Untersuchungen. Orthopädie-Technik 59 (2008), 826-833
- [13] Wühr, J.: Stumpfbewegungen im Schaft bei Oberschenkelamputierten: Untersuchungen mit dem Vicon-3D-Bewegungssystem. Med. Orth. Tech. 127 (2007), 7-12

## **OT 7/10 enthält folgende Beilagen:**

- OT Quarterly
- Rattenhuber GmbH, Freising
- Vaupel Orthopädie-Technik, Geldern

**Wir bitten unsere Leser um freundliche Beachtung.**