



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 03 302 T2 2004.05.13**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 171 048 B1**

(51) Int Cl.7: **A61B 17/70**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 03 302.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/07662**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 919 547.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/64362**

(86) PCT-Anmeldetag: **22.03.2000**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **02.11.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **16.01.2002**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **11.06.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **13.05.2004**

(30) Unionspriorität:

<b>130911 P</b>	<b>23.04.1999</b>	<b>US</b>
<b>408364</b>	<b>29.09.1999</b>	<b>US</b>

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:

**SDGI Holding, Inc., Wilmington, Del., US**

(72) Erfinder:

**JUSTIS, R., Jeff, Cordova, US; SHERMAN, C.,  
Michael, Memphis, US**

(74) Vertreter:

**derzeit kein Vertreter bestellt**

(54) Bezeichnung: **VERBINDUNGSGERÄT MIT FORMGEDÄCHTNISTECHNIKVERWENDUNG**

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

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft im breitesten Sinn eine Vorrichtung zum Verbinden von zwei oder mehreren Elementen unter Verwendung einer Formgedächtnistechnik. Insbesondere, aber nicht ausschließlich, betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Verbinden eines Spinalstabs und eines Knochenankers zur Verwendung in einem Spinalfixierungssystem.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Mehrere Techniken und Systeme sind entwickelt worden, um das Rückgrat zu korrigieren und zu stabilisieren und eine Fusion an verschiedenen Ebenen des Rückgrats zu ermöglichen. In einem Typ von System wird ein biegbare Stab longitudinal entlang der Länge des Rückgrats oder der Wirbelsäule angeordnet. Der Stab ist vorzugsweise gebogen, so dass er der normalen Krümmung des Rückgrats in dem bestimmten Bereich, der gerade behandelt wird, entspricht. Zum Beispiel kann der Stab gebogen sein, um eine normale kyphotische Krümmung für den Thoraxbereich des Rückgrats oder eine lordotische Krümmung für den Lumbal-Bereich zu bilden. In Übereinstimmung mit einem derartigen System ist der Stab an verschiedenen Wirbeln entlang der Länge der Wirbelsäule mit Hilfe einer Anzahl von Fixierungselementen angebracht. Eine Vielzahl von Fixierungselementen können bereitgestellt werden, die konfiguriert sind, um an spezifischen Abschnitten der Wirbelsäule anzugreifen. Beispielsweise ist ein derartiges Fixierungselement ein Haken, der konfiguriert ist, um an den Lamellen des Wirbels anzugreifen. Andere vorherrschende Fixierungselemente umfassen Spinalschrauben oder -bolzen, die in verschiedene Abschnitte des Wirbelknochens eingeschraubt werden können.

[0003] In einer typischen Prozedur, die einen biegbaren Spinalstab verwendet, wird der Stab auf gegenüberliegenden Seiten des Rückgrats oder von rückgratartigen Prozessen angeordnet. Eine Vielzahl von Fixierungselementen wird an einen Abschnitt von mehreren Wirbelkörpern angebracht. Die Stäbe werden dann an der Vielzahl von Fixierungselementen befestigt, um korrigierende und stabilisierende Kräfte auf das Rückgrat auszuüben.

[0004] Ein Beispiel eines Spinalfixierungssystems des Stab-Typs ist das TSRH<sup>®</sup> Spinal System, welches von Danek Medical, Inc., verkauft wird. Das TSRH<sup>®</sup> System umfasst längsgestrickte Stäbe und eine Vielzahl von Haken, Schrauben und Bolzen, die alle konfiguriert sind, um eine segmentierte Konstruktion überall an dem Rückgrat zu schaffen. In einem Aspekt des TSRH<sup>®</sup> Systems ist der Spinalstab mit den verschiedenen Wirbelfixierungselementen mit Hilfe einer Augenschraube verbunden. In dieser Konfiguration werden die Fixierungselemente an dem Spinalstab lateral angrenzend zu dem Stab angebracht. In

einem anderen Aspekt des TSRH<sup>®</sup> Systems greift eine Schraube mit variablem Winkel an dem Spinalstab mit Hilfe eine Augenschraube an. Die Schraube mit dem variablen Winkel ermöglicht eine Verschwenkung der Knochenschraube in einer einzelnen Ebene parallel zu der Ebene des Spinalstabs. Einzelheiten von dieser Schraube mit variablem Winkel sind in dem U.S.-Patent Nr. 5,261,909 von Sutterlin et al. und dein Anmelder der vorliegenden Erfindung übertragen offenbart. Ein Ziel, welches von dem TSRH<sup>®</sup> System erreicht wird, besteht darin, dass der Chirurg Wirbelfixierungselemente, beispielsweise Spinalhaken oder Knochenschrauben, an dein Rückgrat an geeigneten anatomischen Positionen anbringen kann. Das TSRH<sup>®</sup> System ermöglicht dem Chirurgen auch einen gebogenen Spinalstab an jedem der Fixierungselemente für ein abschließendes Festziehen anzubringen.

[0005] In Spinalfixierungssystemen des Stab-Typs der Vergangenheit sind Feststellschrauben typischer Weise verwendet worden, um den Ort und die Orientierung von Haken oder Spinalschrauben entlang der Länge eines Spinalstabs zu fixieren. Jedoch ist von Feststellschrauben bekannt, dass sie eine Tendenz aufweisen, bei in vivo Situationen herauszukommen. Dies könnte unter Umständen bewirken, dass sich die Einrichtung lockert, so dass zusätzliche chirurgische Eingriffe erforderlich sind. Ferner können sich die Feststellschrauben abstreifen oder können durch Reibung abgenutzt werden und ihre Installation kann mühsam sein wegen des begrenzten verfügbaren Platzes zur Handhabung der Werkzeuge, die erforderlich sind, um die Feststellschrauben an ihre eingerrückte Position zu bringen. Es besteht deshalb ein Bedarf, eine Verbindungsvorrichtung bereitzustellen, die die Abhängigkeit von Feststellschrauben oder anderen ähnlichen Einrichtungen zum Befestigen von Haken, Bolzen oder Spinalschrauben an einem Spinalstab beseitigt. Dieser Bedarf umfasst auch das Ziel zum Minimieren des Profils und der Masse der Komponenten, die zum Verbinden der Haken, Bolzen oder Schrauben an der Wirbelsäule verwendet werden. Ferner wird gewünscht, die Anzahl von Komponenten zu verringern, die von dem Chirurgen während eines chirurgischen Eingriffs bedient werden müssen.

[0006] In den vergangenen Jahren ist bei der Konstruktion von verschiedenen mechanischen Einrichtungen ein spezielles Material verwendet worden, welches als "Formgedächtnislegierung" bekannt ist. Dieser Typ von Material ist eine Legierung aus bekannten Metallen, beispielsweise Kupfer und Zink, Nickel und Titan, Silber und Kadmium, und anderen, von denen bekannt ist, dass sie ein "Formgedächtnis" aufzeigen, bei dem eine bestimmte Komponente, die aus einer Formgedächtnislegierung (Shape-Memory Alloy, SMA) gebildet ist, in der Lage ist, sich bei bestimmten Temperaturen erneut auf eine "gespeicherte" Form zurückzubilden. Diese Formgedächtnischarakteristik tritt auf, wenn sich die SMA-Legierung

von einer Martensit-Kristallphase auf eine Austenit-Kristallphase ändert. In der Martensit-Stufe ist die SMA relativ weich und biegsam. Wenn die Temperatur der SMA-Komponente über ihren Transformationsbereich erhöht wird, transformiert sich die SMA auf eine Austenit-Stufe und das Material wird relativ fest mit superelastischen Eigenschaften. Allgemein neigen die Festigkeit und die superelastischen Eigenschaften eines Formgedächtnismaterials dazu, in Richtung auf das Hochtemperaturende des Transformationstemperaturbereichs zuzunehmen und in Richtung auf das Niedrigtemperaturende abzunehmen. Während viele Legierungen vorhanden sind, die Formgedächtnischarakteristiken aufzeigen, ist eine der gebräuchlichsten SMAs eine Legierung aus Nickel und Titan. Eine derartige bekannte Legierung ist Nitinol<sup>®</sup>, welches sich als höchst effektiv für Einrichtungen erwiesen hat, die innerhalb des menschlichen Körpers angebracht werden sollen, und zwar deshalb, weil dessen Transformationstemperaturbereich zwischen die Raumtemperatur und der normalen menschlichen Körpertemperatur fällt.

[0007] Ein Beispiel eines Spinalfixierungssystems, welches ein Element aus einer Formgedächtnislegierung verwendet, ist in dem U.S.-Patent Nr. 5,728,098 von Sherman et al. offenbart, das ebenfalls dem Anmelder der vorliegenden Erfindung übertragen wurde. Dieses System verwendet einen Spinalstab, eine Knochenschraube, ein zylindrisch ausgeformtes Aufnahmerelement und zwei Verriegelungsringe, die aus einer Formgedächtnislegierung gebildet sind. Das Aufnahmerelement umfasst eine Ausnehmung zum Aufnehmen eines kugelförmig ausgebildeten Kopfs der Knochenschraube darin und einen Kanal, der quer zu der Ausnehmung angeordnet und bemessen ist, um den Spinalstab darin aufzunehmen. Die SMA-Verriegelungsringe sind um den Umfang des Aufnahmerelements angeordnet und kontrahieren sich dort herum auf eine Änderung in der Temperatur hin. Die Kontraktion der SMA-Verriegelungsringe klemmt das Aufnahmerelement sowohl um die Knochenschraube als auch den Spinalstab, um die Knochenschraube starr an dem Spinalstab anzubringen. Vor der starren Fixierung der Knochenschraube an dem Spinalstab wird der Knochenschraube ermöglicht, sich relativ zu dem Spinalstab an einer Vielzahl von dreidimensionalen Winkelerorientierungen relativ zu dem Spinalstab zu verschwenken. Jedoch ermöglicht das Aufnahmerelement der Knochenschraube nicht, sich relativ zu dem Spinalstab an Orten zu verschwenken, die lateral angrenzend zu dem Spinalstab sind. Das Aufnahmerelement ermöglicht auch nicht, dass sich die Knochenschraube und der Spinalstab lateral relativ zueinander drehen.

[0008] Während frühere Versuche durchgeführt worden sind, um die voranstehend erwähnten Unzulänglichkeiten von herkömmlichen Spinalfixierungssystemen des Stab-Typs zu beseitigen, besteht ein in der Industrie verbleibendes Bedürfnis für eine verbesserte Verbindungsvorrichtung, die an zwei Ele-

menten angreift und diese unter Verwendung einer Formgedächtnistechnik verbindet. Die vorliegende Erfindung erfüllt dieses Bedürfnis und stellt andere Nutzen und Vorteile in einer neuartigen und nicht offensichtlichen Weise bereit.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0009] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Verbindungsvorrichtung zum Verbinden von zwei oder mehreren Elementen unter Verwendung einer Formgedächtnistechnik. Während die tatsächliche Art der Erfindung, die hier abgedeckt wird, nur unter Bezugnahme auf die hier angeführten Ansprüche bestimmt werden können, werden bestimmte Ausführungsformen der Erfindung, die charakteristisch für die bevorzugten Ausführungsformen sind, die hier beschrieben werden, nachstehend kurz beschrieben.

[0010] In jeder Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst eine Verbindungsvorrichtung ein erstes Modul mit einem Verbinderabschnitt, der für eine Verbindung mit einem ersten Element ausgelegt ist, und ein zweites Modul mit einem Verbinderabschnitt, der für eine Verbindung mit einem zweiten Element ausgelegt ist. Zusätzlich verwendet jede Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eine Formgedächtnistechnik zum Verbinden des ersten Elements mit dem zweiten Element.

[0011] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist jedes Modul einen Flansch auf, der sich davon erstreckt und der angrenzend zu einem Abschnitt des Verbinderabschnitts des anderen Moduls angeordnet ist und diesen Abschnitt überlappt. Ein Kompressionselement, welches wenigstens teilweise aus einem Formgedächtnismaterial gebildet ist, ist angrenzend zu den Flanschen angeordnet und weist eine erste Konfiguration bei einer Temperatur, die eine relative Bewegung zwischen den Modulen erlaubt, und eine zweite Konfiguration bei einer anderen Temperatur, die eine relative Bewegung zwischen den Modulen begrenzt, auf.

[0012] In einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist jedes Modul ein Paar von Flanschen, die sich davon erstrecken, auf, wobei wenigstens ein Flansch von jedem Paar von Flanschen wenigstens teilweise aus einem Formgedächtnismaterial gebildet ist. Jedes Paar von Flanschen ist angrenzend zu einem Abschnitt des Verbinderabschnitts des anderen Moduls angeordnet und überlappt diesen Abschnitt. Jedes Paar von Flanschen weist eine erste Konfiguration bei einer Temperatur, die eine relative Bewegung zwischen den Modulen erlaubt, und eine zweite Konfiguration bei einer anderen Temperatur, die eine relative Bewegung zwischen den Modulen begrenzt, auf.

[0013] In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist jedes Modul einen Fixierungsabschnitt auf, der sich davon erstreckt und benachbart zu einem Abschnitt des Verbinderabschnitts

des anderen Moduls angeordnet ist und diesen Abschnitt überlappt. Ferner enthalten ist eine Formgedächtniseinrichtung, die eine relative Bewegung zwischen den Modulen bei einer Temperatur erlaubt und eine relative Bewegung zwischen den Modulen bei einer anderen Temperatur begrenzt.

[0014] In einer zusätzlichen Ausbildung der vorliegenden Erfindung weist nur eines der Module ein Paar von Flanschen auf, die sich davon erstrecken. Das Paar von Flanschen ist angrenzend zu einem Abschnitt des Verbinderabschnitts des anderen Moduls angeordnet und überlappt diesen. Ein Kompressionselement, welches wenigstens teilweise aus einem Formgedächtnismaterial gebildet ist, ist um wenigstens einen Abschnitt der Flansche herum angeordnet und weist eine erste Konfiguration bei einer Temperatur, die eine relative Bewegung zwischen den Modulen erlaubt, und eine zweite Konfiguration bei einer anderen Temperatur, die eine relative Bewegung zwischen den Modulen begrenzt, auf. Ferner enthalten ist ein Verriegelungselement, welches wenigstens teilweise aus einem Formgedächtnismaterial gebildet ist, und wenigstens einer der Verbinderabschnitte umfasst einen Klemmabschnitt. Das Verriegelungselement ist um wenigstens einen Abschnitt des Klemmabschnitts herum angeordnet und erlaubt eine relative Bewegung zwischen dem Klemmabschnitt und dem entsprechenden einen der ersten und zweiten Elemente, wenn es sich auf einer Temperatur befindet, während es eine relative Bewegung zwischen dem Klemmabschnitt und dem entsprechenden der ersten und zweiten Elemente begrenzt, wenn es sich auf einer anderen Temperatur befindet.

[0015] In noch einer anderen Ausbildung der vorliegenden Erfindung weist nur eines der Module ein Paar von Paar von Flanschen auf, die sich davon erstrecken. Wenigstens ein Paar von Flanschen ist wenigstens teilweise aus einem Formgedächtnismaterial gebildet. Das Paar von Paar von Flanschen ist benachbart zu einem Abschnitt des Verbinderabschnitts des anderen Moduls angeordnet und überlappt diesen Abschnitt und weist eine erste Konfiguration bei einer Temperatur, die eine relative Bewegung zwischen den Modulen erlaubt, und eine zweite Konfiguration bei einer anderen Temperatur, die eine relative Bewegung zwischen den Modulen begrenzt, auf. Wenigstens einer der Verbinderabschnitte umfasst einen Klemmabschnitt, welcher wenigstens teilweise aus einem Formgedächtnismaterial gebildet ist. Der Klemmabschnitt erlaubt eine relative Bewegung zwischen dem Klemmabschnitt und dem entsprechenden einen der ersten und zweiten Elemente bei einer Temperatur und begrenzt eine relative Bewegung zwischen dem Klemmabschnitt und dem entsprechenden einen der ersten und zweiten Elemente bei einer anderen Temperatur.

[0016] Andere Ausbildungen der vorliegenden Erfindung umfassen den Einbau einer Lippe auf einem der Module und eine Schulter auf dem anderen der

Module. Die Lippe und die Schulter arbeiten zusammen, um vorläufig die ersten und zweiten Module in einer teleskopischen Beziehung zu halten.

[0017] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Verbindungsvorrichtung zum Verbinden von zwei oder mehreren Elementen unter Verwendung einer Formgedächtnistechnik bereitzustellen.

[0018] Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Verbindungsvorrichtung zur Verwendung in einem Spinalfixierungssystem zum Verbinden eines Spinalstabs mit einer Vielzahl von Knochenankern bereitzustellen.

[0019] Noch eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Verbindungsvorrichtung bereitzustellen, die an zwei Elementen angreifen und diese verbinden kann, während den Elementen erlaubt wird, sich während eines nicht gesicherten Zustands relativ zueinander zu bewegen.

[0020] Weitere Aufgaben, Merkmale, Vorteile, Nutzen und Aspekte der vorliegenden Erfindung ergeben sich näher aus den Zeichnungen und der Beschreibung, die hier enthalten sind.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0021] In den Zeichnungen zeigen:

[0022] **Fig. 1** eine hintere Ansicht einer Wirbelsäule, die ein Spinalfixierungssystem in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, welches daran angebracht ist, zeigt;

[0023] **Fig. 2** eine vergrößerte Ansicht einer Verbindungsvorrichtung des in **Fig. 1** gezeigten Systems;

[0024] **Fig. 3** eine Querschnittsansicht der in **Fig. 2** dargestellten Verbindungsvorrichtung;

[0025] **Fig. 4** eine perspektivische Explosionsansicht einer Ausführungsform einer Verbindungsvorrichtung zur Verwendung mit dem in **Fig. 1** dargestellten System;

[0026] **Fig. 5** einen Seitenaufriß eines Verbindungsmoduls zur Verwendung mit der in **Fig. 4** dargestellten Verbindungsvorrichtung;

[0027] **Fig. 6** eine Querschnittsansicht des Verbindungsmoduls, das in **Fig. 5** dargestellt ist, entlang der Schnittlinie 6-6 in **Fig. 5**;

[0028] **Fig. 7** eine Ansicht von oben auf das Verbindungsmodul, das in **Fig. 5** dargestellt ist;

[0029] **Fig. 8** einen Seitenaufriß einer Spinalfixierungssystem-Verbindungsvorrichtung in Übereinstimmung mit einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0030] **Fig. 9** eine Querschnittsansicht der Verbindungsvorrichtung, die in **Fig. 8** dargestellt ist, wobei eine erste Betriebskonfiguration der Verbindungsvorrichtung dargestellt ist; und

[0031] **Fig. 10** eine Querschnittsansicht der Verbindungsvorrichtung, die in **Fig. 8** dargestellt ist, wobei eine zweite Betriebskonfiguration der Verbindungsvorrichtung gezeigt ist.

## BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0032] Um ein Verständnis der Prinzipien der Erfindung zu fördern, wird nun auf die Ausführungsform Bezug genommen, die in den Zeichnungen dargestellt ist, und eine spezifische Sprache wird verwendet, um diese zu beschreiben.

[0033] **Fig. 1** zeigt ein Spinalfixierungssystem **10** in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Das System **10** ist so dargestellt, wie es an einer Wirbelsäule **12** angebracht ist, die aus einer Vielzahl von Wirbeln **V** besteht. Das System **10** umfasst allgemein ein Paar von Spinalstäben **14**, die auf gegenüberliegenden Seiten der Wirbelsäule **12** angeordnet sind, und eine Vielzahl von Knochenankern **16**, die jeweils an einem Abschnitt eines Wirbels **V** angebracht und entlang der Länge der Spinalstäbe **14** befestigt sind. Obwohl die Anbringung im Zusammenhang mit drei Wirbeln gezeigt ist, sei darauf hingewiesen, dass die Größe und die Konfiguration des Systems **10** verändert werden kann, so dass irgendeine Anzahl von Wirbeln **V** relativ zueinander an einer Stelle gehalten werden können. Es sei ferner darauf hingewiesen, dass das System **10** einen einzelnen Spinalstab **14** umfassen kann, der an einer Seite der Wirbelsäule **12** angebracht ist, obwohl vorzugsweise ein Spinalstab **14** an jeder Seite der Wirbelsäule **12** angebracht wird. Zusätzlich kann das System **10** in einer Vielzahl von Anwendungen im Zusammenhang mit dem Rückgrat verwendet werden, um einen breiten Bereich von Spinalpathologien abzudecken. Zum Beispiel kann die Anwendung des Systems **10** auf den Lumbal-Bereich des Rückgrats zur Fixierung nach einer Diskektomie beschränkt sein. Alternativ kann sich das System **10** im wesentlichen entlang der gesamten Länge der Thorax- und Lumbal-Bereiche des Rückgrats erstrecken, um eine Deformation wie Skoliose (Scoliosis) zu korrigieren. Bei anderen Anwendungen kann das System **10** eine Fixierung und Stabilisation des zervikalen Rückgrats bereitstellen, so wie dies unter Umständen nach einem Bruch oder einer Ausrenkung der Fall sein kann. Durchschnittsfachleute in dem technischen Gebiet verstehen natürlich, dass sich die Konfiguration der Komponenten des Systems **10** in Abhängigkeit von dem Bereich des Rückgrats, der behandelt werden soll, und dem Typ einer Behandlung, die durchgeführt werden soll, verändern wird.

[0034] Die **Fig. 2–4** stellen zusätzliche Einzelheiten bezüglich des Aufbaus und des Betriebs des Systems **10** bereit. Wie in den **Fig. 2–3** gezeigt, ist der Knochenanker **16** mit einem Spinalstab **14** mit Hilfe einer Verbindungsvorrichtung **20** verbunden. Wie sich am deutlichsten der **Fig. 4** entnehmen lässt, umfasst die Verbindungsvorrichtung **20** erste und zweite Module **22a**, **22b**, erste und zweite Kompressionselemente **24a**, **24b** und erste und zweite Verriegelungselemente **26a**, **26b**. Die Verbindungsvorrichtung **20** definiert auch eine longitudinale Achse **L**.

[0035] Bezugnehmend insbesondere auf **Fig. 2** umfasst ein Knochenanker **16** einen Gewindeschacht **30**, der die Gewindewindungen trägt, die konfiguriert sind, um in einen Knochen getrieben zu werden. In einer spezifischen Ausführungsform sind die Gewindewindungen aufhebende Gewindewindungen, die konfiguriert sind, um in einen Wirbelsäulenknochen, beispielsweise einen Wirbel **V**, eingetrieben zu werden. Der Knochenanker **16** umfasst auch einen oberen Abschnitt **32**. Der obere Abschnitt **32** umfasst vorzugsweise, aber nicht notwendigerweise, eine Werkzeugaufnahmeausnehmung **36**. Die Werkzeugaufnahmeausnehmung **36** kann konfiguriert sein, um irgendeine Art von Eintreibwerkzeug aufzunehmen. In einer spezifischen Ausführungsform ist die Werkzeugaufnahmeausnehmung **36** eine hexagonale Ausnehmung, deren Größe so bemessen ist, dass sie das hexagonale Ende eines Eintreibwerkzeugs aufnimmt, um das Eindrehen des Knochenankers **16** in einen Abschnitt des Wirbels **V** zu ermöglichen. Der obere Abschnitt **32** definiert eine allgemein kreisförmige äußere Oberfläche **38**. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die äußere Oberfläche **38** eine Vielzahl von Formen annehmen kann, beispielsweise quadratisch, eine Ellipse oder eine Anzahl von anderen polygonalen Konfigurationen. In ähnlicher Weise sei darauf hingewiesen, dass der Spinalstab **14** ebenfalls eine Vielzahl von alternativen Formen und Konfigurationen annehmen kann, obwohl der Spinalstab **14** so gezeigt ist, dass er einen allgemein kreisförmigen Querschnitt aufweist.

[0036] Bezugnehmend nun auf die **Fig. 5–7** sind dort verschiedene strukturelle Einzelheiten des ersten Moduls **22a** gezeigt. Weil die ersten und zweiten Module **22a** und **22b** im wesentlichen identische Konfigurationen aufweisen, beziehen sich die **Fig. 5–7** zur Vereinfachung nur auf die Konfiguration des ersten Moduls **22a**. Jedoch sei darauf hingewiesen, dass die Module **22a**, **22b** andere Konfigurationen in Abhängigkeit von der besonderen Anwendung annehmen können. Das erste Modul **22a** umfasst einen Verbinderabschnitt **40** und ein Paar von allgemein gegenüberliegenden Flanschen **22a**, **22b**, die sich davon erstrecken und allgemein parallel zu der longitudinalen Achse **L** ausgerichtet sind. Der Verbinderabschnitt **40** weist eine im wesentlichen kreisförmige Form auf und umfasst einen oberen Abschnitt **44**, einen mittleren Abschnitt **46** und einen unteren Abschnitt **48**. Der Verbinderabschnitt **40** umfasst einen Klemmabschnitt **50**, der wenigstens teilweise durch den oberen Abschnitt **44** und den mittleren Abschnitt **46** definiert wird.

[0037] Der Klemmabschnitt **50** definiert eine Öffnung **52**, die sich dadurch erstreckt und allgemein senkrecht zu der longitudinalen Achse **L** ausgerichtet ist. In einer spezifischen Ausführungsform weist die Öffnung **52** eine erste Querschnittsfläche **52a** und eine zweite Querschnittsfläche **52** auf, wie sich am deutlichsten der **Fig. 6** entnehmen lässt. In dieser spezifischen Ausführungsform weist die erste Quer-

schnittsfläche **52a** einen Durchmesser auf, der im wesentlichen gleich zu entweder dem Durchmesser des Spinalstabs **14** oder des oberen Abschnitts **32** des Knochenankers **16** ist. Die zweite Querschnittsfläche **52b** weist einen Durchmesser auf, der etwas größer als der Durchmesser der ersten Querschnittsfläche **52a** ist, wobei der Vorteil davon nachstehend noch diskutiert wird. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die Öffnung **52** konfiguriert werden kann, um eine einzelne gleichförmige Querschnittsfläche zu definieren. Der Klemmabschnitt **50** definiert ebenfalls einen Schlitz **56**, der die Öffnung **52** schneidet. Der Schlitz **56** erstreckt sich durch den oberen Abschnitt **44** und durch einen Abschnitt des mittleren Abschnitts **46**. In einer bevorzugten Ausführungsform erstreckt sich der Schlitz **56** über die gesamte Breite des mittleren Abschnitts **46** und ist allgemein entlang der longitudinalen Achse **L** ausgerichtet. Die Öffnung **52** und der Schlitz **56** arbeiten somit zusammen, um eine C-förmige Ausnehmung zu definieren, die durch ein Paar von allgemein gegenüberliegenden Seitenwänden **58a**, **58b** begrenzt ist. Es sei darauf hingewiesen, dass die Öffnung **52** und der Schlitz **56** genauso anders ausgeformte Ausnehmungen definieren können. Zum Beispiel wird auch eine U-förmige Ausnehmung in Erwägung gezogen.

[0038] Der obere Abschnitt **44** weist einen Durchmesser  $D_1$  auf. Der Durchmesser des mittleren Abschnitts **46** ist größer als der Durchmesser  $D_1$ , so dass eine ringförmige Schulter **60** definiert wird, die sich kontinuierlich um den Verbinderabschnitt **40** herum erstreckt. Der untere Abschnitt **48** weist einen Durchmesser  $D_2$  auf, der geringfügig größer als der Durchmesser des mittleren Abschnitts **46** ist, so dass eine ringförmige Schulter **62** definiert wird, die sich kontinuierlich um den Verbinderabschnitt **40** herum erstreckt. Die ringförmige Schulter **62** ist vorzugsweise nach innen abgerundet, um einen kreisförmigen Reif zu definieren. Jedoch sei darauf hingewiesen, dass die ringförmige Schulter **62** auch andere Konfigurationen annehmen kann, beispielsweise einen angewinkelten Übergang zwischen dem oberen Abschnitt **46** und dem unteren Abschnitt **48**.

[0039] Gegenüberliegende Flansche **42a**, **42b** definieren allgemein einen Teilzylinder und sind allgemein um die longitudinale Achse **L** herum angeordnet. Die Flansche **42a**, **42b** sind auf gegenüberliegenden Seiten des Verbinderabschnitts **40** positioniert und definieren einen inneren Durchmesser  $D_3$  zwischen der inneren Oberfläche **63a** des Flansches **62a** und der inneren Oberfläche **63b** des Flansches **62b**. Die Flansche **42a**, **42b** definieren auch einen äußeren Durchmesser  $D_4$  zwischen der äußeren Oberfläche **65a** des Flansches **42a** und der äußeren Oberfläche **65b** des Flansches **42b**. Der innere Durchmesser  $D_3$  ist im wesentlichen gleich zu dem Durchmesser  $D_2$  des unteren Abschnitts **48**. Die Flansche **42a**, **42b** definieren vorzugsweise, aber nicht notwendigerweise, eine sich nach innen erstreckende Lippe **64a**, **64b**. Die Lippen **64a**, **64b** weisen eine

teilweise kreisförmige Form auf, so dass eine kreisförmige Rundung definiert wird, die allgemein dem kreisförmigen Reif entspricht, der von der ringförmigen Schulter **62** definiert wird. Es sei darauf hingewiesen, dass die Lippen **64a**, **64b** auch andere Konfigurationen annehmen können, beispielsweise derartige, die eine angewinkelte Oberfläche aufweisen, die allgemein einem angewinkelten Übergang zwischen dem oberen Abschnitt **46** und dem unteren Abschnitt **48** entspricht. Die Enden der Flansche **42a**, **42b**, die angrenzend zu dem Verbinderabschnitt **40** positioniert sind, definieren vorzugsweise einen gerundeten Endabschnitt **66**, um spitze Kanten zu beseitigen, die während der Installation des Systems **10** von Nachteil sein können. Wie in **Fig. 7** gezeigt, erstreckt sich jeder Flansch **42a**, **42b** unter einem Winkel  $\alpha_1$  und die Flansche sind voneinander durch einen Winkel  $\alpha_2$  getrennt. In einer Ausführungsform beträgt der Winkel  $\alpha_1$  ungefähr  $60^\circ$  und der Winkel  $\alpha_2$  beträgt ungefähr  $120^\circ$ . Jedoch sei darauf hingewiesen, dass diese Winkel nur beispielhaft sind und es nicht beabsichtigt ist, den Schutzzumfang in irgendeiner Weise zu beschränken.

[0040] Obwohl das erste Modul **22a** in den **Fig. 5–7** so dargestellt ist, dass es ein Paar von allgemein gegenüberliegenden Flanschen **42a**, **42b** aufweist, können in einer anderen Ausführungsform der Verbindungsvorrichtung **20** das erste Modul **22a** und das zweite Modul **22b** jeweils einen einzelnen Flansch aufweisen, der sich davon erstreckt. In noch einer anderen Ausführungsform kann eines der Module **22a**, **22b** ein Paar von Flanschen **42a**, **42b** einschließen, während das andere der Module entweder einen einzelnen Flansch oder keine Flansche einschließt. In einer spezifischen Ausführungsform sind die Flansche **42a**, **42b** an dem Verbinderabschnitt **40** zum Beispiel durch einen Schweißvorgang angebracht. Jedoch sei darauf hingewiesen, dass die Flansche **42a**, **42b** auch als ein integraler Teil des Verbinderabschnitts **40** gebildet werden können.

[0041] Wiederum Bezug nehmend auf die **Fig. 2–3** lässt sich ersehen, dass erste und zweite Kompressionselemente **24a**, **24b** um einen Abschnitt der ersten und zweiten Module **22a**, **22b** herum angeordnet sind. Insbesondere sind Kompressionselemente **24a**, **24b** entlang der longitudinalen Achse **L** angeordnet und nicht um einen Abschnitt der Flansche **42a**, **42b** der Module **22a**, **22b**. In einem Merkmal der vorliegenden Erfindung weist jedes Kompressionselement **24a**, **24b** eine im wesentlichen ähnliche Konfiguration auf. Jedoch wird auch in Erwägung gezogen, dass Kompressionselemente **24a**, **24b** andere Konfigurationen in Abhängigkeit von der bestimmten Anwendung annehmen können. Obwohl die spezifische Ausführungsform der Verbindungsvorrichtung **20** so gezeigt ist, dass sie Kompressionselemente **24a**, **24b** aufweist, sei darauf hingewiesen, dass die Verbindungsvorrichtung **20** nur ein einzelnes Kompressionselement besitzen muss.

[0042] Die Kompressionselemente **24a**, **24b** sind

wenigstens teilweise aus einem Formgedächtnismaterial gebildet, beispielsweise Nitinol<sup>®</sup>, eine bikompatible Formgedächtnismetall-Legierung aus Nickel und Titan. In dem technischen Gebiet ist altbekannt, dass Gegenstände, die aus Formgedächtnismaterialien hergestellt sind, biegsam sind und typischer Weise bei Temperaturen unterhalb von ihrem Transformationstemperaturbereich leicht neu ausgestaltet werden können. Derartigen Gegenstände können trainiert werden, so dass sie eine vorprogrammierte Form aufweisen, in die sich der Gegenstand ändern wird, wenn das Material eine Temperatur über seinem Transformationstemperaturbereich erreicht. Nachdem er aus seinem ursprünglichen Zustand deformiert worden ist, wird der Gegenstand bzw. der Artikel somit versuchen, auf seine vorprogrammierte Form zurückzukehren, wenn er auf eine Temperatur über seinen Transformationstemperaturbereich erwärmt wird. Damit wandelt der Gegenstand eine Wärmeenergie in mechanische Arbeit um. Es gibt eine breite Vielfalt von Formgedächtnismaterialien, einschließlich von Formgedächtnismetall-Legierungen (z.B. auf Titan basierende Legierungen und auf Eisen basierende Legierungen) und Formgedächtnispolymeren, die einen breiten Bereich von möglichen Transformationstemperaturbereichen aufweisen. Eine Auswahl eines geeigneten Formgedächtnismaterials wird größtenteils von den geforderten Materialeigenschaften für die bestimmte Anwendung und der Arbeitsumgebung der Einrichtung abhängen. Nitinol<sup>®</sup> eignet sich gut für die besondere Anwendung der vorliegenden Erfindung, weil es einen Transformationstemperaturbereich zwischen der Raumtemperatur und der normalen menschlichen Körpertemperatur bereitstellt. Ferner weist Nitinol<sup>®</sup> eine sehr geringe Korrosionsrate auf, was einen Vorteil bei der Verwendung innerhalb des menschlichen Körpers bereitstellt. Zusätzlich haben Implantierungsstudien bei Tieren minimale Elevationen von Nickel in den Geweben in Kontakt mit dem Nitinol<sup>®</sup>-Material gezeigt. Jedoch sei darauf hingewiesen, dass andere für medizinische Anwendungen geeignete Formgedächtnismaterialien anstelle von Nitinol<sup>®</sup> alternativ verwendet werden könnten.

[0043] Wie sich am besten der **Fig. 4** entnehmen lässt, sind die Kompressionselemente **24a**, **24b** allgemein ringförmig und definieren einen inneren Durchmesser  $D_5$ . Es sei darauf hingewiesen, dass andere Formen und Konfigurationen ebenfalls in Erwägung gezogen werden, so wie diese einem Durchschnittsfachmann in dem technischen Gebiet nahe liegen würden, während die Kompressionselemente **24a**, **24b** als kreisförmige Ringe dargestellt sind. Wenn das Formgedächtnismaterial in seinem Martensit- oder Raumtemperaturzustand ist, ist der innere Durchmesser  $D_5$  geringfügig größer als der äußere Durchmesser  $D_4$  der Flansche **42a**, **42b**. Mit anderen Worten umfasst jedes Kompressionselement **24a**, **24b** eine innere Oberfläche **70**, die allgemein den äußeren Oberflächen **65a**, **65b** der Flansche **42a**, **42b**

entspricht, so dass die Kompressionselemente **24a**, **24b** verschiebbar über den Flanschen **42a**, **42b** der ersten und zweiten Module **22a**, **22b** aufgenommen werden können, wenn das Formgedächtnismaterial auf einer Temperatur unterhalb seines Transformationstemperaturbereichs ist.

[0044] Wiederum bezugnehmend auf die **Fig. 2–3** lässt sich ersehen, dass erste und zweite Verriegelungselemente **26a**, **26b** um einen Abschnitt der ersten und zweiten Module **22a**, **22b** herum angeordnet sind. Insbesondere sind Verriegelungselemente **26a**, **26b** entlang der longitudinalen Achse L und um einen oberen Abschnitt **44** des Verbinderschnitts **40** herum angeordnet. In einem Merkmal der vorliegenden Erfindung weist jedes Verriegelungselement **26a**, **26b** eine im wesentlichen ähnliche Konfiguration auf. Jedoch wird auch in Erwägung gezogen, dass Verriegelungselemente **26a**, **26b** unterschiedliche Konfigurationen annehmen, und zwar in Abhängigkeit von der besonderen Anwendung. Die Verriegelungselemente **26a**, **26b** sind wenigstens teilweise aus einem Formgedächtnismaterial gebildet, beispielsweise aus Nitinol<sup>®</sup>.

[0045] Wie sich am besten der **Fig. 4** entnehmen lässt, sind die Verriegelungselemente **26a**, **26b** allgemein ringförmig und definieren einen inneren Durchmesser  $D_6$ . Es sei darauf hingewiesen, dass andere Formen und Konfigurationen ebenfalls in Erwägung gezogen werden, so wie diese einem Durchschnittsfachmann in dem technischen Gebiet nahe liegen würden, während die Verriegelungselemente **26a**, **26b** als kreisförmige Ringe dargestellt sind. Wenn das Formgedächtnismaterial in seinem Martensit- oder Raumtemperaturzustand ist, ist der innere Durchmesser  $D_6$  geringfügig größer als der äußere Durchmesser  $D_1$  des oberen Abschnitts **44** des Verbinderschnitts **40**. Mit anderen Worten, jedes Verriegelungselement **26a**, **26b** umfasst eine innere Oberfläche **80**, die allgemein der äußeren Oberfläche des oberen Abschnitts **44** entspricht, so dass Verriegelungselemente **26a**, **26b** verschiebbar über dem oberen Abschnitt **44** der ersten und zweiten Module **22a**, **22b** aufgenommen werden können, wenn das Formgedächtnismaterial auf einer Temperatur unterhalb seines Transformationstemperaturbereichs ist.

[0046] Bezugnehmend kollektiv auf die **Fig. 2–4** wird die Verbindungsvorrichtung **20** durch Positionieren der Flansche **42a**, **42b** des ersten Moduls **22a** angrenzend zu und den Verbinderschnitt **40** des zweiten Moduls **22b** überlappend und entsprechendes Positionieren von Flanschen **42a**, **42b** des zweiten Moduls **22b** angrenzend zu und den Verbinderschnitt **40** des ersten Moduls **22a** überlappend zusammengebaut. Mit anderen Worten, der Verbinderschnitt **40** des zweiten Moduls **22b** wird teleskopisch zwischen den Flanschen **42a**, **42b** des ersten Moduls **22a** angeordnet und der Verbinderschnitt **40** des ersten Moduls **22a** wird teleskopisch zwischen den Flanschen **42a**, **42b** des zweiten Moduls **22b** angeordnet. Somit wird dem ersten Modul **22a**

und dem zweiten Modul **22b** ermöglicht, sich in einer teleskopischen Beziehung relativ zueinander allgemein entlang der longitudinalen Achse L zu bewegen. Um vorübergehend die ersten und zweiten Module **22a**, **22b** in dieser teleskopischen Beziehung zu halten, wird das erste Modul **22a** in Richtung auf das zweite Modul **22b** hin vorgerückt, bis die sich nach innen erstreckenden Lippen **64a**, **64b** des ersten Moduls **22a** über den unteren Abschnitt **48** des zweiten Moduls **22b** hinaus positioniert sind und die Lippen **64a**, **64b** des zweiten Moduls **22b** entsprechend über den unteren Abschnitt **48** des ersten Moduls **22a** hinaus entsprechend positioniert sind. Weil der Abstand zwischen den Lippen **64a** und **64b** geringfügig kleiner als der Durchmesser des unteren Abschnitts **48** ist, werden die Flansche **42a**, **42b** nach außen auseinander gespreizt, während die Lippen **64a**, **64b** über den unteren Abschnitt **48** geschoben werden. Wenn die Lippen **64a**, **64b** über den unteren Abschnitt **48** und die angrenzende ringförmige Schulter **62** hinaus positioniert sind, wird den Flanschen **42a**, **42b** ermöglicht, in ihre nicht auseinandergespreizte Konfiguration zurückzuschnappen. Somit arbeiten die Lippen **64a**, **64b** mit der ringförmigen Schulter **62** zusammen, um vorübergehend die ersten und zweiten Module **22a**, **22b** in einem gleitenden Eingriff zu halten. [0047] In der spezifischen Ausführungsform der Verbindungsvorrichtung **20**, wie in den Fig. 2–4 gezeigt ist, umfassen Flansche **42a**, **42b** des ersten und zweiten Moduls **22a**, **22b** jeweils Lippen **64a**, **64b**. Jedoch sei darauf hingewiesen, dass Lippen **64a**, **64b** nicht notwendigerweise auf beiden Paaren von Flanschen vorgesehen werden müssen, um Module **22a**, **22b** in einem gleitenden Eingriff vorübergehend zu halten. Zum Beispiel könnten Lippen **64a**, **64b** nur auf Flanschen **42a**, **42b** des zweiten Moduls **22b** vorgesehen sein. In ähnlicher Weise sei darauf hingewiesen, dass jeder Flansch **42a**, **42b** nicht notwendigerweise eine sich nach innen erstreckende Lippe umfassen muss. Zum Beispiel könnte der Flansch **42a** die Lippe **64a** umfassen, aber der Flansch **42b** muss die Lippe **64b** nicht notwendigerweise umfassen. Obwohl die spezifische Ausführungsform der Verbindungsvorrichtung **20** jedes der ersten und zweiten Module **22a**, **22b** so darstellt, dass sie eine ringförmige Schulter **62** umfassen, sei zusätzlich darauf hingewiesen, dass die ringförmige Schulter **62** nicht notwendigerweise auf beiden Modulen **22a**, **22b** vorgesehen werden muss. [0048] Wenn zum Beispiel eine sich nach innen erstreckende Lippe auf einem (oder beiden) der Flansche **42a**, **42b** des ersten Moduls **22a** vorgesehen ist, dann muss eine ringförmige Schulter **62** auf dem zweiten Modul **22b** vorgesehen werden, aber nicht notwendigerweise auf dem ersten Modul **22a**. Ferner sei darauf hingewiesen, dass die ringförmige Schulter **62** nicht notwendigerweise kontinuierlich um einen Verbinderabschnitt **40** herum definiert werden muss. Zum Beispiel könnte die ringförmige Schulter **62** um nur einen Abschnitt des Verbinderschnitts

**40** herum definiert werden oder könnte um allgemeinem gegenüberliegende Abschnitte des Verbinderschnitts **40** zwischen den Flanschen **42a**, **42b** definiert werden.

[0049] Zusätzlich dazu, dass den Modulen **22a**, **22b** ermöglicht wird, sich in einer teleskopischen Beziehung entlang der longitudinalen Achse L zu bewegen, ermöglicht die Verbindungsvorrichtung **20** den Modulen **22a** und **22b** auch, sich relativ zueinander allgemein um die Achse L zu drehen. Wie sich am deutlichsten den Fig. 2–4 entnehmen lässt, sind die Flansche **42a**, **42b** des ersten Moduls **22a** zwischen den Flanschen **42a**, **42b** des zweiten Moduls **22b** positioniert. Somit wird den Flanschen **42a**, **42b** des Moduls **22a** und den Flanschen **42a**, **42b** des Moduls **22b** erlaubt bzw. ermöglicht, sich zueinander um die Achse L frei zu drehen. Der Grad einer zulässigen relativen Drehung zwischen den Modulen **22a** und **22b** wird mit dem Winkel  $\alpha_1$  und dem Winkel  $\alpha_2$  vorgegeben, wie in Fig. 7 dargestellt. Genauer gesagt, ist der Grad einer zulässigen relativen Drehung zwischen den Modulen **22a** und **22b** gleich zu  $\alpha_2 - \alpha_1$ . In einer spezifischen Ausführungsform ist der Winkel  $\alpha_1$  ungefähr  $60^\circ$  und der Winkel  $\alpha_2$  ist ungefähr  $120^\circ$ . In dieser spezifischen Ausführungsform ist der Betrag einer zulässigen relativen Drehung zwischen den Modulen **22a** und **22b** ungefähr  $60^\circ$ .

[0050] Wiederum bezugnehmend auf die Fig. 2–4 sind Kompressionselemente **24a**, **24b** so gezeigt, wie sie um die Flansche **42a**, **42b** der ersten und zweiten Module **22a**, **22b** positioniert sind. Kompressionselemente **24a**, **24b** weisen eine erste Konfiguration auf, in der ihr effektiver innerer Durchmesser  $D_5$  geringfügig größer als der effektive äußere Durchmesser  $D_4$  der Flansche **42a**, **42b** ist, wenn das Formgedächtnismaterial innerhalb der Kompressionselemente **24a**, **24b** in seinem Martensit-Zustand (d.h. auf einer Temperatur unterhalb des Transformationstemperaturbereichs) ist. Idealerweise wird das Formgedächtnismaterial in seinem Martensit-Zustand bei Raumtemperatur oder etwas unter der Raumtemperatur bleiben. Während die Kompressionselemente **24a**, **24b** in ihrer ersten Konfiguration gehalten werden, können somit deren axiale Positionen entlang der Flansche **42a**, **42b** eingestellt werden und den ersten und zweiten Modulen **22a**, **22b** wird entsprechend ermöglicht, sich teleskopisch zu bewegen und relativ zueinander zu drehen.

[0051] Der Spinalstab **14** ist innerhalb der Öffnung **52** des ersten Moduls **22a** aufgenommen und der obere Abschnitt **32** des Knochenankers **16** ist innerhalb der Öffnung **52** des zweiten Moduls **22b** aufgenommen. Der Knochenanker **16** kann mit einem Abschnitt eines Wirbels V in Eingriff gebracht werden, indem ein Eintreibwerkzeug (nicht gezeigt) in eine Werkzeugaufnahmeausnehmung **36** gebracht wird und der Gewindeschäft **30** in den Wirbelknochen eingetrieben wird. Vorzugsweise wird der Knochenanker **16** in den Wirbel V auf eine empfohlene Tiefe für eine ausreichende Fixierung eingetrieben, aber vorzugs-

weise nicht so tief, dass die Verbindungsvorrichtung **20** den Wirbelknochen kontaktieren oder an diesen drücken wird, wenn sie an dem Knochenanker **16** angebracht ist. Es sei auch darauf hingewiesen, dass der Knochenanker **16** alternativ in einen Abschnitt eines Wirbels **V** eingetrieben werden kann, bevor der obere Abschnitt **32** in der Öffnung **52** aufgenommen wird. Es sei ferner darauf hingewiesen, dass der Spinalstab **14** und der Knochenanker **16** jeweils innerhalb der Öffnung **52** der ersten und zweiten Module **22a** und **22b** vor dem Zusammenbau der Verbindungsvorrichtung **20** aufgenommen werden können. Mit anderen Worten, die ersten und zweiten Module **22a** und **22b** können nach der Einfügung des Spinalstabs **14** und des oberen Abschnitts **32** des Knochenankers **16** in die Öffnungen **52** zusammengebaut werden. Es sei ferner darauf hingewiesen, dass der Spinalstab **14** in der Öffnung **52** entweder des ersten Moduls **22a** oder des zweiten Moduls **22b** aufgenommen werden kann. Der Knochenanker **16** kann dann innerhalb der anderen der Öffnungen **52** aufgenommen werden.

[0052] Die Verriegelungselemente **26a** und **26b** sind um einen oberen Abschnitt **44** der ersten und zweiten Module **24a**, **24b** und angrenzend zu der ringförmigen Schulter **60** positioniert. Die Verriegelungselemente **26a**, **26b** weisen eine erste Konfiguration auf, bei der ihr effektiver innerer Durchmesser  $D_6$  geringfügig größer als der effektive äußere Durchmesser  $D_1$  des oberen Abschnitts **44** ist, wenn das Formgedächtnismaterial innerhalb der Verriegelungselemente **26a**, **26b** in seinem Martensit-Zustand ist. Idealerweise wird das Formgedächtnismaterial in seinem Martensit-Zustand bei Raumtemperatur oder etwas unterhalb der Raumtemperatur bleiben. Während die Verriegelungselemente **26a**, **26b** in ihrer ersten Konfiguration gehalten werden, können sie somit um einen oberen Abschnitt **44** des Verbinderschnitts **40** herum positioniert werden. Dem Spinalstab **14** und dem Knochenanker **16** wird entsprechend ermöglicht, sich innerhalb der Öffnung **52** relativ zu dem Klemmschnitt **50** gleitbar bzw. verschiebbar zu bewegen. Mit anderen Worten, der Verbindungsvorrichtung **20** wird ermöglicht, sich entlang der Länge des Spinalstabs **14** zu verschieben und sich um den Spinalstab **14** herum zu verschwenken. Genauso wird der Verbindungsvorrichtung ermöglicht, sich entlang der Länge des oberen Abschnitts **32** des Knochenankers **16** zu verschieben und um den oberen Abschnitt **32** herum zu verschwenken.

[0053] Sobald das erste Modul **22a** an einer gewünschten axialen und rotationsmäßigen Position relativ zu dem zweiten Modul **22b** positioniert ist, werden die Kompressionselemente **24a**, **24b** aufgewärmt. Wenn die Temperatur der Kompressionselemente **24a**, **24b** über den Transformationstemperaturbereich des Formgedächtnismaterials erhöht wird, dann verschiebt sich das Formgedächtnismaterial von seinem Martensit-Zustand auf seinen Austenit-Zustand. In dem Austenit-Zustand werden die

Kompressionselemente **24a**, **24b** wieder in eine zweite Konfiguration umgeformt, in der ihr innerer Durchmesser  $D_5$  verringert ist. Wenn die Kompressionselemente **24a**, **24b** in ihre zweite Konfiguration bei einer Temperatur über dem Transformationstemperaturbereich des Formgedächtnismaterials wieder ausgebildet werden, werden somit die Kompressionselemente **24a**, **24b** sich um den Flansch **42a**, **42b** des ersten und zweiten Moduls **22a** und **22b** zusammenziehen. Wenn die Kompressionselemente **24a**, **24b** an den Flanschen **42a**, **42b** der Module **22a**, **22b** angreifen und sich um diese herum zusammenziehen, werden sich jedes Paar von Flanschen **42a**, **42b** entsprechend eng an den Verbinderschnitt **40** komprimieren und insbesondere an den unteren Abschnitt **48**. Die superelastischen Eigenschaften des Formgedächtnismaterials ermöglicht, das von den Kompressionselementen **24a**, **24b** beträchtliche mechanische Rückstellspannungen und deshalb Kompressionskräfte entwickelt werden. Diese Kräfte werden an die Flansche **42a**, **42b** übertragen, die wiederum eng an dem unteren Abschnitt **48** des Verbinderschnitts **40** angreifen, wodurch eine Bewegung des ersten Moduls **22a** relativ zu den zweiten Modulen **22b** eingeschränkt wird. Nachdem die Kompressionselemente **24a**, **24b** wieder in ihre zweite Konfiguration umgeformt sind, wird somit dem ersten Modul **22a** und dem zweiten Modul **22b** nicht mehr ermöglicht, sich entlang der Achse **L** frei zu bewegen und sich um die Achse **L** relativ zueinander frei zu drehen.

[0054] Obwohl verschiedene Vorgehensweisen möglich sind, mit denen die Temperatur des Formgedächtnismaterials über dessen Transformationstemperaturbereich angehoben werden kann, werden in einer spezifischen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wenn die Verbindungsvorrichtung **20** und insbesondere die Kompressionselemente **24a**, **24b** innerhalb eines Patienten angeordnet sind, die Körpertemperatur des Patienten die Temperatur des Formgedächtnismaterials erhöhen und dieses veranlassen, sich von dessen Martensit-Zustand auf dessen Austenit-Zustand zu bewegen. Jedoch sei darauf hingewiesen, dass die Temperatur des Formgedächtnismaterials über seinen Transformationstemperaturbereich erhöht werden kann, indem ein elektrischer Strom durch die Kompressionselemente **24a**, **24b** geführt und deren Temperatur durch eine Widerstandserwärmung erhöht wird. Alternativ kann die Temperatur der Kompressionselemente **24a**, **24b** mit Hilfe einer magnetischen Induktion erhöht werden, wobei die Anwendung davon Durchschnittsfachleuten offensichtlich sein wird.

[0055] Sobald die Verbindungsvorrichtung **20** an einem gewünschten axialen Ort entlang des Spinalstabs **14** positioniert und auf eine gewünschte Winkelausrichtung um den Spinalstab **14** herum geschwenkt ist, wird das Verriegelungselement **26a** aufgewärmt. Sobald die Verbindungsvorrichtung **20** an einem gewünschten axialen Ort entlang des oberen

Abschnitts **32** des Knochenankers **16** positioniert und auf eine gewünschte Winkelausrichtung um den oberen Abschnitt **32** herum geschwenkt ist, wird genauso das Verriegelungselement **26b** aufgewärmt. Vorzugsweise werden die Verriegelungselemente **26a** und **26b** im wesentlichen gleichzeitig aufgewärmt. Idealerweise werden die Verriegelungselemente **26a** und **26b** im wesentlichen gleichzeitig mit den Kompressionselementen **24a**, **24b** aufgewärmt. Es sei darauf hingewiesen, dass die Verriegelungselemente **26a**, **26b** vorzugsweise, aber nicht notwendigerweise, aus einem Formgedächtnismaterial mit dem gleichen Transformationstemperaturbereich wie derjenige der Kompressionselemente **24a**, **24b** gebildet sind. Wenn die Temperatur der Verriegelungselemente **26a**, **26b** über dem Transformationstemperaturbereich des Formgedächtnismaterials erhöht wird, verschiebt sich das Formgedächtnismaterial von seinem Martensit-Zustand auf seinen Austenit-Zustand. In dem Austenit-Zustand werden die Verriegelungselemente **26a**, **26b** in eine zweite Konfiguration umgeformt, in der ihr innerer Durchmesser  $D_6$  auf eine vorprogrammierte Größe geringfügig kleiner als der äußere Durchmesser aus  $D_1$  des oberen Abschnitts **44** verringert ist. Wenn die Verriegelungselemente **26a**, **26b** in ihre zweite Konfiguration bei einer Temperatur über dem Transformationstemperaturbereich des Formgedächtnismaterials umgeformt sind, werden somit die Verriegelungselemente **26a**, **26b** sich um den oberen Abschnitt **44** des ersten bzw. zweiten Moduls **22a**, **22b** zusammenziehen. Wenn die Verriegelungselemente **26a**, **26b** an dem oberen Abschnitt **44** der Module **22a**, **22b** angreifen und sich um diesen herum zusammenziehen, werden Seitenwände **58a**, **58b** sich entsprechend eng an den Spinalstab **14** und den Knochenanker **16** komprimieren. Beträchtliche Kompressionskräfte werden von den Verriegelungselementen **26a**, **26b** entwickelt. Diese Kräfte werden an den Klemmabschnitt **50** der Module **22a** und **22b** übertragen, die wiederum eng an dem Spinalstab **14** und dem Knochenanker **16** angreifen, wodurch eine Bewegung des ersten Moduls **22a** relativ zu dem Spinalstab **14** und des zweiten Moduls **22b** relativ zu dem Knochenanker **16** begrenzt wird. Somit wird der Verbindungsvorrichtung **20** nicht mehr ermöglicht, sich entlang der Länge frei zu verschieben und sich um den Spinalstab **14** und den oberen Abschnitt **32** des Knochenankers **16** herum zu verschwenken. In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wenn die Verbindungsvorrichtung **20** und insbesondere die Verriegelungselemente **26a**, **26b** innerhalb eines Patienten angeordnet sind, wird die Körpertemperatur des Patienten die Temperatur des Formgedächtnismaterials erhöhen und dieses veranlassen, sich von dessen Martensit-Zustand auf dessen Austenit-Zustand zu bewegen.

[0056] Der Klemmabschnitt **50** des ersten Moduls **22a** ist konfiguriert, um dem Spinalstab **14** zu ermöglichen, sich innerhalb der Öffnung **52** zu verbiegen. Wie sich am deutlichsten der Fig. 6 entnehmen lässt,

weist die zweite Querschnittsfläche **52b** einen Durchmesser auf, der etwas größer als die erste Querschnittsfläche **52a** ist. Wiederum weist die erste Querschnittsfläche **52a** einen Durchmesser auf, der im wesentlichen gleich zu dem Durchmesser des Spinalstabs **14** ist. Wenn sich der Spinalstab **14** biegen muss, um enger der Krümmung der Wirbelsäule angepasst zu sein, stellt die zweite Querschnittsfläche **52b** einen ausreichenden Platz bereit, damit sich der Spinalstab **14** deformieren und innerhalb der Öffnung **52** verbiegen kann. Es sei darauf hingewiesen, dass die zweite Querschnittsfläche **52b** nicht notwendigerweise in dem Klemmabschnitt des zweiten Moduls **22b** enthalten sein muss, außer, wenn der obere Abschnitt **32** des Knochenankers **16** sich ebenfalls innerhalb der Öffnung **52** verbiegen muss.

[0057] In einer alternativen Ausführungsform des Klemmabschnitts **50** des ersten und zweiten Moduls **22a**, **22b** ist der Schlitz **56** verbreitert auf ungefähr die Breite der ersten Querschnittsfläche **52a** der Öffnung **52**. Somit kann der Klemmabschnitt **50** eine offene U-förmige Ausnehmung definieren. In dieser Ausführungsform könnten der Spinalstab **14** und der obere Abschnitt **32** des Knochenankers **16** von oben in den Klemmabschnitt **50** der Module **22a**, **22b** geladen werden. Die Seitenwände **58a**, **58b** würden somit ein Paar von Ergreifungszacken bilden, die dann, wenn sie auf eine Temperatur über dem Transformationstemperaturbereich des Formgedächtnismaterials erwärmt werden, sich um einen Abschnitt des Spinalstabs **14** oder des oberen Abschnitts **32** des Knochenankers **16** kontrahieren bzw. zusammenziehen würden. Eine relative Bewegung zwischen der Verbindungsvorrichtung **20** und dem Spinalstab **14** und dem Knochenanker **16** würde somit beschränkt werden.

[0058] In einer alternativen Ausführungsform der Verbindungsvorrichtung **20** könnte der Verbinderschnitt **40** des ersten und zweiten Moduls **22a**, **22b** eine kreisförmige Nut definieren, die allgemein um die longitudinale Achse  $L$  positioniert und bemessen ist, um Flansche **42a**, **42b** des gegenüberliegenden Moduls darin aufzunehmen. Anstelle einer Positionierung von Kompressionselementen **24a**, **24b** um die Flansche **42a**, **42b** der Module **22a**, **22b** herum, könnten Kompressionselemente **24a**, **24b** alternativ zwischen Flanschen **42a**, **42b** der Module **22a**, **22b** positioniert werden. In dieser alternativen Ausführungsform würden Kompressionselemente **24a**, **24b** eine erste Konfiguration aufweisen, bei der deren äußerer Durchmesser eine Größe aufweisen würde, die geringfügig kleiner als der innere Durchmesser  $D_3$  der Flansche **42a**, **42b** ist, wenn das Formgedächtnismaterial in seinem Martensit-Zustand ist. Während die Kompressionselemente **24a**, **24b** in dieser ersten Konfiguration gehalten werden, würden somit die ersten und zweiten Module **22a**, **22b** in die Lage versetzt, sich relativ zueinander teleskopisch zu bewegen und zu drehen. Sobald das Modul **22a** an einer gewünschten axialen und rotationsmäßigen Posi-

tion relativ zu dem zweiten Modul **22b** positioniert ist, können die Kompressionselemente **24a**, **24b** erwärmt werden. Wenn die Temperatur über dem Transformationstemperaturbereich des Formgedächtnismaterials ansteigt, wird sich das Formgedächtnismaterial von seinem Martensit-Zustand auf seinen Austenit-Zustand verschieben. In dem Austenit-Zustand werden die Kompressionselemente **24a**, **24b** in eine zweite Konfiguration umgeformt, in der ihr äußerer Durchmesser auf eine vorprogrammierte Größe erhöht ist, die geringfügig größer als der innere Durchmesser  $D_3$  der Flansche **42a**, **42b** ist. Wenn die Kompressionselemente **24a**, **24b** in ihre zweite Konfiguration bei einer Temperatur über den Transformationstemperaturbereich heraus umgeformt sind, werden sich die Kompressionselemente **24a**, **24b** ausdehnen und fest an die inneren Oberflächen **63a**, **63b** der Flansche **42a**, **42b** drücken. Die Flansche **42a**, **42b** werden entsprechend eng an die äußere Oberfläche der kreisförmigen Nut drücken, die in dem Verbinderabschnitt **40** des gegenüberliegenden Moduls definiert ist. Somit wird dem ersten Modul **22a** und dem zweiten Modul **22b** nicht mehr ermöglicht, sich entlang der Achse L frei zu bewegen und sich um die Achse L relativ zueinander frei zu drehen. In dieser alternativen Ausführungsform könnte die Verbindungsvorrichtung **20** auch konfiguriert sein, um die ersten und zweiten Module **22a**, **22b** in einer teleskopischen Beziehung vorübergehend zu halten, ähnlich zu der teleskopischen Beziehung, die voranstehend beschrieben wurde. Jedoch müssen die Lippen **64a**, **64b** entsprechend repositioniert werden, um sich von den Flanschen **42a**, **42b** nach außen zu erstrecken. In ähnlicher Weise muss die ringförmige Schulter **62** durch die äußere Oberfläche der kreisförmigen Nut, die in dem Verbinderabschnitt **40** definiert ist, definiert werden.

[0059] Um die Konstruktion der Verbindungsvorrichtung **20** besser zu illustrieren, werden nachstehend die Abmessungen einer hergestellten Ausführungsform aufgelistet. Es sei darauf hingewiesen, dass diese Dimensionen jedoch beispielhaft sind und nicht beabsichtigt ist, dass sie den nachgesuchten Schutzzumfang begrenzen. Die Verwendung von anderen Dimensionen und Toleranzen als diejenigen, die aufgelistet sind, werden als innerhalb des Umfangs der Erfindung angesehen. Zur Vereinfachung wird nur auf das erste Modul **22a** Bezug genommen. Jedoch sei darauf hingewiesen, dass das erste und zweite Modul **22a**, **22b** im wesentlichen identische Konfigurationen aufweisen können oder unterschiedliche Konfigurationen aufweisen können.

[0060] Bezugnehmend auf die Fig. 5-7 definiert ein erstes Modul **22a** eine longitudinale Achse L, um die es allgemein symmetrisch ist. Der Verbinderabschnitt **40** weist eine Gesamthöhe von ungefähr 10 mm auf, gemessen von der oberen Oberfläche des oberen Abschnitts **44** zu der unteren Oberfläche des unteren Abschnitts **48**. Insbesondere weist der obere Abschnitt **44** eine Höhe von ungefähr 2,023 mm auf, der

mittlere Abschnitt **46** weist eine Höhe von ungefähr 5,477 mm auf und der untere Abschnitt **48** weist eine Höhe von ungefähr 2,5 mm auf. Der Durchmesser  $D_1$  des oberen Abschnitts **44** ist vorzugsweise ungefähr 9 mm und der Durchmesser  $D_2$  des unteren Abschnitts **48** ist vorzugsweise ungefähr 14 mm. Der mittlere Abschnitt **46** weist einen Durchmesser auf, der geringfügig kleiner als der Durchmesser  $D_2$  des unteren Abschnitts **48** ist, und ist vorzugsweise ungefähr 13 mm. Wie voranstehend beschrieben, erstrecken sich die Flansche **42a**, **42b** über einen Winkel  $\alpha_1$ . Vorzugsweise beträgt der Winkel  $\alpha_1$  ungefähr  $60^\circ$ . Wie auch voranstehend beschrieben, sind die Flansche **42a**, **42b** voneinander durch einen Winkel  $\alpha_2$  getrennt. Vorzugsweise beträgt der Winkel  $\alpha_2$  ungefähr  $120^\circ$ . Der innere Durchmesser  $D_3$ , wie zwischen den inneren Oberflächen **63a**, **63b** gemessen, ist im wesentlichen gleich zu dem äußeren Durchmesser  $D_2$  des unteren Abschnitts **48**. Insbesondere beträgt der Durchmesser  $D_3$  ungefähr 14 mm. Der äußere Durchmesser  $D_4$ , wie zwischen äußeren Oberflächen **65a**, **65b** gemessen, beträgt vorzugsweise ungefähr 16 mm. Deshalb beträgt die Dicke von jedem der Flansche **42a**, **42b** ungefähr 1 mm. Die sich nach innen erstreckenden Lippen **64a**, **64b** sind vorzugsweise auf einen Radius von 0,5 mm gerundet. Entsprechend definiert die ringförmige Schulter **62** vorzugsweise einen gerundeten Reif von ungefähr 0,5 mm. Die Gesamtlänge des Moduls **22a**, wie zwischen der oberen Oberfläche des oberen Abschnitts **44** und dem unteren Ende der Flansche **42a**, **42b** gemessen, ist ungefähr 20 mm. Die Mittellinie der Öffnung **52**, die die erste Querschnittsfläche **52a** und die zweite Querschnittsfläche **52b** einschließt, ist ungefähr 4,74 mm von der unteren Oberfläche des unteren Abschnitts **48** angeordnet. Die erste Querschnittsfläche **52a** weist vorzugsweise einen Durchmesser von ungefähr 6,477 mm auf und die zweite Querschnittsfläche **52b** weist vorzugsweise einen Durchmesser von ungefähr 6,985 mm auf. Die zweite Querschnittsfläche **52b** ist allgemein entlang der Achse L zentriert und weist eine Gesamtlänge von ungefähr 8 mm auf. [0061] Bezugnehmend auf Fig. 3 weisen die Kompressionselemente **24a**, **24b** einen inneren Durchmesser  $D_5$  auf, wenn sie sich auf einer Temperatur unterhalb des Transformationstemperaturbereichs (d.h. wenn das Formgedächtnismaterial in seinem Martensit-Zustand ist) befinden. In diesem Zustand ist der innere Durchmesser  $D_5$  geringfügig größer als der äußere Durchmesser  $D_4$  der Flansche **42a**, **42b**, und ist vorzugsweise ungefähr 16,5 mm. Wenn die Kompressionselemente **24a**, **24b** auf eine Temperatur über dem Transformationstemperaturbereich angehoben werden (d.h. wenn das Formgedächtnismaterial in seinem Austenit-Zustand ist), wird der innere Durchmesser  $D_5$  verringert, so dass die innere Oberfläche **70** an den Flanschen **42a**, **42b** anliegen und die Flansche **42a**, **42b** fest gegen den Verbinderabschnitt **40** des gegenüberliegenden Moduls komprimieren können. Der äußere Durchmesser der Kom-

pressionselemente **24a, 24b** ist vorzugsweise ungefähr 18 mm. Die Dicke der Kompressionselemente **24a, 24b** ist vorzugsweise ungefähr 3 mm.

[0062] Die Verriegelungselemente **26a, 26b** weisen einen inneren Durchmesser  $D_6$  auf, wenn sie sich auf einer Temperatur unterhalb des Transformationstemperaturbereichs befinden. In diesem Zustand ist der innere Durchmesser  $D_5$  geringfügig größer als der äußere Durchmesser  $D_1$  des oberen Abschnitts **44** des Verbinderabschnitts **40** und ist vorzugsweise ungefähr 9,5 mm. Wenn die Verriegelungselemente **26a, 26b** auf eine Temperatur oberhalb des Transformationstemperaturbereichs angehoben werden, wird der innere Durchmesser  $D_5$  verringert, so dass die innere Oberfläche **80** an dem oberen Abschnitt **44** anliegen und die Seitenwände **58a, 58b** an den entsprechenden Spinalstab **14** oder das Knochenanker **16** eng andrücken kann. Der äußere Durchmesser der Verriegelungselemente **26a, 26b** ist vorzugsweise gleich zu oder geringfügig kleiner als der Durchmesser des mittleren Abschnitts **46** und ist vorzugsweise ungefähr 13 mm. Die Dicke der Verriegelungselemente **26a, 26b** ist vorzugsweise geringfügig kleiner als oder gleich zu der Höhe des oberen Abschnitts **44** und ist ungefähr vorzugsweise 2 mm. Wie voranstehend erwähnt, werden Veränderungen in diesen Entwurfsparametern, die einem Durchschnittsfachmann in dem technischen Gebiet nahe liegen werden, als innerhalb des Umfangs der Erfindung angesehen und es ist deshalb nicht beabsichtigt, dass sie den Schutzzumfang begrenzen.

[0063] In einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist das System **100** so vorgesehen, wie in den **Fig. 8–10** gezeigt. In dieser Ausführungsform ist ein Knochenanker **16** mit einem Spinalstab **14** mit Hilfe einer Verbindungsvorrichtung **20'** verbunden. Die Verbindungsvorrichtung **20'** umfasst erste und zweite Module **22a', 22b'**. Im Gegensatz zu der Verbindungsvorrichtung **20** umfasst jedoch die Verbindungsvorrichtung **20'** keine Kompressionselemente **24a, 24b** oder Verriegelungselemente **26a, 26b**. Das erste und das zweite Modul **22a', 22b'** sind dimensionsmäßig identisch zu den ersten und zweiten Modulen **22a, 22b** konfiguriert. Deshalb wird auf gleiche strukturelle Elemente, die voranstehend in den **Fig. 5–7** bezeichnet und voranstehend ausführlich diskutiert wurden, Bezug genommen. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die ersten und zweiten Module **22a', 22b'** Konfigurationen annehmen können, die sich von denjenigen der Module **22a, 22b** unterscheiden.

[0064] Die ersten und die zweiten Module **22a', 22b'** sind so dargestellt, dass sie im wesentlichen identisch wie die ersten und zweiten Module **22a, 22b** zusammengebaut sind, wie in **Fig. 2** dargestellt und voranstehend ausführlich diskutiert. Insbesondere wird die Verbindungsvorrichtung **20'** dadurch zusammengebaut, dass Flansche **42a, 42b** des ersten Moduls **22a'** angrenzend zu dem Verbinderabschnitt **40** des zweiten Moduls **22b'** und diesen überlappend positioniert werden und entsprechend Flansche **42a, 42b**

des zweiten Moduls **22b'** angrenzend zu dem Verbinderabschnitt **40** des ersten Moduls **22a'** und diesen überlappend positioniert werden. Somit werden die Module **22a'** und **22b'**, ähnlich wie die Module **22a** und **22b**, in die Lage versetzt, sich in einer teleskopischen Beziehung relativ zueinander allgemein der longitudinalen Achse **L** zu bewegen, und werden vorübergehend in dieser teleskopischen Beziehung mit Hilfe der Zusammenwirkung zwischen den Lippen **64a, 64b** und der ringförmigen Schulter **62** gehalten. Genauso wird den Modulen **22a'** und **22b'** ermöglicht, sich relativ zueinander allgemein um die Achse **L** zu drehen.

[0065] Anstelle einer Verwendung von Kompressionselementen **24a, 24b** zum Begrenzen einer Bewegung des ersten Moduls **22a'** relativ zu dem zweiten Modul **22b'**, wird ein Abschnitt von jedem Paar von Flanschen **42a, 42b** aus einem Formgedächtnismaterial gebildet. Insbesondere wird wenigstens einer der Flansche **42a, 42b** wenigstens teilweise aus einem Formgedächtnismaterial gebildet, beispielsweise aus Nitinol®.

[0066] Bezugnehmend nun auf **Fig. 9** ist dort eine erste Betriebskonfiguration der Verbindungsvorrichtung **20'** dargestellt. Die Flansche **42a, 42b** der ersten und zweiten Module **22a', 22b'** weisen eine erste Konfiguration auf, bei der der innere Durchmesser  $D_3$  im wesentlichen gleich zu dem äußeren Durchmesser  $D_2$  des unteren Abschnitts **48** ist, wenn das Formgedächtnismaterial in seinem Martensit-Zustand ist (d.h. auf einer Temperatur unterhalb des Transformationstemperaturbereichs). Es sei darauf hingewiesen, dass für Illustrationszwecke **Fig. 9** einen übertriebenen Grad eines Freiraums zwischen den Flanschen **42a, 42b** und dem unteren Abschnitt **48** darstellt. Idealerweise wird das Formgedächtnismaterial in seinem Martensit-Zustand bei Raumtemperatur oder etwas unterhalb der Raumtemperatur bleiben. Während die Flansche **42a, 42b** somit in ihrer ersten Konfiguration gehalten werden, wird den ersten und zweiten Modulen **22a'** und **22b'** ermöglicht, sich entlang der Achse **L** teleskopisch zu bewegen und sich um die Achse **L** relativ zueinander zu drehen.

[0067] Bezugnehmend auf **Fig. 10** ist eine zweite Betriebskonfiguration der Verbindungsvorrichtung **20'** gezeigt. Sobald die ersten und zweiten Module **22a', 22b'** an einer gewünschten axialen und rotationsmäßigen Position relativ zueinander positioniert werden, wird jedes Paar von Flanschen **42a, 42b** aufgewärmt. Wenn die Temperatur über den Transformationstemperaturbereich des Formgedächtnismaterials hinaus ansteigt, verschiebt sich das Formgedächtnismaterial von seinem Martensit-Zustand auf seinen Austenit-Zustand. In dem Austenit-Zustand wird jedes Paar von Flanschen **42a, 42b** in eine zweite Konfiguration umgeformt, bei der der innere Durchmesser  $D_3$  verringert ist. Wenn die Flansche **42a, 42b** in ihre zweite Konfiguration bei einer Temperatur über dem Transformationstemperaturbereich des

Formgedächtnismaterials umgeformt werden, werden sich somit die Flansche **42a**, **42b** um einen unteren Abschnitt **48** des gegenüberliegenden Moduls zusammenziehen. In dieser zweiten Konfiguration werden die Flansche **42a**, **42b** fest an den unteren Abschnitt **48** des Verbinderabschnitts **40** komprimiert, wodurch eine Bewegung des ersten Moduls **22a'** relativ zu dem zweiten Modul **22b'** beschränkt wird. Demzufolge wird den ersten und zweiten Modulen **22a'**, **22b'** nicht mehr ermöglicht, sich entlang der Achse L frei zu bewegen und sich um die Achse L relativ zueinander frei zu drehen.

[0068] Ähnlich wie die Verbindungsvorrichtung **20** kann die Verbindungsvorrichtung **20'** eine alternative Ausführungsform aufweisen, bei der der Verbinderabschnitt **40** der ersten und zweiten Module **22a'**, **22b'** eine kreisförmige Nut definiert, die allgemein um die Achse L positioniert und bemessen ist, um die Flansche **42a**, **42b** des gegenüberliegenden Moduls darin aufzunehmen. Die Flansche **42a**, **42b** der ersten und zweiten Module **24a'**, **24b'** weisen eine erste Konfiguration auf, bei der der äußere Durchmesser  $D_4$  so bemessen sein würde, dass er geringfügig kleiner als der äußere Durchmesser der kreisförmigen Nut ist, die in dem Verbinderabschnitt **40** des gegenüberliegenden Moduls definiert ist, wenn das Formgedächtnismaterial in seinem Martensit-Zustand ist. Während sie in dieser ersten Konfiguration sind, würde den ersten und zweiten Modulen **22a'**, **22b'** ermöglicht werden, sich teleskopisch zu bewegen und relativ zueinander zu drehen. Wenn die Temperatur über den Transformationstemperaturbereich des Formgedächtnismaterials hinaus ansteigt, wird sich das Formgedächtnismaterial von seinem Martensit-Zustand auf seinen Austenit-Zustand bewegen. In dem Austenit-Zustand würde jedes Paar von Flanschen **42a**, **42b** in eine zweite Konfiguration umgeformt werden, bei der der äußere Durchmesser  $D_4$  vergrößert ist. Wenn die Flansche **42a**, **42b** in ihre zweite Konfiguration umgeformt sind, werden sie sich somit ausdehnen und sich eng an die äußere Oberfläche der kreisförmigen Nut komprimieren, die in dem Verbinderabschnitt des gegenüberliegenden Moduls gebildet ist. Deshalb wird dem ersten Modul **22a'** und dem zweiten Modul **22b'** nicht mehr ermöglicht, sich entlang der Achse L frei zu bewegen und sich um die Achse L relativ zueinander frei zu drehen. In dieser alternativen Ausführungsform müssen die Lippen **64a**, **64b** neu positioniert werden, so dass sie sich von den Flanschen **42a**, **42b** nach außen erstrecken, und die ringförmige Schulter **62** muss durch die äußere Oberfläche der kreisförmigen Nut definiert werden, die in dem Verbinderabschnitt **40** definiert ist.

[0069] Zurückkehrend zur **Fig. 8** ist ein Abschnitt von jedem der Klemmabschnitte **50** wenigstens teilweise aus einem Formgedächtnismaterial gebildet, anstelle dass ein Verriegelungselement **26a** zum Begrenzen einer Bewegung des ersten Moduls **22a'** relativ zu dem Spinalstab **14** und ein Verriegelungsele-

ment **26b** zum Begrenzen einer Bewegung des zweiten Moduls **22b'** relativ zu dem Knochenanker **16** verwendet wird. Insbesondere ist wenigstens eine der Seitenwände **58a**, **58b** wenigstens teilweise aus einem Formgedächtnismaterial gebildet, beispielsweise Nitinol®.

[0070] Bezugnehmend wiederum auf **Fig. 9** zeigt die Betriebskonfiguration der Verbindungsvorrichtung **20'** den Klemmabschnitt **50** der ersten und zweiten Module **22a'**, **22b'**, wie er eine erste Konfiguration aufweist. Diese erste Konfiguration zeigt die Öffnung **52** mit einem Durchmesser, der geringfügig größer als der äußere Durchmesser des Spinalstabs **14** und des oberen Abschnitts **32** des Knochenankers **16** ist, wenn das Formgedächtnismaterial in seinem Martensit-Zustand ist. Während der Klemmabschnitt **50** dieser ersten Konfiguration gehalten wird, wird somit dem ersten Modul **22a'** ermöglicht, entlang der des Spinalstabs **14** zu gleiten und sich um den Spinalstab **14** herum zu verschwenken. Entsprechend wird dem zweiten Modul **22b'** ermöglicht, sich entlang der Länge des oberen Abschnitts **32** des Knochenankers **16** zu verschieben und sich um diesen oberen Abschnitt **32** zu verschwenken.

[0071] Sobald die ersten und zweiten Module **22a'**, **22b'** jeweils an einer gewünschten axialen und verschwenkbaren Position relativ zu dem Spinalstab **14** und dem Knochenanker **16** positioniert sind, bezugnehmend wiederum auf **Fig. 10**, wird der Klemmabschnitt **50** der Module **22a'**, **22b'** aufgewärmt. Wenn die Temperatur des Klemmabschnitts **50** über den Transformationstemperaturbereich des Formgedächtnismaterials angehoben ist, verschiebt sich das Formgedächtnismaterial von seinem Martensit-Zustand auf seinen Austenit-Zustand. In dem Austenit-Zustand wird der Klemmabschnitt **50** in eine zweite Konfiguration umgeformt, bei der der Durchmesser der Öffnung **52** und insbesondere die Querschnittsfläche **52a** verkleinert ist. Wenn der Klemmabschnitt **50** der Module **22a'**, **22b'** in seine zweite Konfiguration umgeformt ist, wird er somit jeweils sich um den Spinalstab **14** und um den oberen Abschnitt **32** des Knochenankers **16** zusammenziehen. In dieser zweiten Konfiguration drücken die Seitenwände **58a**, **58b** fest an den Spinalstab **14** und den oberen Abschnitt **32** des Knochenankers **16**, wodurch eine Bewegung des ersten Moduls **22a'** relativ zu dem Spinalstab **14** und des zweiten Moduls **22b'** relativ zu dem Knochenanker **16** begrenzt wird. Demzufolge wird den ersten und zweiten Modulen **22a'**, **22b'** nicht mehr ermöglicht, sich entlang der Länge des Spinalstabs **14** oder des oberen Abschnitts **32** des Knochenankers **16** frei zu verschieben oder darum zu verschwenken.

[0072] In einer alternativen Ausführungsform des Klemmabschnitts **50** der ersten und zweiten Module **22a'**, **22b'** ist der Schlitz **56** aufgeweitet auf ungefähr die Breite der ersten Querschnittsfläche **52a** der Öffnung **52**. Somit würde der Klemmabschnitt **50** eine offene U-förmige Ausnehmung definieren. In dieser Ausführungsform könnte der Spinalstab **14** und der

obere Abschnitt **32** des Knochenankers **16** in den Klemmabschnitt **50** der Module **22a'**, **22b'** von oben geladen werden. Die Seitenwände **58a**, **58b** würden somit ein Paar von Ergreifungszacken bilden, die dann, wenn sie auf eine Temperatur oberhalb des Transformationstemperaturbereichs des Formgedächtnismaterials erwärmt werden, sich um einen Abschnitt des Spinalstabs **14** oder einen oberen Abschnitt **32** des Knochenankers **16** zusammenziehen würden. Eine relative Bewegung zwischen der Verbindungsvorrichtung **20'** und dem Spinalstab **14** und dem Knochenanker **16** würde somit begrenzt werden.

[0073] Während die bevorzugten Ausführungsformen des Systems **10** und des Systems **100** ein Verbinden des Spinalstabs **14** mit dem Knochenanker **16** in Erwägung ziehen, können die Verbindungsvorrichtung **20** und die Verbindungsvorrichtung **20'** alternativ zum Beispiel verwendet werden, um andere Elemente mit verschiedenen Konfigurationen zu verbinden. Zum Beispiel könnte die Verbindungsvorrichtung **20**, **20'** verwendet werden, um den Spinalstab **14** mit einem transversalen Stab zu verbinden, der wiederum mit einem anderen Spinalstab **14** verbunden sein kann, der auf der gegenüberliegenden Seite der Wirbelsäule **12** positioniert ist. Während die bevorzugten Ausführungsformen ein Verbinden eines Spinalstabs mit einem Knochenanker in Erwägung ziehen, beispielsweise dem Knochenanker **16**, werden zusätzlich auch andere Knochenangreif-Befestigungselemente in Erwägung gezogen. Zum Beispiel könnte die Verbindungsvorrichtung **20**, **20'** verwendet werden, um einen Spinalstab mit einem Wirbelhaken oder Knochenbolzen zu verbinden. Ferner können die Komponenten der Systeme **10**, **100** entsprechend je Übereinstimmung mit dem Abschnitt eines Rückgrats bemessen sein, in dem der bestimmte Auf verwendet werden soll. Zum Beispiel kann eine Behandlung des Lumbal-Bereichs des Rückgrats Komponenten erfordern, die etwas größer als Komponenten bemessen sind, die zum Behandeln der Thorax- und Zervikal-Bereiche des Rückgrats verwendet werden.

### Patentansprüche

1. Verbindungsvorrichtung, umfassend:  
ein erstes Modul (**22a**) mit einem ersten Verbinderabschnitt (**40**) und einem ersten Flansch (**42a**), der sich davon erstreckt, wobei der erste Verbinderabschnitt (**40**) für eine Verbindung mit einem ersten Element ausgelegt ist;  
ein zweites Modul (**22b**) mit einem zweiten Verbinderabschnitt (**40**) und einem zweiten Flansch (**42a**), der sich davon erstreckt, wobei der zweite Verbinderabschnitt (**40**) für eine Verbindung mit einem zweiten Element ausgelegt ist;  
wobei der erste Flansch (**42a**) angrenzend zu einem Abschnitt des zweiten Verbinderabschnitts (**40**) und diesen überlappend angeordnet ist, wobei der zweite

Flansch (**42a**) angrenzend zu einem Abschnitt des ersten Verbinderabschnitts (**40**) und diesen überlappend angeordnet ist;  
ein erstes Kompressionselement (**24a**), welches wenigstens teilweise aus einem Formgedächtnismaterial gebildet ist, wobei das erste Kompressionselement (**24a**) angrenzend zu dem ersten und zweiten Flansch (**42a**) angeordnet ist; und  
wobei das erste Kompressionselement (**24a**) eine erste Konfiguration bei einer Temperatur und eine zweite Konfiguration bei einer unterschiedlichen Temperatur aufweist, wobei die erste Konfiguration eine Bewegung des ersten Moduls (**22a**) relativ zu dem zweiten Modul (**22b**) erlaubt, wobei die zweite Konfiguration eine Bewegung des ersten Moduls (**22a**) relativ zu dem zweiten Modul (**22b**) begrenzt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das erste Kompressionselement (**24a**) an wenigstens einem Abschnitt sowohl des ersten als auch des zweiten Flanschs (**42a**) angeordnet ist und an den ersten und zweiten Flanschen (**42a**) angreift und die ersten und zweiten Flansche (**42a**) jeweils gegen die zweiten und ersten Verbinderabschnitte (**40**) komprimiert, wenn das erste Kompressionselement (**24a**) in der zweiten Konfiguration ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das erste Modul (**22a**) einen dritten Flansch (**42b**), der sich davon erstreckt, an einem Ort allgemein gegenüberliegend zu dem ersten Flansch (**42a**) aufweist, wobei der erste und dritte Flansch (**42a**, **42b**) ein erstes Paar von Flanschen definieren, wobei das zweite Modul (**22b**) einen vierten Flansch (**42b**), der sich davon erstreckt, an einem Ort allgemein gegenüberliegend zu dem zweiten Flansch (**42a**) aufweist, wobei der zweite und vierte Flansch (**42a**, **42b**) ein zweites Paar von Flanschen definieren.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei der erste Verbinderabschnitt (**40**) teleskopisch zwischen den Flanschen (**42a**, **42b**) des zweiten Paares angeordnet ist, wobei der zweite Verbinderabschnitt (**40**) teleskopisch zwischen den Flanschen (**42a**, **42b**) des ersten Paares angeordnet ist, und wobei den ersten und zweiten Modulen (**22a**, **22b**) erlaubt wird sich in einer teleskopischen Beziehung relativ zueinander zu bewegen, wenn das erste Kompressionselement (**24a**) in der ersten Konfiguration ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei wenigstens ein Flansch (**42a**) des ersten und zweiten Paares von Flanschen eine sich nach innen erstreckende Lippe (**64a**) definiert, und wobei wenigstens einer der ersten und zweiten Verbinderabschnitte (**40**), die zwischen den Flanschen (**42a**, **42b**) des wenigstens einen der ersten und zweiten Paare von Flanschen eine äußere Oberfläche aufweist, die eine Schulter (**62**) definiert, wobei die Lippe (**64a**) mit der Schulter (**62**) zusammenarbeitet, um vorläufig die ersten und

zweiten Module (**22a**, **22b**) in der teleskopischen Beziehung zu halten.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei beide Flansche (**42a**, **42b**) des wenigstens einen der ersten und zweiten Paare von Flanschen die Lippe (**64a**) definieren, und wobei die Schulter (**62**) kontinuierlich an der äußeren Oberfläche definiert ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei die Flansche (**42a**, **42b**) des ersten Paares zwischen den Flanschen (**42a**, **42b**) des zweiten Paares angeordnet sind, und wobei den ersten und zweiten Modulen (**22a**, **22b**) erlaubt wird sich relativ zueinander zu drehen, wenn das erste Kompressionselement (**24a**) in der ersten Konfiguration ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das erste Kompressionselement (**24a**) ein Ring ist, der eine innere ringförmige Oberfläche (**70**) definiert, wobei die ersten und zweiten Flansche (**42a**, **42b**) jeweils eine gerundete äußere Oberfläche (**65a**, **65b**) definieren, die allgemein der inneren ringförmigen Oberfläche (**70**) entspricht.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1, ferner umfassend ein zweites Kompressionselement (**24b**), welches wenigstens teilweise aus dem Formgedächtnismaterial gebildet ist, wobei das zweite Kompressionselement (**24b**) an wenigstens einem Abschnitt sowohl des ersten als auch des zweiten Flanschs (**42a**) angeordnet ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1, ferner umfassend ein Verriegelungselement (**26a**), welches wenigstens teilweise aus einem Formgedächtnismaterial gebildet ist, und wobei wenigstens einer der ersten und zweiten Verbinderabschnitte (**40**) einen Klemmabschnitt (**50**) einschließt, der zu einem der ersten und zweiten Elemente gehört, wobei das Verriegelungselement (**26a**) an wenigstens einem Abschnitt des Klemmabschnitts (**50**) angeordnet ist, wobei das Verriegelungselement (**26a**) eine Bewegung des Klemmabschnitts (**50**) relative zu einem der ersten und zweiten Elemente erlaubt, wenn es sich auf einer Temperatur des Verriegelungselements (**26a**) befindet, wobei das Verriegelungselement (**26a**) sich an den Klemmabschnitt (**50**) kontrahiert, wenn es sich auf einer unterschiedlichen Temperatur des Verriegelungselements (**26a**) befindet, um eine Bewegung des Klemmabschnitts (**50**) relativ zu dem einen der ersten und zweiten Elemente zu begrenzen.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei das Verriegelungselement (**26a**) ein Ring ist, der eine innere ringförmige Oberfläche (**80**) definiert, wobei der Klemmabschnitt (**50**) eine gerundete äußere Oberfläche definiert, die allgemein der inneren kreisförmigen Oberfläche (**80**) entspricht.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei das Formgedächtnismaterial des ersten Kompressionselements (**24a**) und das Formgedächtnismaterial des Verriegelungselements (**26a**) die gleiche Zusammensetzung aufweisen.

13. Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei der Klemmabschnitt (**50**) eine Öffnung (**52**), die sich dadurch erstreckt, definiert.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei der Klemmabschnitt (**50**) ferner einen Schlitz (**56**), der die Öffnung (**52**) schneidet, definiert.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei die Öffnung (**52**) bemessen ist, um einen Stab (**14**) aufzunehmen, wobei der Klemmabschnitt (**50**) konfiguriert ist, um dem Stab (**14**) zu erlauben sich innerhalb der Öffnung (**52**) zu biegen.

16. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei das erste Element einen ersten Teil einer Wirbelsäule umfasst und das zweite Element einen zweiten Teil der Wirbelsäule umfasst, und wobei die Verbindungsvorrichtung Teil eines Spinalfixierungssystems ist, wobei der erste Verbinderabschnitt (**40**) einen ersten des Klemmabschnitts (**50**) einschließt, wobei die Öffnung (**52**) in dem ersten Klemmabschnitt (**50**) bemessen ist, um einen Spinalstab (**14**) aufzunehmen, wobei der Spinalstab (**14**) konfiguriert ist, um mit dem ersten Teil der Wirbelsäule verbunden zu sein, wobei der zweite Verbinderabschnitt (**40**) einen zweiten des Klemmabschnitts (**50**) einschließt, wobei die Öffnung (**52**) in dem zweiten Klemmabschnitt (**50**) bemessen ist, um einen Knochenanker (**16**) aufzunehmen, wobei der Knochenanker (**16**) konfiguriert ist, um den zweiten Teil der Wirbelsäule aufzunehmen.

17. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das erste Element ein Spinalstab (**14**) ist und das zweite Element ein Knochenanker (**16**) ist.

18. Verbindungsvorrichtung, umfassend:  
ein erstes Modul (**22a'**) mit einem ersten Verbinderabschnitt (**40**) und einem ersten Paar von Flanschen (**42a**, **42b**), die sich davon erstrecken, wobei der erste Verbinderabschnitt (**40**) für eine Verbindung mit einem ersten Element ausgelegt ist;  
ein zweites Modul (**22b'**) mit einem zweiten Verbinderabschnitt (**40**) und einem zweiten Paar von Flanschen (**42a**, **42b**), die sich davon erstrecken, wobei der zweite Verbinderabschnitt (**40**) für eine Verbindung mit einem zweiten Element ausgelegt ist;  
wobei wenigstens ein Flansch des ersten Paares von Flanschen (**42a**, **42b**) wenigstens teilweise aus einem Formgedächtnismaterial gebildet ist, wobei das erste Paar von Flanschen (**42a**, **42b**) angrenzend zu einem Abschnitt des zweiten Verbinderabschnitts (**40**) und diesen überlappend angeordnet ist;  
wobei wenigstens ein Flansch des zweiten Paares von

Flanschen (**42a**, **42b**) wenigstens teilweise aus einem Formgedächtnismaterial gebildet ist, wobei das zweite Paar von Flanschen (**42a**, **42b**) angrenzend zu einem Abschnitt des ersten Verbinderschnitts (**40**) und diesen überlappend angeordnet ist; und wobei die ersten und zweiten Paare von Flanschen eine erste Konfiguration bei einer Temperatur und eine zweite Konfiguration bei einer unterschiedlichen Temperatur aufweisen, wobei die erste Konfiguration eine Bewegung des ersten Moduls (**22a'**) relativ zu dem zweiten Modul (**22b'**) erlaubt, wobei die zweite Konfiguration eine Bewegung des ersten Moduls (**22a'**) relativ zu dem zweiten Modul (**22b'**) begrenzt.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, wobei die ersten und zweiten Paare von Flanschen (**42a**, **42b**) jeweils gegen die zweiten und ersten Verbinderschnitte (**40**) komprimieren, wenn die ersten und zweiten Paare von Flanschen (**42a**, **42b**) in der zweiten Konfiguration sind.

20. Vorrichtung nach Anspruch 18, wobei wenigstens ein Flansch (**42a**) des ersten und zweiten Paares von Flanschen eine sich nach innen erstreckende Lippe (**64a**) definiert, und wobei wenigstens einer der ersten und zweiten Verbinderschnitte (**40**), die zwischen den Flanschen (**42a**, **42b**) des wenigstens einen der ersten und zweiten Paare von Flanschen angeordnet sind, eine äußere Oberfläche aufweist, die eine Schulter (**62**) definiert, wobei die Lippe (**64a**) mit der Schulter (**62**) zusammenarbeitet, um vorläufig die ersten und zweiten Module (**22a'**, **22b'**) in einer teleskopischen Beziehung zu halten.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, wobei beide Flansche (**42a**, **42b**) des wenigstens einen des ersten und zweiten Paares von Flanschen die Lippe (**64a**, **64b**) definieren, und wobei die Schulter (**62**) kontinuierlich an der äußeren Oberfläche definiert ist.

22. Vorrichtung nach Anspruch 18, wobei beide Flansche (**42a**, **42b**) des ersten Paares zwischen den Flanschen (**42a**, **42b**) des zweiten Paares angeordnet sind, und wobei den ersten und zweiten Module (**22a'**, **22b'**) erlaubt wird sich relativ zueinander zu drehen, wenn die ersten und zweiten Paare von Flanschen (**42a**, **42b**) in der ersten Konfiguration sind.

23. Vorrichtung nach Anspruch 18, wobei wenigstens einer der ersten und zweiten Verbinderschnitte (**40**) eine Klemmabschnitt (**50**) einschließt, der zu einem der ersten und zweiten Elemente gehört, wobei der Klemmabschnitt (**50**) wenigstens teilweise aus einem Formgedächtnismaterial gebildet ist, wobei der Klemmabschnitt (**50**) eine Bewegung des Klemmabschnitt (**50**) relativ zu dem einen der ersten und zweiten Elemente erlaubt, wenn er sich auf einer Temperatur befindet, wobei der Klemmabschnitt (**50**) sich nach innen kontrahiert, wenn der sich auf einer unterschiedlichen Temperatur be-

findet, um eine Bewegung des Klemmabschnitts (**50**) relativ zu dem einen der ersten und zweiten Elemente zu begrenzen.

24. Vorrichtung nach Anspruch 23, wobei das Formgedächtnismaterial der Flansche (**42a**, **42b**) und das Formgedächtnismaterial des Klemmabschnitts (**50**) die gleiche Zusammensetzung aufweisen.

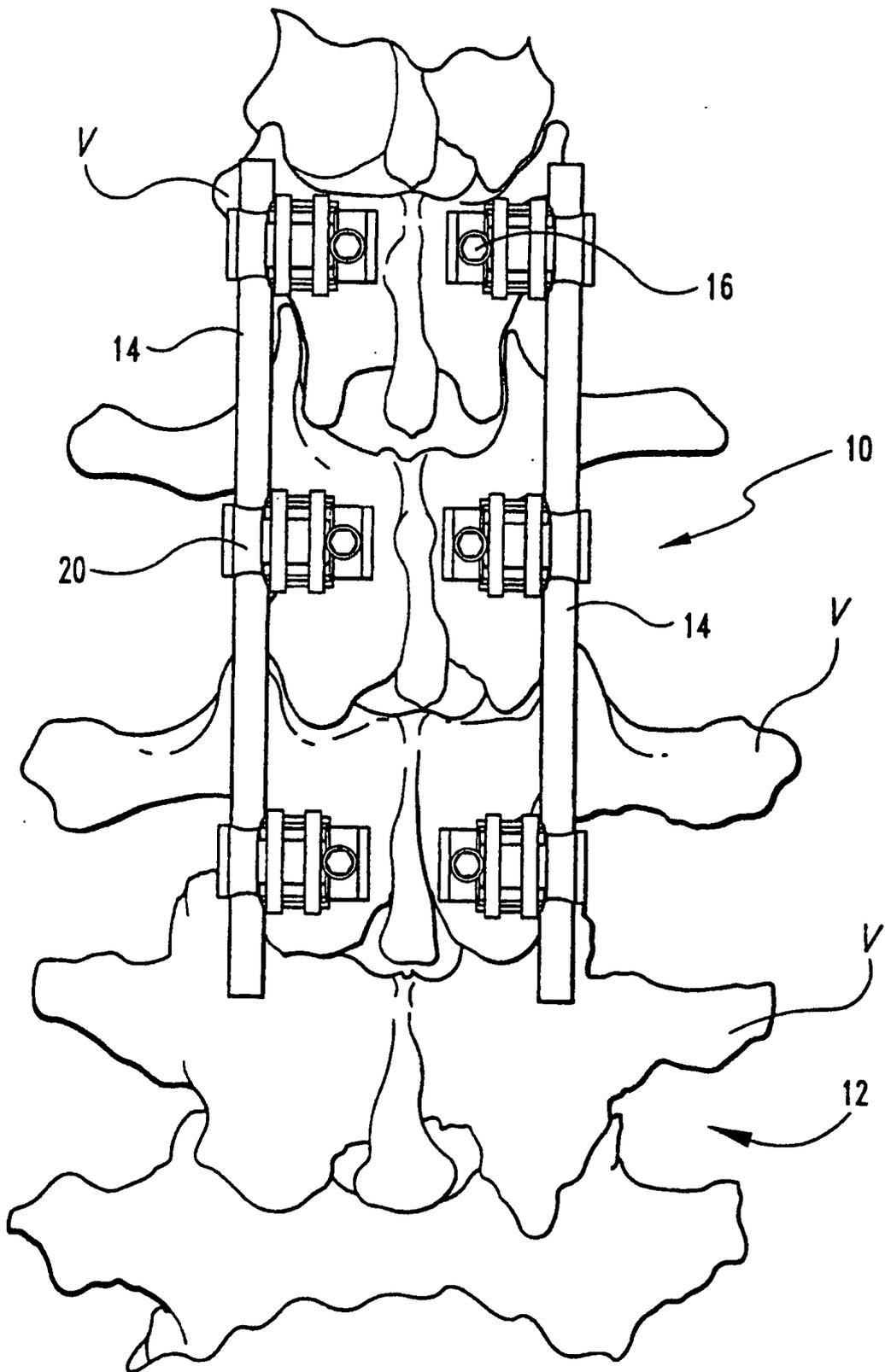
25. Vorrichtung nach Anspruch 23, wobei der Klemmabschnitt (**50**) eine Öffnung (**52**), die sich dadurch erstreckt, definiert.

26. Vorrichtung nach Anspruch 25, wobei der Klemmabschnitt (**50**) ein Paar von allgemein gegenüberliegenden Seitenwänden (**58a**, **58b**) einschließt, wobei die Seitenwände (**58a**, **58b**) die Öffnung (**52**) definieren, wobei die Öffnung (**52**) eine C-förmige Ausnehmung ist.

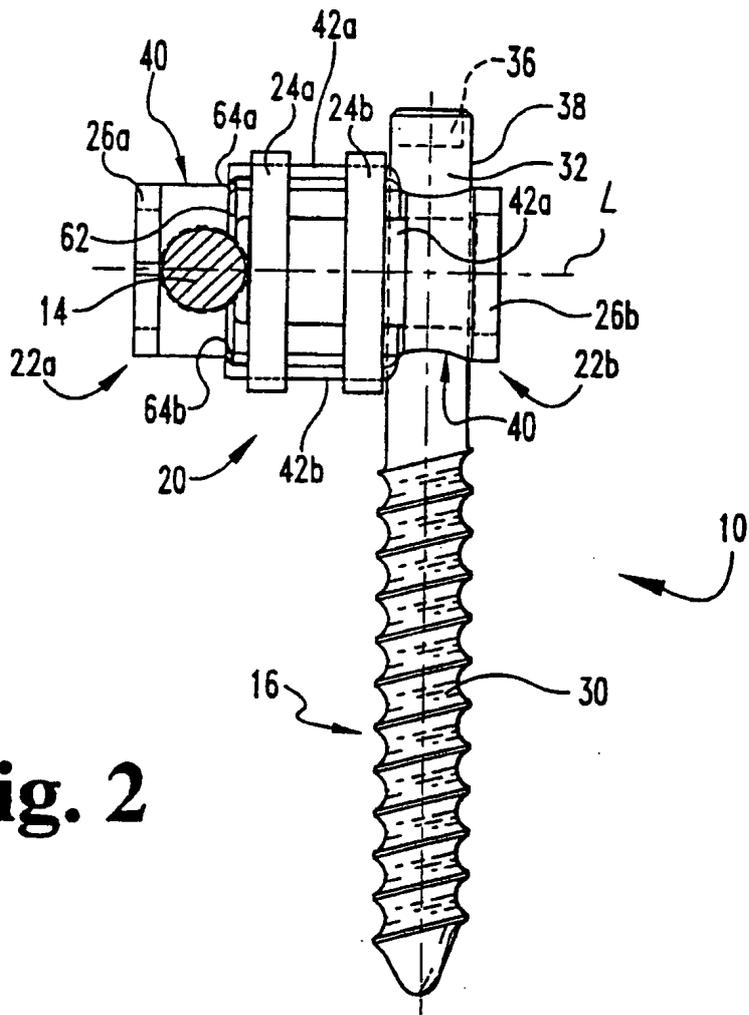
27. Vorrichtung nach Anspruch 25, wobei das erste Element einen ersten Teil einer Wirbelsäule umfasst und das zweite Element einen zweiten Teil der Wirbelsäule umfasst, und wobei die Verbindungsvorrichtung Teil eines Spinalfixierungssystems ist, wobei der erste Verbinderschnitt (**40**) einen ersten des Klemmabschnitts (**50**) einschließt, wobei die Öffnung (**52**) in dem ersten Klemmabschnitt (**50**) bemessen ist, um einen Spinalstab (**14**) aufzunehmen, wobei der Spinalstab (**14**) konfiguriert ist, um mit dem ersten Teil der Wirbelsäule verbunden zu sein, wobei der zweite Verbinderschnitt (**40**) einen zweiten des Klemmabschnitts (**50**) einschließt, wobei die Öffnung (**52**) in dem zweiten Klemmabschnitt (**50**) bemessen ist, um einen Knochenanker (**16**) aufzunehmen, wobei der Knochenanker (**16**) konfiguriert ist, um an dem zweiten Teil der Wirbelsäule anzugreifen.

28. Vorrichtung nach Anspruch 18, wobei das erste Element ein Spinalstab (**14**) ist und das zweite Element ein Knochenanker (**16**) ist.

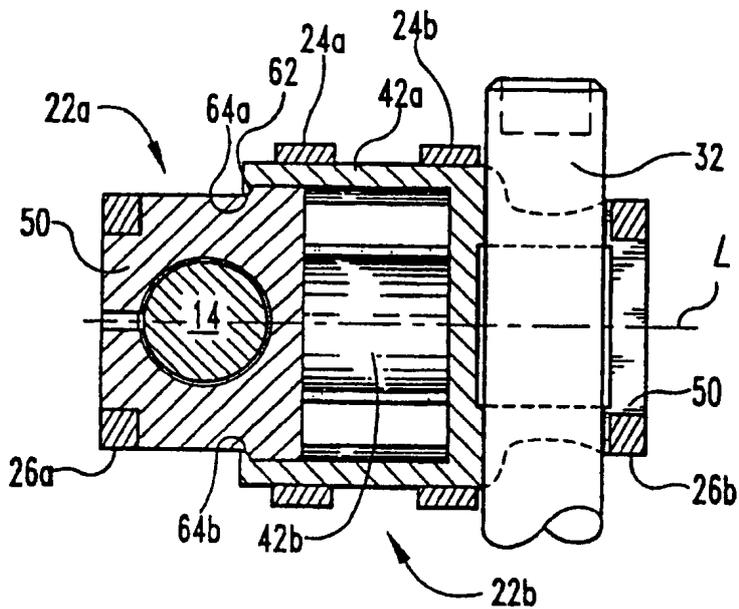
Es folgen 5 Blatt Zeichnungen



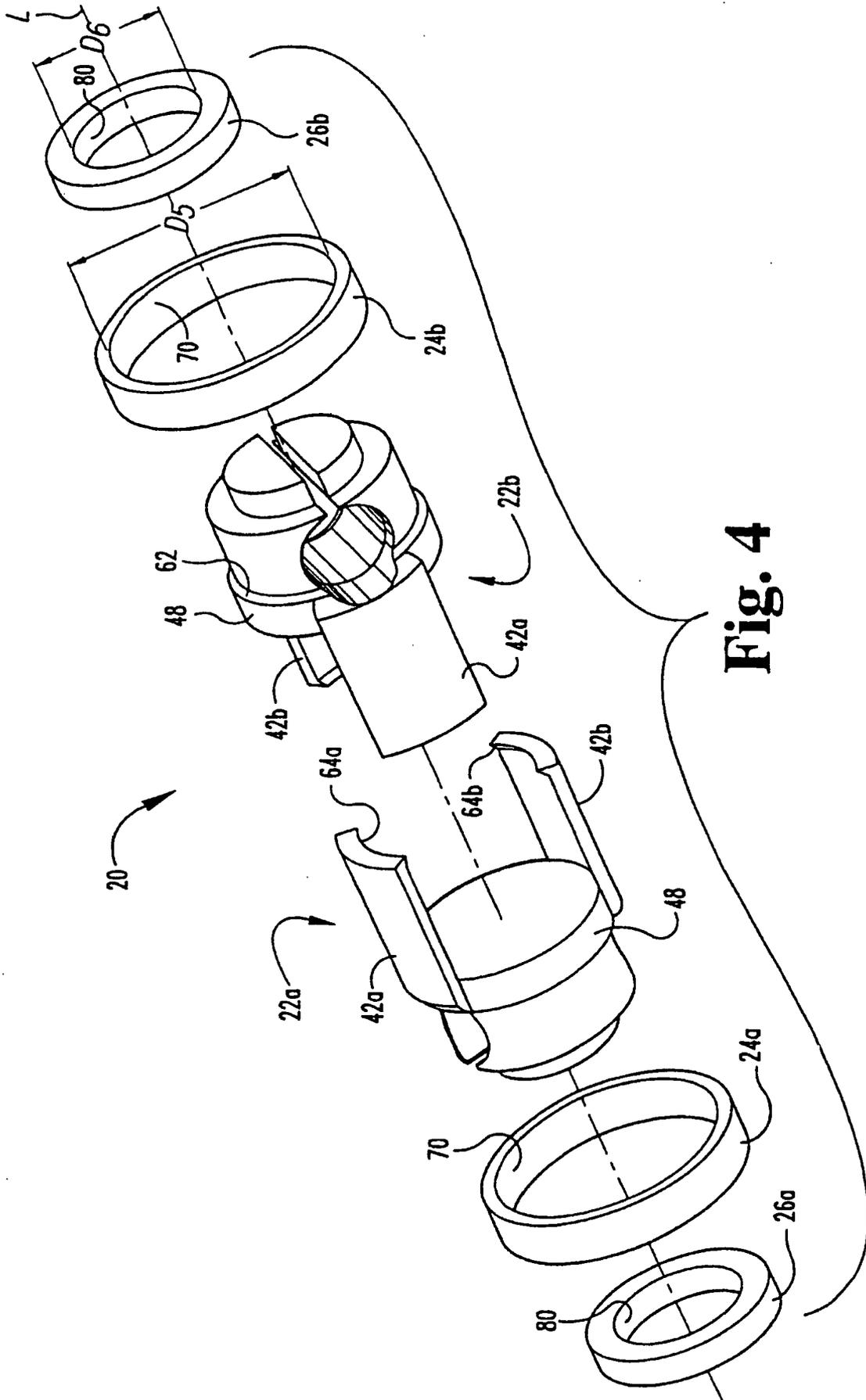
**Fig. 1**



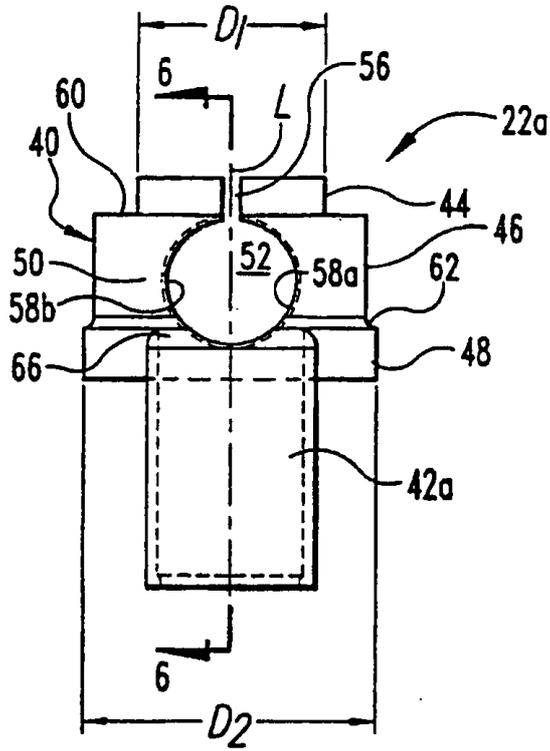
**Fig. 2**



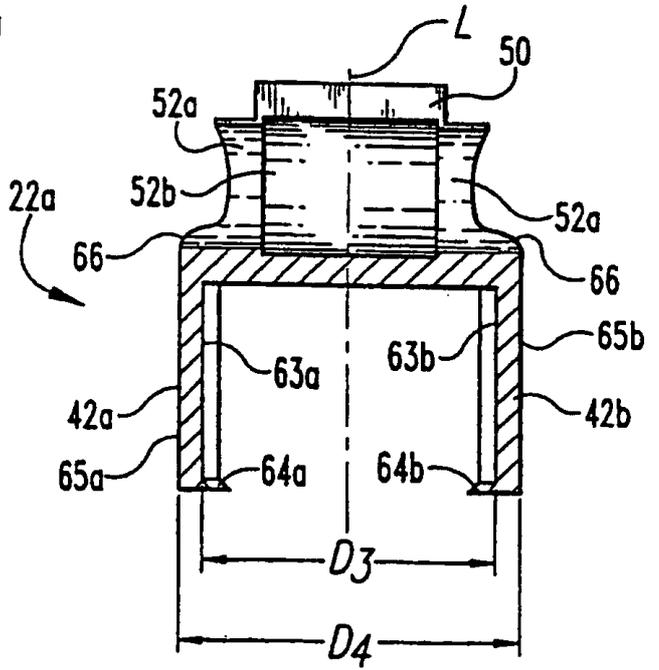
**Fig. 3**



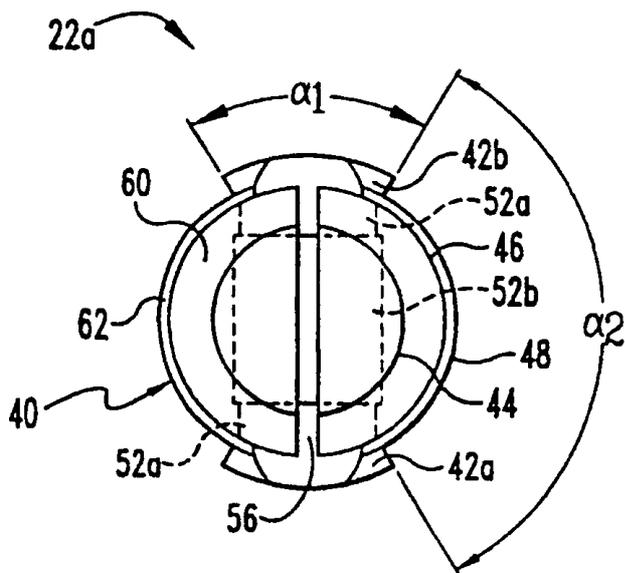
**Fig. 4**



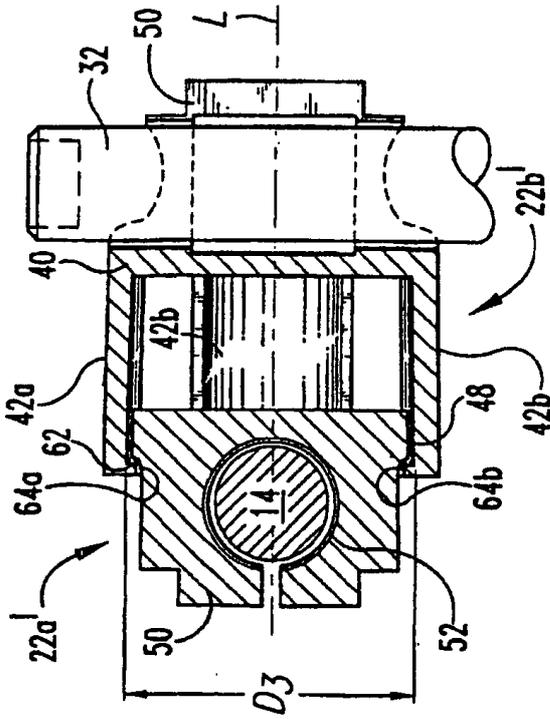
**Fig. 5**



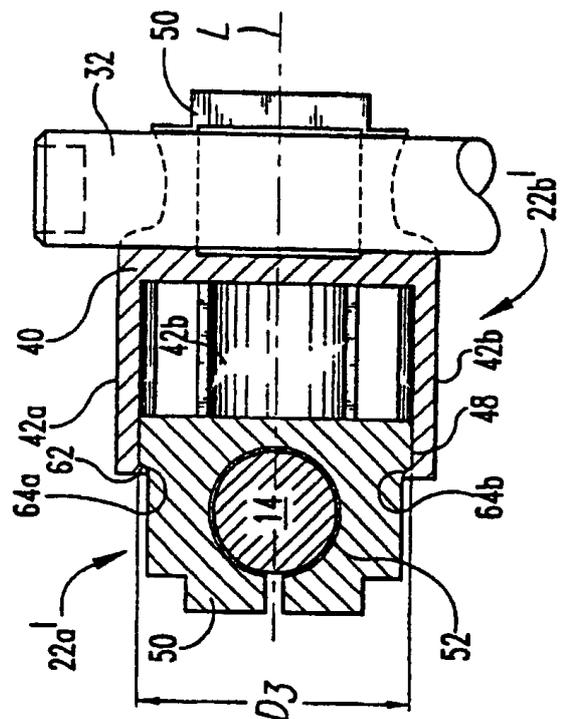
**Fig. 6**



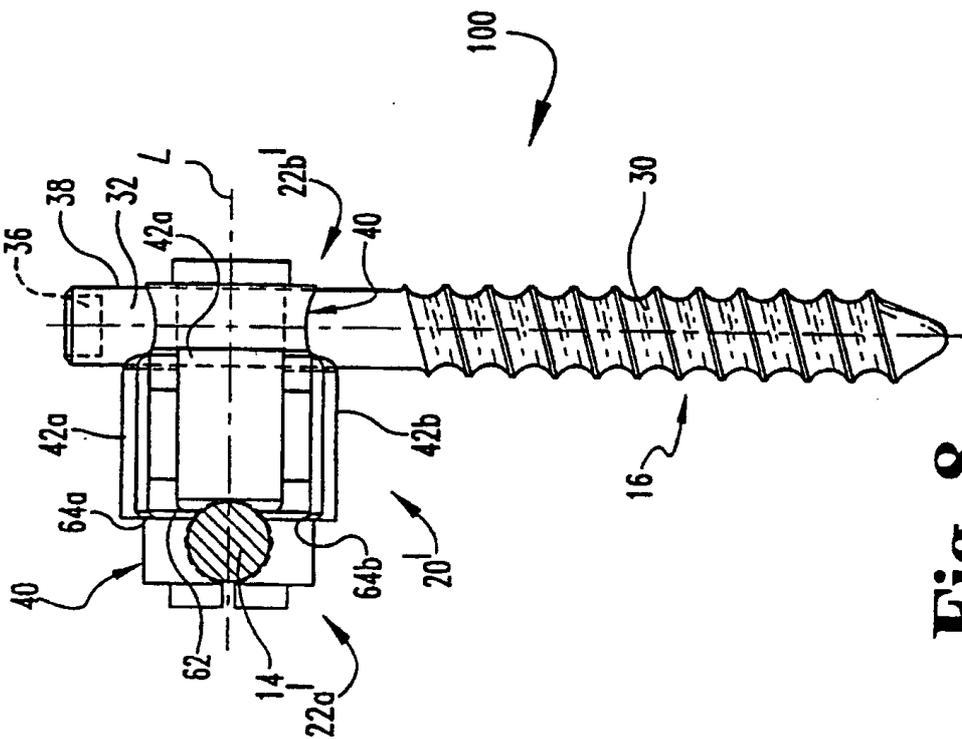
**Fig. 7**



**Fig. 9**



**Fig. 10**



**Fig. 8**