



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 32 500 T2** 2006.04.27

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 011 544 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **A61F 2/42** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 32 500.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US97/19894**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 948 149.6**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 98/019637**

(86) PCT-Anmeldetag: **03.11.1997**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **14.05.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.06.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **09.02.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **27.04.2006**

(30) Unionspriorität:

**743717                      06.11.1996              US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, DE, ES, FR, GB, IE, IT, LI, NL, SE**

(73) Patentinhaber:

**Ascension Orthopedics, Inc., Austin, Tex., US**

(72) Erfinder:

**KLAWITTER, J., Jerome, Austin, US; OGILVIE, F.,  
William, Austin, US**

(74) Vertreter:

**HOFFMANN & EITLE, 81925 München**

(54) Bezeichnung: **Metacarpal-phalangischer Gelenkersatz**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf Prothesevorrichtungen und genauer gesagt auf Vorrichtungen zum Ersetzen von metacarpal-phalangealen (MP)-Gelenken eines menschlichen Fingers.

**[0002]** Die US-A-4,231,121 offenbart die Merkmale der Präambel von Anspruch 1.

**[0003]** Der erste längliche Knochen (Mittelhandknochen) an der Basis jedes Fingers ist durch das metacarpal-phalangeal (MP)-Gelenk mit einem proximalen, phalangealen Knochen verbunden. Dieses besondere Gelenk kann unabhängig von dem proximalen oder distalen interphalangealen Gelenk gebeugt oder gestreckt werden. Diese variable reziproke Bewegung, zusammen mit der Opponierbarkeit des Daumens, gestattet das Greifen von Objekten und das von täglichen Funktionen, die für Menschen von kritischer Wichtigkeit sind. Eine Beschädigung des MP-Gelenks durch physische Verletzung oder Erkrankung kann daher eine schwere physiologische Last für betroffene Menschen darstellen.

**[0004]** Rheumatische Arthritis (RA), degenerative Arthritis und posttraumatische Arthrose des MP-Gelenks verursachen endlose Schmerzen und eine schlechte Funktion des Fingers. Patienten, die milde Symptome aufweisen, reagieren oft auf Ruhe, Immobilisierung, nicht-steroidale entzündungshemmende Medikamente oder intraartikuläre Injektionen von Steroiden. Jedoch kann es sein, dass Patienten, die schwerere Form von Arthritis haben, einen Totalgelenkersatz des MP-Gelenks benötigen.

**[0005]** Die üblichste Deformierung bei an RA leidenden Patienten wird durch eine Synovitis des MP-Gelenks induziert, die oft eine Schrumpfung des Gelenkknorpels des MP-Gelenks und Abschwächung der collateralen Ligamentstruktur verursachen. Das Ergebnis ist oft eine palmare Subluxation-Dislokation des proximalen Phalangealknochens, der durch eine Nachgiebigkeit des Beugekomplexes auf der Handtellerseite des MP-Gelenks verursacht wird. Nach Lockerung dieses Beugekomplexes ergibt die Tätigkeit der Beugesehen eine dynamische Kraft, die den proximalen phalangealen Knochen palmar subluxiert-disloziert. Zusätzlich gibt es oft einen sekundären Verlust von Knorpel durch Erosion und oft eine sekundäre Veränderung der Knochenarchitektur, die eine Abflachung des Metacarpalkopfs und Erosion der dorsalen Lippe der proximalen Phalanx erzeugt. Die übliche Lösung ist die Installation eines MP-Prothesegelenks, siehe Linscheid et al., "Total Joint Arthroplasty", Mayo Clin. Proc., 54: 516-526 (1979); jedoch besteht in einem solchen Fall eine Notwendig-

keit für ein Ersatzgelenk, welches der Subluxation-Dislokation des proximalen Phalangealknochens in Palmarrichtung widersteht.

**[0006]** Eine zweite wichtige Designerwägung für prothetische MP-Gelenke ist das Minimieren der Abnutzung zwischen den Gelenkarbeitsoberflächen. Die aufeinander arbeitenden Oberflächen können in einem solchen Ausmaß übereinstimmen, dass biologische Fluide, die normalerweise eine Gelenklubrikation bereitstellen würden, aus dem MP-Prothesegelenk herausgepresst werden. Das sich ergebende "trockene Gelenk" kann eine vergrößerte Reibung zwischen den kongruenten Gelenksflächen erfahren, wie auch ein unkomfortables Reiben und/oder eine "quietschende" Wahrnehmung beim Empfänger erzeugen. Die gesteigerte Reibung zwischen den kongruenten Gelenksflächen kann zu vergrößerter Abnutzung des MP-Prothesegelenks führen, wodurch die Dienstzeit der Prothese vermindert wird. Ein MP-Prothesegelenk sollte vorzugsweise den Ausschluss von biologischem Fluid aus den kongruenten Gelenksarbeitsflächen vermeiden.

**[0007]** Eine andere wichtige Designerwägung für MP-Prothesegelenke ist das Bereitstellen eines allgemein freien Pfades für die seitlichen (kollateralen) Ligamente, welche längs jeder lateralen Seite des MP-Gelenks verlaufen und für die palmaren Ligamente oder Platte. Die seitlichen Ligamente des MP-Gelenks umfassen sowohl fächerartige seitliche Ligamente als auch strangartige seitliche Ligamente. Die fächerartigen seitlichen Ligamente sind an beiden Seiten des distalen Bereichs des ersten metacarpalen Knochens eingefügt und dienen dem Stützen der Palmarplatte (die manchmal die Volarplatte genannt wird), die sich an der volaren Seite der proximalen Phalanx anheftet und einen Teil des MP-Gesamtgelenks bildet. Die strangartigen seitlichen Ligamente sind auch in flachen Vertiefungen an beiden Seiten der dorsalen Seite des distalen Bereichs des ersten metacarpalen Knochens eingefügt und überqueren das MP-Gelenk, um an den lateralen Volarseiten des proximal phalangealen Knochens eingefügt zu werden. Die strangartigen Ligamente sind bei Streckung des MP-Gelenks locker, was eine Speichen-Ellembewegung gestattet und sind während der Beugebewegung gespannt, was eine Speichen-Ellembewegung verhindert. Ein gutes MP-Prothesegelenk-Design sollte solche Ligamente berücksichtigen.

**[0008]** Dementsprechend ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte MP-Gelenkprothese zu konstruieren, welche im wesentlichen die Wiederherstellung der ursprünglichen und natürlichen Funktion an einem beschädigten Finger gestattet. Um die natürliche Bewegung eines beschädigten Fingers wieder herzustellen, sollte das MP-Prothesegelenksdesign einen freien Pfad für das seitliche Ligament bereitstellen, um von dem distal

weisenden dorsalen Gelenksbereich des ersten metacarpalen Knochens zum proximal weisenden Palmargelenksbereich des proximalen Phalangealknochens zu verlaufen.

#### Zusammenfassung der Erfindung

**[0009]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Prothesevorrichtung bereitgestellt, die zum Ersatz eines MP-Gelenks eines menschlichen Fingers entworfen ist, umfassend

ein metacarpales Element mit einem Stammbereich, der dafür geformt ist, in einem metacarpalen Knochenhohlraum aufgenommen zu werden, und einem Gelenkkopfbereich, wobei der Kopfabschnitt eine allgemein kugelförmige Fläche aufweist, um den distalen Gelenkteil eines metacarpalen Knochens zu ersetzen, und einen flachen Schulterabschnitt am Ende des Stammbereichs aufweist, wobei der flache Abschnitt unter einem dorsalen Winkel zwischen  $110^\circ$  und  $120^\circ$  zur Achse des Stammbereichs desselben orientiert ist; und

ein phalangeales Element mit einem Stammbereich, der dafür geformt ist, in einem phalangealen Knochenhohlraum aufgenommen zu werden, und einem Gelenkkopfbereich, der eine konkave Fläche aufweist, die dafür geformt ist, zur kugelförmigen Fläche zu passen und die dafür ausgelegt ist, einen entsprechenden Gelenksteil eines phalangealen Knochens zu ersetzen, und

dadurch gekennzeichnet, dass:

der Gelenkkopf des metacarpalen Elements mit Reliefmitteln in der Form einer an jeder lateralen Seite desselben lokalisierten flachen Fläche versehen ist, welche die ansonsten kugelförmige Fläche unterbricht, so dass am Ort der Schulter der kugelförmige Kopf einen sphärischen Bogen von  $30^\circ$  bis  $90^\circ$  auf der dorsalen Seite des Äquators und einen sphärischen Bogen von  $120^\circ$  bis  $170^\circ$  auf der palmar Seite aufweist, wodurch ein allgemein freier Pfad bereitgestellt ist, um den kollateralen Ligamenten zu gestatten, ohne Interferenz von einer dorsalen/proximalen Kante des Gelenkkopfs des metacarpalen Elements bis zu einer palmaren/distalen Kante des Gelenkkopfs des phalangealen Elements zu laufen.

**[0010]** Die Gelenksoberflächen sind im wesentlichen kongruent, außer hinsichtlich der optionalen Bereitstellung eines nicht-kongruenten Rillenmittels. Ein solches Rillenmittel ist vorzugsweise an der Gelenksoberfläche des Phalangealelements lokalisiert und bevorzugterweise beinhaltet es zwei allgemein orthogonale Rillen, die beide um etwa  $45^\circ$  zur Ebene der Beuge-Streckbewegung orientiert sind. Solche Rillen erleichtern einer synovialen Gleitflüssigkeit jedes Mal, wenn sich das MP-Gelenkselement relativ zueinander bewegt, den Zugang zu den Gelenksflächen.

**[0011]** Der proximale Gelenkkopf des phalangea-

len Elements kombiniert eine allgemein elliptisch geformte Schulter mit einer konkaven Gelenksoberfläche von sphärischer Krümmung in einer Weise, die einen dorsalen Vorsprung und eine Form längs seiner palmar Seite bereitstellt, welche nicht die Anlagerungsorte der kollateralen Ligamente zerreißt, Interferenzen mit dem palmaren Ligament während der Beugung vermeidet und einen freien Pfad für die seitlichen Ligamente bereitstellt. Die konkave, allgemein sphärische Oberfläche des Phalangealelements umgebend, liegt auch ein Rand in Form einer allgemein toroidalen Oberfläche, die einen Teil des dorsalen Vorsprungs bildet, der sich über die Gelenksfläche des Kopfes des Metacarpalelements um eine hinreichende Distanz erstreckt, um so einer volaren Subluxation-Dislokation des proximalen Phalangealknochens in Palmarrichtung zu widerstehen. Dieser toroidale Rand kann zu einer Ebene tangential sein, oder vorzugsweise kann der Kopf des Phalangealelements so geformt sein, dass dieser Rand tangential zu einem kreisförmigen Zylinder ist, so dass die lateralen Bereiche des Randes sich in einer proximalen Richtung erstrecken, so dass die lateralen Regionen des Kopfs eine größere Aufnahme des sphärischen Kopfs des Metacarpalelements bereitstellen, wodurch die Region der sphärischen Oberfläche vergrößert wird, wo es einen Gelenkskontakt gibt, und die Stabilität des Gelenks vergrößert wird.

**[0012]** Der konvexe, allgemein sphärische Kopf des Metacarpalelements weist vorzugsweise ein Reliefmittel in Form eines Paares von lateral davon angeordneten Reliefs auf. Diese Reliefs stellen allgemein freie Pfade für die fächerartigen und strangartigen kollateralen Ligamente bereit, die allgemein längs jeder Lateralseite des MP-Gelenks verlaufen.

**[0013]** Das verbesserte MP-Prothesegelenk verwirklicht die vorgenannten Aufgaben, Merkmale und Vorteile in einer Weise, die aus der gründlichen Erwägung der detaillierten Beschreibung in Verbindung mit den Zeichnungen, in denen illustrative Ausführungsformen der Erfindung gezeigt und beschrieben sind klar ersichtlich ist.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0014]** [Fig. 1](#) ist eine schematische Ansicht, teilweise im Querschnitt, der menschlichen Handknochenanatomie, die die allgemeine Platzierung eines künstlichen MP-Gelenks zeigt.

**[0015]** [Fig. 2](#) ist eine Seitenansicht, welche die Anordnung der seitlichen Ligamente des normalen MP-Gelenks illustriert, wenn der erste Metacarpalknochen und der proximale Phalangealknochen voll ausgestreckt sind.

**[0016]** [Fig. 3](#) ist eine perspektivische Seitenansicht eines MP-Prothesegelenks, das verschiedene Merk-

male der vorliegenden Erfindung ausführt, das metacarpale Element und das phalangeale Element in voller Streckung zeigend, und insbesondere ein Relief zeigend, das lateral im Kopf des metacarpalen Elements geschnitten ist.

[0017] [Fig. 3A](#) ist eine Seitenansicht des MP-Gelenks von [Fig. 3](#) bei Sicht von der gegenüberliegenden Seite.

[0018] [Fig. 4](#) ist eine perspektivische Ansicht eines Phalangealelements von [Fig. 3](#).

[0019] [Fig. 5](#) ist eine teilweise geschnittene Seitenansicht des in [Fig. 3A](#) gezeigten MP-Ersatzgelenks, welche verschiedene relevante Winkel seiner Konstruktion illustriert.

[0020] [Fig. 5A](#) ist eine Draufsicht des Phalangealelements mit einem weggebrochenen Bereich und im Querschnitt gezeigt.

[0021] [Fig. 5B](#) ist eine Seitenschnittansicht längs in Linie 5B-5B von [Fig. 5A](#).

[0022] [Fig. 5C](#) ist eine hintere Schnittansicht des phalangealen Elements längs Linie 5C-5C von [Fig. 5B](#).

[0023] [Fig. 6](#) ist eine Seitenansicht in teilweisem Schnitt eines ersten metacarpalen Knochens und eines proximalen phalangealen Knochens in voller Streckung mit dem dort eingefügten Ersatz-MP-Gelenk von [Fig. 3](#).

[0024] [Fig. 7](#) ist eine Seitenansicht, allgemein ähnlich [Fig. 3A](#), einer alternativen Version eines MP-Prothesegelenks.

[0025] [Fig. 8](#) ist eine Schnittansicht, ähnlich [Fig. 5B](#), des phalangealen Elements des in [Fig. 7](#) gezeigten MP-Gelenks.

[0026] [Fig. 9](#) ist eine schematische Ansicht, welche die Krümmung der proximalen Oberfläche des Kopfes des Phalangealelements relativ zur sphärischen Oberfläche des Metacarpalelements zeigt.

[0027] [Fig. 10](#) ist eine Schnittansicht, die allgemein ähnlich [Fig. 5A](#) ist, längs Linie 10-10 von [Fig. 8](#).

Detaillierte Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen

[0028] Die vorliegende Erfindung ist auf eine Gelenkprothese für den Ersatz eines erkrankten oder verletzten menschlichen Gelenks gerichtet. Die bevorzugte Prothese wird für permanente Implantation in die menschliche Hand ausgelegt.

[0029] Aufgrund der einmaligen Anatomie um das Metacarpal-Phalangeal-Gelenk herum kann dieses Gelenk gebeugt oder gestreckt werden, unabhängig von dem proximalen oder distalen interphalangealen Gelenk. Diese variable reziproke Bewegung, zusammen mit der Opponierbarkeit des Daumens, ist das kennzeichnende Merkmal menschlicher Geschicklichkeit.

[0030] In [Fig. 1](#) wird eine menschliche rechte Hand 10 aus Palmarperspektive gezeigt. Der Zeigefinger enthält eine schematische Repräsentation eines MP-Prothesegelenks 19, das zwischen dem ersten Metacarpalknochen 11 und dem proximalen Phalangealknochen 12 lokalisiert ist. Das MP-Prothesegelenk 19 umfasst ein erstes oder metacarpales Element 13, das in den ersten metacarpalen Knochen 11 implantiert ist und ein zweites oder phalangeales Element 14, das in dem proximalen Phalangealknochen 12 implantiert ist.

[0031] Das Metacarpalelement 13 enthält einen Stammbereich 15, der dafür geformt ist, in den Mark- oder modularen Hohlraum des ersten Metacarpalknochens 11 aufgenommen zu werden, und einen Gelenkkopf 17, der eine allgemein kugelförmige Oberfläche aufweist, die dafür ausgelegt ist, den Gelenkkopf des ersten Metacarpalknochens 11 zu ersetzen. Das Phalangealelement 14 enthält einen Stammbereich 16, der dafür geformt ist, in dem Mark- oder dem medullaren Hohlraum des proximalen Phalangealknochens 12 aufgenommen zu werden, und einen Gelenkkopf 18, der allgemein pfannenförmig und dafür proportioniert ist, zu einer allgemein kugelförmigen Oberfläche des Metacarpalelements zu passen und den entsprechenden Gelenkkopf des proximalen Phalangealknochens 12 zu ersetzen. Die Stämme 15 und 16 sind schematisch mit optionalen Rillen gezeigt, wie im Stand der Technik bekannt.

[0032] In [Fig. 3](#) ist ein verschiedene Merkmale verkörperndes MP-Prothesegelenk 19 gezeigt, wobei das Metacarpalelement 13 und das Phalangealelement 14 jeweils an ihren Enden mit den Köpfen 17 und 18 ausgebildet sind, die Gelenksflächen 21 und 22 der gewünschten zueinander passenden Formen bereitstellen. Der Kopf des Phalangealelements 14 hat eine pfannenförmige Artikulationsfläche 22, die dafür ausgeformt ist, zu einer allgemein sphärischen oder kugelförmigen Artikulationsfläche des Metacarpalelements 13 zu passen, welches vorzugsweise im wesentlichen hemisphärisch ist. Der Kopf 17 ist vorzugsweise ein Abschnitt einer Kugel, die sich um 5 bis 10 Bogengrad über den Äquator erstreckt und der illustrierte Kopf 17 weist einen Hauptbogen von etwa 190° auf, wie am besten in [Fig. 3A](#) und [Fig. 5](#) zu sehen.

[0033] Bei der bevorzugten Ausführungsform ist die Gelenksfläche 22 des Phalangealelements 14 eine

konkave Oberfläche sphärischer Krümmung, die dafür proportioniert ist, zu der konvexen hemisphärischen Oberfläche **21** des Metacarpalelements zu passen, von der sie einen Abschnitt in Gelenkkontakt aufnimmt. Es ist wünschenswert, dass die Oberflächen **21** und **22** so sind, dass ihre passenden Gelenksflächen im wesentlichen kongruent sind. Vorzugsweise haben die Gelenksflächen **21** und **22** entweder denselben Radius oder dieselbe Krümmung oder die Gelenkskonvexoberfläche **21** des Metacarpalelements hat einen Krümmungsradius, der etwas kleiner als der Krümmungsradius des Phalangealelements ist. Solche im wesentlichen kongruenten artikulierenden Oberflächen sollten in so einer Weise passen, dass sie praktisch die Leichtigkeit der Bewegung des natürlichen MP-Gelenks emulieren. Als Ausnahme können jedoch die artikulierenden Oberflächen des Metacarpalelements oder des Phalangealelements oder sowohl von Metacarpals als auch von Phalangealelementen vorzugsweise mit zumindest einer nicht-kongruenten Fluidzugangsrille innerhalb eines artikulierenden Oberflächenbereiches ausgeformt sein, wie nachstehend detailliert beschrieben.

**[0034]** Das distale Ende des ersten metacarpalen Knochens **11** und das proximale Ende des proximalen phalangealen Knochens **12** werden vorzugsweise während der Operation unter einem Winkel aus der Vertikalen geschnitten, um die seitliche Ligamenteneinführung im palmaren Bereich des proximalen phalangealen Knochens **12** und im dorsalen Bereich des ersten Metacarpalknochens **11** zu erhalten. Bevorzugterweise sind die chirurgischen Schnitte allgemein gerade und unter den in [Fig. 6](#) gezeigten Winkeln aus der Vertikalen positioniert. Der chirurgische Schnitt für den Metacarpalknochen sollte zwischen etwa 20 und 30° zur Vertikalen gemacht werden und vorzugsweise bei etwa 25° zur Vertikalen, d.h. bei einem Dorsalwinkel von etwa 110° bis 120° zur Zentrallinie des Metacarpalknochens. Der Phalangealknochen **12** sollte bei zwischen etwa 5° und 15° zur Vertikalen und vorzugsweise bei etwa 10° zur Vertikalen geschnitten werden, d.h. einem dorsalen Winkel von 75° bis 85° zur Zentrumslinie des Phalangealknochens. Spezielle Werkzeuge werden entworfen, um die Knochen akkurat unter den gewünschten Winkeln chirurgisch zu schneiden und die Position der Schnitte auf den langen Achsen des Knochens so zu lokalisieren, dass die richtige axiale Positionierung der metacarpalen und phalangealen Knochen erhalten bleibt und die Anhaftstellen der Ligamente bewahrt bleiben.

**[0035]** [Fig. 3A](#), [Fig. 5](#), [Fig. 5A–Fig. 5C](#) und [Fig. 6](#) zeigen flache Schultern **53**, **55**, welche die Stämme **15**, **16** an den Orten umgeben, wo sie sich mit den Gelenksköpfen **17**, **18** verbinden. Wie in [Fig. 6](#) gezeigt, sitzen die Schultern **53**, **55** vorzugsweise rechtwinklig an den äußeren kortikalen Schalenabschnit-

ten der chirurgisch geschnittenen Oberflächen des ersten Metacarpalknochens **11** und des proximalen phalangealen Knochens **12**, um so eine feste Stütze bereitzustellen und Überlastung des Spongiosa-Zentralbereichs zu vermeiden. Die Schultern **53**, **55** sind unter Winkeln orientiert, die mit dem Winkel der chirurgischen Schnitte koinzidieren. Wie in [Fig. 3A](#) angezeigt, ist die Oberfläche der Schulter **53** unter dem orientiert, was als ein Dorsalwinkel A zur Achse des Stamms des Metacarpalelements bezeichnet wird, wobei die Achse parallel zur dorsalen Oberfläche des Stamms ist. Dieser Winkel A liegt zwischen etwa 110° und 120° und vorzugsweise bei etwa 115°, und der Metacarpalknochen wird so geschnitten, dass er mit der Orientierung der Schulter **53** koinzidiert. Die flache Oberfläche der Schulter **55** wird unter einem Dorsalwinkel B von zwischen etwa 75° und etwa 85° zur Achse des Stamms des Phalangealelements orientiert, wobei diese Achse ebenfalls parallel zur dorsalen Oberfläche des Stammes ist, und vorzugsweise ist der Winkel B etwa 80°. Der Phalangealknochen **12** wird geschnitten, um in ähnlicher Weise mit diesem Orientierungswinkels der Schulter zu koinzidieren.

**[0036]** Die Stammbereiche **15**, **16** können etwas geneigt sein, um einfacher in die langen hohlen Markkanäle des ersten Metacarpalknochens **11** bzw. den proximalen Phalangealknochens **12** zu passen, und sie werden mit Achsen (in [Fig. 5](#) mit "a" und "b" markiert) ausgebildet, die sich mit den Achsen des Markkanals ausrichten. Wie oben angezeigt, können die Stammbereiche **15**, **16** optional mit einer Mehrzahl von Hinterschnitten und Rillen versehen sein, wie schematisch in [Fig. 1](#) gezeigt, um so das stabilisierende Einwachsen von Knochen in diese Bereiche zu fördern. Die gewünschten Markshohlräume des ersten Metacarpalknochens **11** und des proximalen Phalangealknochens **12** werden vorzugsweise während der Operation unter Verwendung einer speziellen Ale geformt, um einen engen Sitz mit den Stammbereichen zu erzielen. Die Stammbereiche **15**, **16** können in den Markshohlräumen unter Verwendung eines von mehreren Verfahren befestigt werden, wie etwa (1) Knochenwachstum in eine poröse Beschichtung oder Wellenoberfläche der Stammbereiche **15**, **16**, (2) der Verwendung von Knochenzement oder (3) einer engen mechanischen Passung der Stammbereiche **15**, **16** innerhalb der Markshohlräume. Vorzugsweise werden die Stammbereiche **15**, **16** an den Markshohlräumen mittels eines oberflächenaktiven biologischen Bindeagens gebunden, wie etwa Hydroxyapatit.

**[0037]** Die Zentrumslinienformen a und b von solchen chirurgisch erzeugten Markshohlräumen sollten mit den Zentrumslinien der Markkanäle des ersten Metacarpalknochens und des proximalen Phalangealknochens übereinstimmen, die etwas gegenüber dem Zentrum des MP-Gelenks versetzt sind. Vorzugsweise sind die chirurgisch geformten Markhohl-



räume des ersten Metacarpalknochens und des proximalen Phalangealknochens beide so geformt, dass sie den Stamm eines Protheseelements akzeptieren, welches eine Zentrumslinie in der Sagittalebene aufweist, die dorsal zum Rotationszentrum der Gelenksoberfläche ist. Der Stamm des ersten Metacarpalelements weist eine Zentrumslinie auf, die allgemein 2 bis 3 mm dorsal vom Rotationszentrum in der Sagittalebene ist, wie durch  $d_1$  in [Fig. 5](#) angezeigt. Das Phalangealelement weist eine Zentrumslinie  $b$  auf, die etwa halb so weit versetzt ist wie die des Metacarpalelements, z.B. allgemein 0,8 bis 1,7 mm dorsal vom Rotationszentrum, wie durch  $d_2$  in [Fig. 5](#) angezeigt. Eine besonders zufriedenstellende anatomische Ausrichtung wird erzielt, wenn der Stamm **16** des Phalangealelements gegenüber dem Stamm **15** des Metacarpalelements in Palmarrichtung versetzt ist, für die durchschnittlich große menschliche Hand vorzugsweise um ungefähr 1,5 mm in Palmarrichtung, d.h.  $d_1 - d_2 = \sim 1,5$  mm. Weil vorzugsweise verschiedene Größen von Metacarpal-Phalangeal-MP-Gelenken bereitgestellt werden, so dass ein Chirurg eine Auswahl von Größen hat, aus denen er auswählen kann, die von einem kleinen Gelenk für ein Kind bis zu einem Gelenk für die Hand eines großen Mannes reichen, wird die Zentrumslinienversetzung proportional zum Radius des Metacarpalknochenkopfs gemacht. Die zuvor gegebenen Zahlen werden für einen kugelförmigen Metacarpalkopf mit einem Radius von 6,5 mm berechnet. Dieses Verhältnis mit dem Radius des hemisphärischen Metacarpalkopfes, um so die Zentrumslinienversetzungen im MP-Gelenk verschiedener Größen zu bestimmen.

**[0038]** Wie am besten in [Fig. 3](#), [Fig. 3A](#) und [Fig. 6](#) zu sehen, ist der allgemein hemisphärische Kopf **17** des Metacarpalelements mit strategisch angeordneten Reliefmitteln in Form eines Paares von lateral davon lokalisierten Reliefs **51**, **52** versehen. Obwohl ein komplementäres Relief optional im Kopf **18** des Phalangealelements vorgesehen sein kann, ist dieser Kopf vorzugsweise so geformt, dass ein Bedarf für spezifische Reliefs vermieden wird. Jedes Relief **51**, **52** ist so ausgebildet, dass es einen allgemein freien Pfad für die seitlichen Ligamente jenseits der Kante des Kopfes bereitstellt. Wie in [Fig. 2](#) illustriert, laufen die strangartigen und fächerartigen kollateralen Ligamente **43**, **44** allgemein längs beider lateralen Seiten des MP-Gelenks von der Dorsalseite des Kopfes des Metacarpalknochens **11** zur Palmarseite des proximalen Endes des Phalangealknochens **12**. [Fig. 6](#) zeigt schematisch solche seitlichen Ligamente **43**, **44** am ersten Metacarpalknochen **11** auf jeder lateralen dorsalen Seite in einem Finger angebracht, in welchen die MP-Gelenksprothese **19** eingesetzt worden ist; die Gelenksprothese ist dafür entworfen, so dass die Ligamente das Gelenk unter ungefähr  $45^\circ$  überqueren und an der entsprechenden lateralen Palmarseite des proximalen Phalangealknochens angebracht bleiben. Insbesondere laufen, wie in [Fig. 2](#) zu

sehen, fächerartige seitliche Ligamente **44** normalerweise längs jeder lateralen Seite von einer dorsalen Oberfläche **45** des ersten Metacarpalknochens zu einer Volarplatte **47**, die eine faserartigen Scheide inkorporiert, die als Rolle zum Unterstützen der Beuge-sehne dient und an einer palmaren Oberflächenregion **46** am proximalen Ende des proximalen Phalangealknochens angebracht ist. Die strangartigen seitlichen Ligamente **43** laufen längs jeder Lateralseite von der dorsalen Oberfläche **45** des ersten Metacarpalknochens bis zur Palmaroberfläche des proximalen Phalangealknochens.

**[0039]** Bei der bevorzugten Ausführungsform ist der Kopf des Metacarpalelements so proportioniert und geformt, dass er nicht die Anhaftstellen für die seitlichen Filamente und für die Volarplatte unterbricht; seine Form und Positionierung ist vorzugsweise so, dass die Orte der Ligamentanhaftung am Metacarpalkopf erhalten bleiben. Allgemein hat der ansonsten hemisphärische Kopf **17** Reliefs **51**, **52**, die lateral davon lokalisiert sind, die vorzugsweise durch planare Schnitte ausgebildet werden, die aber alternativ auch etwas konkave Oberflächen haben können, z.B. eine flache zylindrische Oberfläche. Zur Illustration zeigt [Fig. 3](#) das bevorzugte planare Relief **51**, das eine flache Oberfläche ist, die durch Passieren einer Ebene zur Längsachse des Stamms des Metacarpalelements durch den ansonsten hemisphärischen Kopf **17** ausgebildet wird. Vorzugsweise ist solch ein Paar planarer Schnitte so positioniert, dass sie die Schulter **53** schneiden und einen Bogen einer sphärischen Oberfläche an der Schulter von zwischen etwa  $30^\circ$  und  $90^\circ$  auf der dorsalen Seite des Äquators des Gelenkkopfs **17** und einen Bogen von ungefähr  $120^\circ$  bis  $170^\circ$  an sphärischer Oberfläche an der Palmarseite des Gelenkkopfs **17** bilden.

**[0040]** Die Reliefs **51** und **52** können alternativ in einer Vielzahl anderer Weisen ausgebildet sein. Die Reliefs **51** und **52** können durch planare Schnitte gebildet werden, die nicht zur Längsachse des Stamms des Metacarpalelements parallel sind oder durch einen nicht-planaren Schnitt, der allgemein einem flachen Abschnitt der Oberfläche eines zirkulären oder elliptischen Zylinders entspricht, z.B. einem elliptischen Zylinder mit einem Winkel von ungefähr  $15^\circ$ .

**[0041]** Die Abmessung der Kante **59** jedes Reliefs **51**, **52**, d.h. die Länge eines solchen aus der ansonsten kreisförmigen Schulter ausgeschnittenen Segments sollte hinreichend sein, um einen allgemeinen freien Pfad für die seitlichen Ligamente **43**, **44** bereitzustellen. Solche Kanten **59** sollten, um die gewünschten dorsalen und palmaren Bogenlängen bereitzustellen, gleich etwa 85% und 160% des Radius der hemisphärischen Oberfläche des Metacarpalelements sein und vorzugsweise zwischen etwa 90 % und 110%. Der Gelenkkopf des Phalangealelements kann auch optional ein in jeder seiner lateralen

Seiten lokalisiertes Relief aufweisen und in einem solchen Fall, wenn der erste Metacarpalknochen **11** und der proximale Phalangealknochen **12** voll gestreckt sind, sollten solche Reliefs die Reliefs **51**, **52** komplementieren und so angeordnet sein, dass sie allgemein kontinuierlich von der dorsalen Oberfläche des Gelenkkopfs **17** des Metacarpalelements bis zur Palmaroberfläche des Gelenkkopfs **18** des Phalangealelements laufen.

**[0042]** Wie am besten aus [Fig. 4](#) zu sehen, endet der äußere Umfang der konkaven Gelenkoberfläche **22** des Phalangealelements in einem allgemein kreisförmigen Rand **33**, der ein Schnitt der Oberfläche eines Torus ist; jedoch hat, wie in [Fig. 5C](#) zu sehen, die Schulter **55** eine allgemein elliptische Form. Wie in [Fig. 5](#) angezeigt, tangiert der Rand eine Ebene (mit P markiert), die unter einem Winkel von zwischen etwa 95° und 110° zur Zentrumslinienachse des Stamms **16** des Phalangealelements und vorzugsweise unter etwa 100° orientiert ist. Als Ergebnis der Konstruktion mit solch einem Winkel erstreckt der dorsale Bereich der Pfanne in Proximalrichtung auswärts, um einen randartigen dorsalen Vorsprung **71** auszubilden, wie in den [Fig. 3A](#), [Fig. 5](#), [Fig. 5B](#) und [Fig. 6](#) zu sehen, wobei der Vorsprung **71** einen Bereich der konkaven Artikulationsoberfläche **22** enthält und die Konstruktion ebenfalls einen freien Abstand an der palmaren Stelle vorsieht. Der randartige dorsale Vorsprung **71** weist eine Länge in Axialrichtung auf, so dass er einen hinreichenden Bereich des Gelenkkopfs des Metacarpalelements umfängt, um einer volaren Subluxation-Dislokation des proximalen Phalangealknochens **12** in palmarer Richtung zu widerstehen. Selbst wenn die Metacarpal- und Phalangealelemente des Prothesegelenks in maximaler Streckung sind ([Fig. 6](#)), erstreckt sich der randartige dorsale Vorsprung **61** über einen Hauptbereich der dorsalen Oberfläche des Artikularkopfes des Metacarpalelements **17** hinaus, um solch einen phalangealen dorsalen Vorsprung herzustellen. Um ein effektives Vorragen zu erzielen, wird es bevorzugt, dass es einen Bogen des dorsalen Kontaktes von zumindest etwa 50° zwischen der konkaven Oberfläche des Phalangealkopfes und der konvexen Oberfläche des Metacarpalkopfes gibt; dieser Bogen ist in [Fig. 5](#) als oberhalb der horizontalen Ebene liegend gezeigt, die das Rotationszentrum der Gelenksflächen enthält. Die Länge des randartigen dorsalen Vorsprungs **71** beeinträchtigt jedoch nicht negativ den normalen Bewegungsbereich des MP-Gelenks, der ungefähr 90° Beugung, ungefähr 20° Überstreckung und ungefähr plus oder minus 20° Speichen-Ellenbewegung beträgt, währenddem der gewünschte Kontakt zwischen den passenden Oberflächen bewahrt bleibt.

**[0043]** Es ist ersichtlich, dass bei einem MP-Gelenk in voller Streckung die proximale Fläche des Phalangealelements als Ergebnis der nicht-vertikalen Orientierung der Ebene P in [Fig. 5](#) so orientiert ist, dass ein

palmarer Randbereich **72** des kreisförmigen Rands **33** distal zum randartigen dorsalen Vorsprung **71** lokalisiert ist. Der randartige dorsale Vorsprung **71** ist um einen Abstand "x" jenseits des palmaren Randabschnitts **72** in proximaler Richtung längs der Achse des Stamms **16** beabstandet lokalisiert, der vorzugsweise gleich zumindest etwa 25% des Radius der sphärischen Oberfläche des Kopfes **17** ist. Dieser Abstand ist abhängig von der Orientierung der Ebene P, zu der der Rand **33** der Pfanne tangential ist, wobei die Ebene um etwa 110 bis 95°, bevorzugterweise um etwa zwischen 105° und 95° zur Stammachse von [Fig. 5](#) orientiert ist. Die illustrierte Ebene P liegt unter einem Winkel von etwa 100°. Aufgrund der relativen distalen Lokalisation und weil die Peripherie des Kopfes **18** mit Oberflächen **74** passender Orientierung ausgebildet ist, wie nachstehend beschrieben, vermeidet der palmar Randabschnitt **72** eine Interferenz mit den Ligamenten, einschließlich des Palmarligaments **47**, während der Beugebewegung.

**[0044]** Die lateralen peripheren Oberflächen des Kopfes **18** des Phalangealelements wachsen allgemein vom palmaren Randabschnitt **72** zum dorsalen Vorsprung **71** in ihrer Länge, weil die Ebene der Schulteroberfläche **55** unter einem Winkel von zwischen etwa 10° und etwa 25° zur Ebene P orientiert ist, die der zirkuläre Rand tangiert, wobei der Winkel in [Fig. 5](#) als "Q" bezeichnet ist und etwa 20° beträgt. Die relative Orientierung der Schulteroberfläche **55** des Phalangealelements **14** und der Ebene des Randes unter diesem Winkel, erzeugen zusammen mit der zusammenlaufenden Fläche der lateralen und palmaren Peripherioberflächen **74** des Kopfes **18** eine Umgebung, bei der es keine Interferenz mit den angrenzenden seitlichen Ligamenten **44** und **46** gibt. Die peripheren Oberflächen **74**, welche den Rand **33** umgeben, sind rektilinear (siehe [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#)), was bevorzugt wird, um die Herstellung zu erleichtern und sind tangential zum toroidalen Oberflächenabschnitt, der den Rand bildet. Die Orientierung der passenden lateralen, lateral-palmaren und palmar-peripheren Oberflächen **74** erfolgt vorzugsweise unter einem Winkel von zwischen etwa 65° und 75° zur Ebene der Schulter **55**, wobei diese rektilinearen Oberflächen einwärts geneigt sind, d.h. allgemein zur Zentrumslinie des Stamms **15** des hinweisenden Metacarpalelements zusammenlaufen. Dieses Zusammenlaufen stellt den freien Abstand bereit, um ein Fehlen von Interferenz mit den oben erwähnten Ligamenten sicherzustellen.

**[0045]** Um die Lebensdauer der Prothese **19** zu vergrößern, ist es wünschenswert, dass die Gelenksfläche des Metacarpalelements oder die des Phalangealelements oder solche von sowohl Metacarpals als auch Phalangealelementen mit zumindest einer Rille versehen sind, um so einem schmierenden biologischen Fluid Zugang zum MP-Prothesegelenk zu

gestatten. Bevorzugterweise sind ein Paar Rillen entweder in der konvexen Gelenksoberfläche des Metacarpalelements oder in der konkaven Oberfläche des Phalangealelements lokalisiert. Am bevorzugtesten sind zwei solche optionalen Rillen **31** und **32** in der konkaven Gelenkfläche **22** des Phalangealelements lokalisiert und sind quer zur Ebene der Beugestreckbewegung orientiert.

**[0046]** Die Rillenanordnung sollte eine hinreichende Länge, Breite und Tiefe haben, um synoviale biologische Fluide zu inneren Bereichen der kongruenten Gelenksoberflächen zu führen, ohne die Lebensdauer, den Bewegungsbereich oder die Leichtigkeit der Bewegung des MP-Prothesegelenks negativ zu beeinträchtigen. [Fig. 4](#) zeigt die bevorzugte Ausführungsform von in der konkaven Oberfläche **22** des Phalangealelements **14** lokalisierten Rillen **31**, **32**. Die Rillen **31**, **32** schneiden sich allgemein am Zentrum der Gelenksoberfläche des Phalangealelements, und sie erstrecken sich vom Zentrum unter 90°-Intervallen zum äußeren ringförmigen Rand **33** auswärts, wo die konkave Oberfläche **22** endet. Jede Rille **31**, **32** folgt damit einem Großkreisbogen der konkaven Gelenkfläche **22**.

**[0047]** Beide Rillen **31**, **32** sind quer zur normalen Ebene der Beuge-Streck-Bewegung orientiert, so dass synoviale Fluide jedes Mal über die Gelenksoberflächen gewischt werden, wenn sich ein Element des Prothesegelenks **90** relativ zum anderen bewegt. Das MP-Gelenk hat drei unterschiedlich beschränkte Bewegungsebenen, die allgemein als Beuge-Streck-, Speichen-Ellen- und eine verbundene Bewegung um die Längsachse mit sowohl Beuge-Streck- als auch Speichen-Ellen-Bewegungen sind.

**[0048]** In [Fig. 4](#) ist das Phalangealelement **14** mit einem Koordinatensystem markiert gezeigt, um das MP-Prothesegelenk in Bezug auf seine Beuge-Streck- und Speichen-Ellen-Bewegungsebenen zu orientieren. Die Beuge-Streck-Bewegungsebene und die laterale Speichen-Ellen-Bewegungsebene des MP-Gelenks werden durch die x-y-Ebene bzw. x-z-Ebene repräsentiert.

**[0049]** [Fig. 4](#) illustriert die bevorzugte Ausführungsform der optionalen Rillenanordnung, bei der zwei schneidende Rillen **31**, **32** in der konkaven Gelenkfläche **22** des Phalangealelements lokalisiert sind, die am allgemein kreisförmigen Rand **33** enden. Die sich schneidenden Rillen **31**, **32** sind so orientiert, dass sie quer zur Beuge-Streck-x-y-Ebene und der Speichen-Ellen-x-z-Ebene sind und jede folgt allgemein einem Hauptbogen der konkaven Gelenksoberfläche **22**. Es wird bevorzugt, dass die sich schneidenden Rillen **31**, **32** allgemein rechtwinklig zueinander orientiert sind und in orthogonalen Ebenen liegen. Bevorzugterweise ist jede der orthogonalen Rillen **31**, **32** um etwa 45° zur Beuge-Streck-x-y-Bewegungsebene orientiert und damit ebenfalls zur Speichen-Ellen-x-z-Bewegungsebene.

wegungsebene orientiert und damit ebenfalls zur Speichen-Ellen-x-z-Bewegungsebene.

**[0050]** Die MP-Prothesegelenkselemente **13**, **14** werden vorzugsweise aus biokompatiblen Materialien hergestellt, die ein Elastizitätsmodul im Bereich desjenigen natürlichen lebenden Knochens aufweisen, z.B. ein mit pyrolytischem Kohlenstoff beschichtetes Graphitsubstrat. Die Elemente **13**, **14** sind, noch wichtiger, aus Materialien hergestellt, die eine hinreichende Härte haben, so dass sie sich unter der normalen Last nicht signifikant weiten, von der angenommen wird, dass sie ihr während der Verwendung unterworfen werden. Solche Pyrocarbonaußenoberflächen zeigen eine gute Verschleißresistenz, so dass sie ihre ursprünglichen Oberflächenkonturen nach der Implantation auf Jahre hinaus bewahren werden. Falls gefühlt wird, dass zusätzliche Festigkeit wünschenswert ist, können die Elemente **13** und **14** aus auf Kohlenstoff-Kohlenstofffaser-Kompositmaterialien abgelagerten pyrolytischen Kohlenstoff gebildet sein, der hohe Zugfestigkeit zeigt.

**[0051]** Eine alternative Form eines bevorzugten MP-Prothesegelenks **119** ist in den [Fig. 7](#) bis [Fig. 10](#) illustriert, wobei Bezugszeichen um 100 größer als solche, die in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 6](#) verwendet werden, eingesetzt werden, um dieselben Elemente zu identifizieren. Beim MP-Prothesegelenk **119** wird ein Metacarpalelement **113** verwendet, das nahezu exakt dasselbe wie das Metacarpalelement **13** ist; die Ebene Schulter **153** ist nun um 117,5° (Winkel A) zur Achse des Systems **115** orientiert. Ein Phalangealelement **114** ist vorgesehen, das allgemein dasselbe wie das Phalangealelement **14** ist, außer bezüglich der Form und der Orientierung des Kopfs **118**, und seines Randes, der die Pfanne **122** umgibt und die proximale Fläche des Kopfs **118** bildet. Die Ebene der Schulter **155** ist nun um etwa 85° (Winkel B) zur Achse des Stammes **116** orientiert. In [Fig. 5](#) wurde das Bezugszeichen P verwendet, um eine Ebene zu bezeichnen, die tangential zur proximalen Oberfläche des Phalangealelementkopfs **18** ist, d.h. dem die Pfanne **32** umgebenden Rand **33**, und es wurde gesagt, dass diese Ebene P um ungefähr 100° zur Zentrumslinie des Stammes **16** orientiert war. In der alternativen Ausführungsform des Phalangealelementes **114** ist die Basisorientierung etwas verändert worden, so dass der Referenzwinkel zwischen der Tangentialoberfläche und die Zentrumslinie des Stammes nun etwa 95° ist und die Tangentialoberfläche nicht länger planar ist, sondern eine Oberfläche eines Zylinders, vorzugsweise eines Kreiszylinders ist, was am besten unter Bezugnahme auf die schematische Ansicht in [Fig. 9](#) verstanden werden kann. Die Achse dieser Zylinderoberfläche sollte nun in der Sagittalebene liegen, und die Achse liegt vorzugsweise unter einem Winkel von etwa 95° bis etwa 110° zur Längsachse des Stammes **116** und bevorzugterweise unter einer Orientierung von etwa 95° bis etwa 105°C.



**[0052]** Bei dieser alternativen Ausführungsform ist die Stelle des dorsalen Vorsprungs **171** des Rands in der Sagittalebene, d.h. der vertikalen Symmetrieebene des alternativen MP-Gelenks **119** dieselbe, die sie beim MP-Gelenk **19** war. Jedoch vergrößert die geringe Reorientierung des Referenzwinkels von  $100^\circ$  zu etwa  $95^\circ$  etwas die Fläche des Gelenkkontakts zwischen der konkaven Oberfläche der Pfanne und der sphärischen Oberfläche des Metacarpalelementkopfs. Die Hauptänderung zwischen dem Phalangealelement **14** und **114** ist jedoch eine Streckung in proximaler Richtung der lateralen Regionen des Kopfs **118** von allgemein elliptischem Querschnitt des Phalangealelements, der sich aus der Änderung der Form der proximalen Oberfläche von einer, die tangential zu einer Ebene (wie in [Fig. 5B](#) und [Fig. 5A](#)) ist, zu einer, die gekrümmt ist, d.h. tangential zu einem Zylinder, ergibt. Diese Änderung vergrößert weiter die Kontaktfläche zwischen der konkaven Pfannenoberfläche **122** und dem sphärischen Kopf **121** des Metacarpalelements, und obwohl ein solches Anwachsen der Fläche viel mehr in den lateralen Regionen liegt, gibt es auch eine gewisse Steigerung bei der sowohl dorsalen als auch palmaren Aufnahme, was dem Gelenk eine größere Stabilität verleiht. Die Pfanne **122** enthält optional sich schneidende Rillen **131**, **132**, die je nach Wunsch weggelassen werden können.

**[0053]** [Fig. 9](#) illustriert schematisch die Krümmung der proximalen Oberfläche des Phalangealelementkopfs **118** relativ zum Radius des hemisphärischen Kopfes **121** des Metacarpalelements. Der Radius  $R_c$  der illustrierten kreisförmigen Zylinderoberfläche sollte zwischen dem etwa Zweifachen und Fünffachen des Radius  $R_s$  des Halbkreises und vorzugsweise von etwa dem 2,5- bis 4-Fachen des  $R_s$  liegen. Eine Bezugnahme auf [Fig. 9](#) illustriert den Vergleich mit einem Rand, der tangential zu einer Ebene ist; sie zeigt den vergrößerten Aufnahmebetrag (schattierter Bereich), insbesondere lateral, aber auch zusätzlich in dorsalen und palmaren Richtungen, der sich von einer solchen Krümmung der proximalen Randoberfläche des Phalangealkopfs **118** ergibt, um so tangential zu einer zylindrischen Oberfläche zu sein, die ihre Achse in der Sagittalebene aufweist. Diese gekrümmte Konstruktion stellt eine substantielle Steigerung der Stabilität für das gesamte MP-Gelenk dar, was besonders in einer Situation wichtig sein kann, bei der die Ursache, welche den MP-Gelenksersatz erforderte, auch zu einer gewissen Beschädigung an den kollateralen Ligamenten führte, so dass ihre Rolle bei der Gelenksstabilisierung vermindert worden ist.

**[0054]** Weil darüber hinaus die palmare Subluxation der Phalanx in allgemein palmarer Richtung und nicht allein in der Sagittalebene auftritt, trägt die Steigerung des Betrags dosal-lateraler Vorragung (die als Ergebnis dieser Krümmung der proximalen Oberflä-

che des Kopfs **118** im Vergleich zu einer planaren Tangente erzeugt wird), wie in der schematischen [Fig. 9](#) zu sehen ist, signifikant zur Stabilität des MP-Gelenks bei. Es ist wichtig, dass diese Verstärkung erzielt wird, ohne das Vorragen des dorsalen Vorsprungs in einer proximalen Richtung weiter auszudehnen, weil eine solche potentielle Ausdehnung des dorsalen Randes mit dem überlagernden Weichgewebe und/oder der Strecksehne interferieren könnte. Darüber hinaus wird dieser Stabilisierungseffekt erzielt, ohne die Größe des palmaren Randabschnitts **172** zu vergrößern, was potentiell mit der Anhaftung der seitlichen Ligamente und der Palmarplatte am Phalangealknochen interferieren könnte. Es kann aus [Fig. 10](#) gesehen werden, dass die lateralen peripheren Oberflächen **174** des Kopfes **118** des Phalangealelements rechtwinklige Oberflächen bleiben, obwohl sie nunmehr unter einem etwas größeren Winkel zur Schulter **155** als beim Phalangealelement **14** orientiert sind.

**[0055]** Obwohl diese Erfindung unter Bezugnahme auf bevorzugte Ausführungsformen beschrieben worden ist, können verschiedene Änderungen und Modifikationen, die einem Durchschnittsfachmann ersichtlich sein würden, gemacht werden, ohne vom Schutzzumfang der Erfindung abzuweichen, der einzig durch die anhängigen Ansprüche definiert ist. Obwohl der Rand **33** der Pfanne als gemein kreisförmig beschrieben worden ist, könnte beispielsweise seine vorzugsweise toroidale Kante mit geeigneten Krümmungsradi in einer Axialrichtung ausgebildet sein, die über den Umfang derselben etwas variieren kann. Obwohl der allgemein kreisförmige Rand **33** der Pfanne mit einer allgemein toroidalen Oberfläche ausgebildet ist, könnten auch andere nicht-kreisförmige Rand-**33**-Oberflächenformen durch Variieren des Betrags der Pfannenaufnahme in dorsalen, volaren, radialen oder ulnaren Richtungen ausgebildet werden, wie durch die [Fig. 7-Fig. 10](#) exemplifiziert, wo die Aufnahme in radialer und ulnarer Richtung durch die Zylinderkrümmung der proximalen Fläche vergrößert wird. Obwohl eine kreisförmige zylindrische Krümmung illustriert ist, kann eine noch größere Aufnahme erzielt werden, wenn die Tangente zu einer elliptischen zylindrischen Oberfläche mit der Hauptachse der Ellipse in Sagittalebene liegend erzeugt wird, welche die Achse des Stamms **116** enthält. Solch eine elliptische zylindrische Oberfläche kann die einer Ellipse sein, bei der die Hauptachse zwischen dem etwa 1,2- und 1,7-Fachen der Nebenachse beträgt und wo die Nebenachse etwa zwischen dem 2,2- und 3-Fachen  $R_s$  beträgt.

**[0056]** Bestimmte Merkmale der Erfindung werden in den Ansprüchen, die folgen, herausgestellt.

#### Patentansprüche

1. Prothesevorrichtung (**19**), die zum Ersatz ei-

nes metacarpal-phalangealen (MP)-Gelenks eines menschlichen Fingers entworfen ist, umfassend ein metacarpales Element (13) mit einem Stammbereich (15), der dafür geformt ist, in einem metacarpalen Knochenhohlraum aufgenommen zu werden, und einem Gelenkkopfbereich (17), wobei der Kopfabschnitt eine allgemein kugelförmige Fläche (21) aufweist, um den distalen Gelenkteil eines metacarpalen Knochens zu ersetzen, und einen flachen Schulterabschnitt (53) am Ende des Stammbereichs aufweist, wobei der flache Abschnitt unter einem dorsalen Winkel zwischen 110° und 120° zur Achse des Stammbereichs desselben orientiert ist; und ein phalangeales Element (14) mit einem Stammbereich (16), der dafür geformt ist, in einem phalangealen Knochenhohlraum aufgenommen zu werden, und einem Gelenkkopfbereich (18), der eine konkave Fläche aufweist, die dafür geformt ist, zur kugelförmigen Fläche zu passen und die dafür ausgelegt ist, einen entsprechenden Gelenkteil eines phalangealen Knochens zu ersetzen, und

**dadurch gekennzeichnet**, dass:

der Gelenkkopf des metacarpalen Elements mit Reliefmitteln in der Form einer an jeder lateralen Seite desselben lokalisierten flachen Fläche (51, 52) versehen ist, welche die ansonsten kugelförmige Fläche unterbricht, so dass am Ort der Schulter (53) der kugelförmige Kopf einen sphärischen Bogen von 30° bis 90° auf der dorsalen Seite des Äquators und einen sphärischen Bogen von 120° bis 170° auf der palmaren Seite aufweist, wodurch ein allgemein freier Pfad bereitgestellt ist, um den kollateralen Ligamenten zu gestatten, ohne Interferenz von einer dorsalen/proximalen Kante des Gelenkkopfs des metacarpalen Elements bis zu einer palmaren/distalen Kante des Gelenkkopfs des phalangealen Elements zu laufen.

2. Prothesevorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die flache Fläche (51, 52) des Reliefmittels an der flachen Schulter (53) eine Länge von 85–160% des Radius der halbsphärischen Fläche aufweist.

3. Prothesevorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei der proximale Gelenkkopf (18) des phalangealen Elements (14) (a) einen dorsalen Vorsprung (71, 171), der ein Einfangen des Gelenkkopfes (17) des metacarpalen Elements vorsieht, das hinreicht, einer palmaren Subluxation zu widerstehen, (b) einen palmaren Randabschnitt (72), der hinreichend distal zum dorsalen Vorsprung ist, um eine Interferenz mit dem palmaren Ligament des Fingers während der Beugung zu vermeiden und (c) einen flachen Schulterabschnitt (55) am Ende des Stammbereichs (16), der unter einem dorsalen Winkel zwischen 75° und 85° orientiert ist.

4. Prothesevorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei der Stammbereich (15) des metacarpalen Elements (13) um einen vorgegebenen Abstand zum

Rotationszentrum in der sagittalen Ebene versetzt ist und der Stammbereich (16) des phalangealen Elements (14) um einen Abstand dorsal zum Rotationszentrum um zumindest eine Hälfte des vorgegebenen Abstands versetzt ist.

5. Prothesevorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei ein Rillenmittel in der konkaven Gelenkfläche des phalangealen Elements ausgebildet ist und zwei Rillen (31, 32) beinhaltet, die einander schneiden, wobei jede der Rillen quer zur Ebene der Beuge-Streck-Bewegung des Gelenks orientiert ist und jede sich bis zur Kante der Gelenkfläche erstreckt.

6. Prothesevorrichtung gemäß Anspruch 5, wobei die Rillen allgemein orthogonal sind und unter etwa 45° zur Ebene der Beuge-Streck-Bewegung orientiert sind.

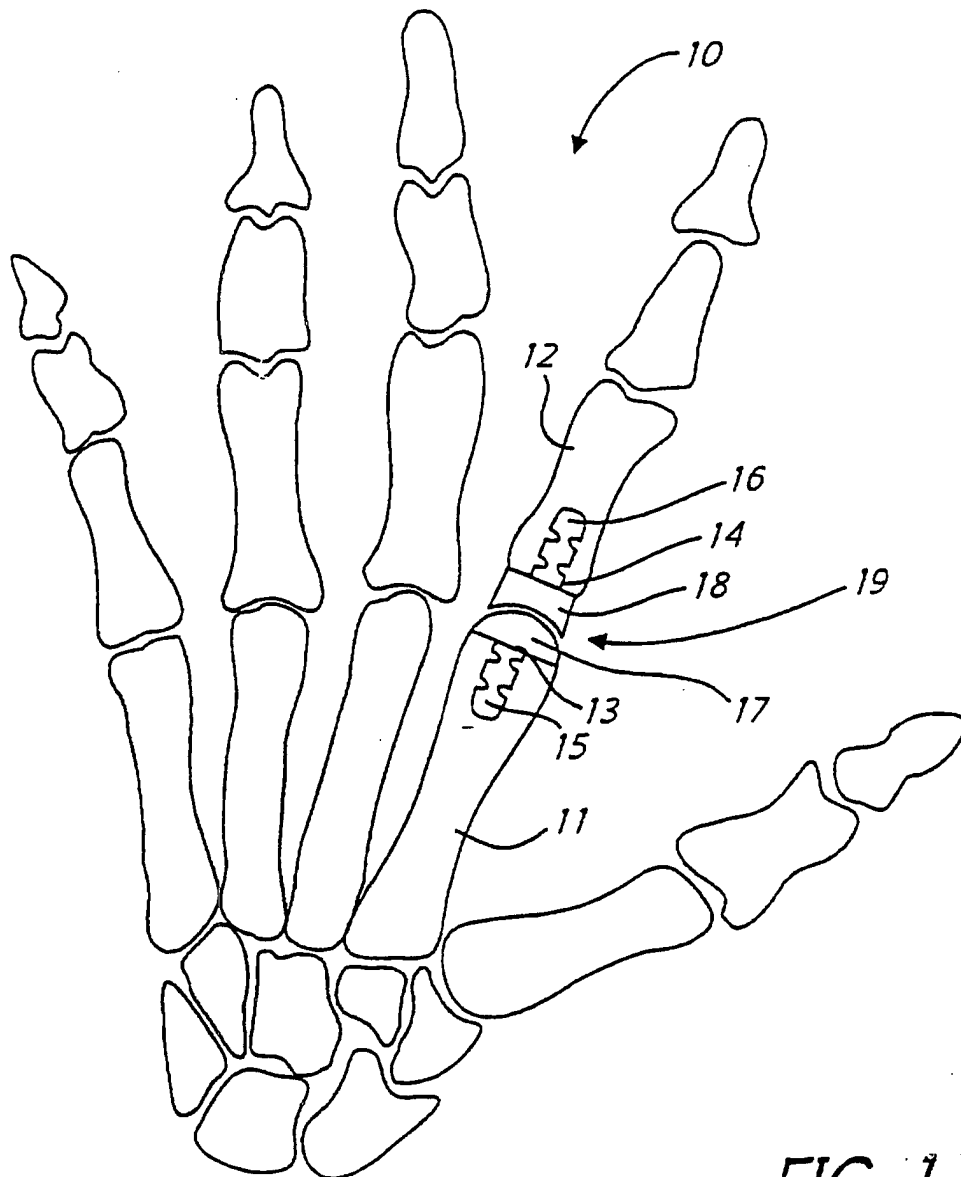
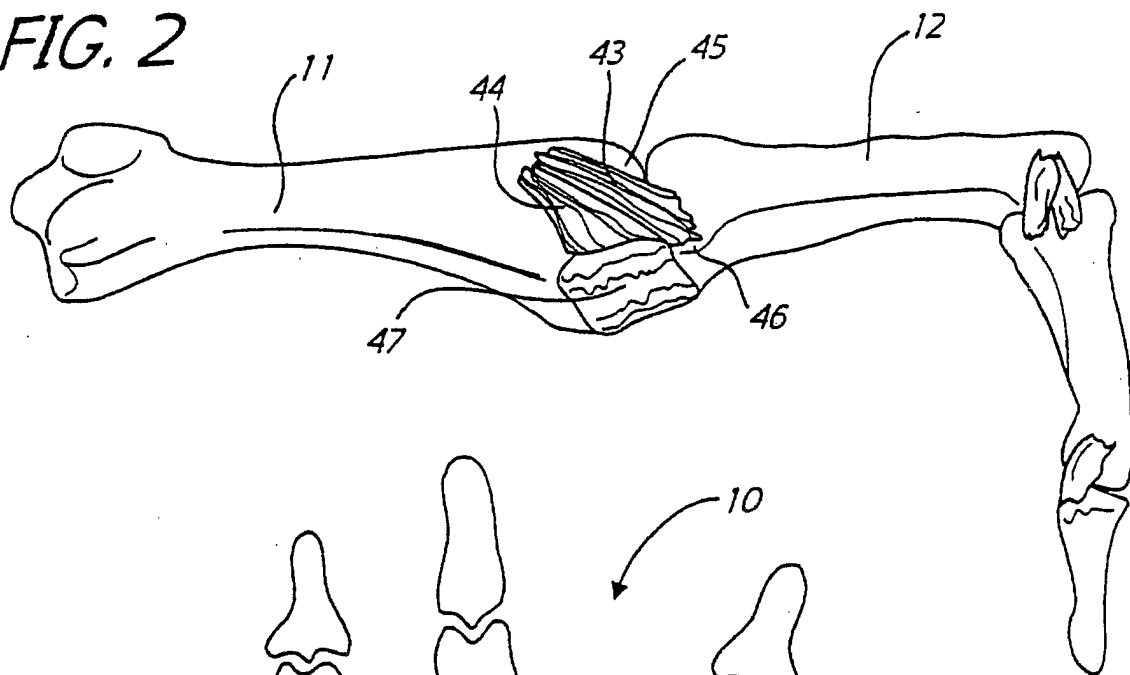
7. Prothesevorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der phalangeale Elementkopf einen proximale Rand (33) aufweist, der die konkave Fläche umgibt und als ein allgemein ringförmiger Flächenabschnitt ausgebildet ist, wobei der Kopf auch rechtwinkelige laterale und palmare Flächen (74) aufweist, die allgemein tangential zum allgemein ringförmigen Rand (33) sind und wobei der allgemein ringförmige Rand tangential zu einem Zylinder ist, dessen Achse in der sagittalen Ebene der Prothesevorrichtung liegt und der unter einem dorsalen Winkel zwischen 95° und 105° zur longitudinalen Achse des Stammbereichs des phalangealen Elements orientiert ist.

8. Prothesevorrichtung gemäß Anspruch 7, wobei der Zylinder ist kreisförmiger Zylinder ist, der einen Radius aufweist, der zwischen dem 2,5 fachen und 4-fachen der allgemein halbsphärischen Gelenkfläche liegt.

9. Prothesevorrichtung gemäß Anspruch 3, wobei laterale Flächen (74) des phalangealen Elementkopfs (18) rechtwinklig sind und unter einem Winkel zwischen 65° und 75° zur Ebene des elliptischen Schulterabschnitts (55) orientiert sind.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

**FIG. 2**



**FIG. 1**

