

TITEL

5

**MEDIZINISCHE KNOCHENVERBINDUNGSVORRICHTUNG SOWIE VERFAHREN ZUM
VERBINDEN VON KNOCHEN ODER KNOCHENTEILEN**

10

TECHNISCHES GEBIET

Die vorliegende Erfindung betrifft eine medizinische Knochenverbindungs-
vorrichtung, wie insbesondere ein Pedikelsystem, ein Axial- oder Parallelkon-
nektorsystem, ein zervikales Plattensystem oder einen Wirbelkörperersatz. Des Weiteren betrifft die vorliegende
15 Erfindung ein Verfahren zum Verbinden zweier Knochen oder Knochenteile mittels einer
derartigen Knochenverbindungs- vorrichtung.

STAND DER TECHNIK

20

Knochenverbindungs- vorrichtungen werden in der Medizin häufig eingesetzt, um Knochen
oder Knochenteile beispielsweise nach einem Bruch, wie bei einer traumatischen Fraktur,
oder bei einer Fehlstellung in eine gewünschte Lage zu bringen und in dieser zu halten.
Insbesondere sind Knochenverbindungs- vorrichtungen bekannt in Form von
25 Wirbelsäulenimplantatsystemen, welche zum Verbinden und Stabilisieren von mehreren
Wirbelkörpern der Wirbelsäule dienen. Hierzu gehören Pedikelsysteme, bei denen in der
Regel mehrere in jeweils einen Wirbelkörper verankerte Pedikelschrauben an einem
gemeinsamen Verbindungsstab fixiert und dadurch miteinander verbunden werden.
Mehrere Verbindungsstäbe eines Pedikelsystems oder auch Verbindungsstäbe, die zum
30 Stabilisieren von anderen Knochen oder Knochenteilen dienen, können via einen
Konnektor miteinander verbunden sein. Je nachdem ob die Verbindung der Stäbe axial
hintereinander oder parallel nebeneinander erfolgt, wird eine solche
Knochenverbindungs- vorrichtung als Axialkonnektor oder als Parallelkonnektor bezeichnet.
Des Weiteren sind Knochenverbindungs- vorrichtungen in Form von zervikalen und lumbalen
35 Plattensystemen bekannt, bei denen eine Verbindungsplatte mittels Schrauben an
mehreren Wirbeln der Halswirbelsäule fixiert wird, um diese zu stabilisieren. Eine andere

oft eingesetzte Knochenverbindungsanordnung stellt der Wirbelkörperersatz dar, welcher als Ersatz von einem oder mehreren defekten Wirbelkörpern dient. Der Wirbelkörperersatz, welcher oft in Kombination mit einem Pedikelsystem zum Einsatz kommt, wird dabei mit den angrenzenden Wirbelkörpern verbunden, wobei zur Anpassung an den auszufüllenden Abstand oft ein expandierbarer Wirbelkörperersatz verwendet wird.

Normalerweise sind Knochenverbindungsanordnungen aus Metall hergestellt, zum Beispiel aus Titan und/oder einer Titanlegierung. Solche Knochenverbindungsanordnungen sind radioopak und erlauben bei einer Untersuchung des Patienten mittels eines bildgebenden Verfahrens, zum Beispiel mittels Computertomographie (CT), die genaue Positionsbestimmung des Implantates (zum Beispiel der Pedikelschraube). Trotz dieses Vorteiles behindern derartige Metallimplantate aber die Sicht auf den mit dem Implantat verbundenen Knochen und auf das umgebende Gewebe bei der Durchleuchtung, da sie radioopak sind und zudem bei der Durchleuchtung Streueffekte erfolgen, die wiederum in der Sichtbarmachung Artefakte im Bereich des Implantates erzeugen. Starke Artefakte werden von derartigen metallischen Knochenverbindungsanordnungen zudem auch bei der Magnetresonanztomographie (MRT) verursacht. Aufgrund ihrer Radioopazität beeinträchtigen metallische Knochenverbindungsanordnungen zudem die Strahlentherapie von Krebspatienten, da aufgrund der relativ grossen metallischen Masse Streuphänomene auftreten, welche die Wirksamkeit der Strahlung vermindern und somit eine höhere Strahlendosis erforderlich ist, welche wiederum Nebenwirkungen im umliegenden Gewebe hervorrufen kann.

Um diese obengenannten Nachteile der metallischen Knochenverbindungsanordnungen zu überwinden, wurden Knochenverbindungsanordnungen aus nichtmetallischen Verbundwerkstoffen entwickelt. Die Herstellung von dreidimensional komplexen Formen aus Verbundwerkstoffen ist zwar herausfordernd, ermöglicht aber die Herstellung von radiotransparenten Bauteilen, welche diese obengenannten Nachteile nicht aufweisen. Bevorzugt werden dabei im Markt Knochenverbindungsanordnungen aus nichtmetallischen Verbundwerkstoffen auf Basis von kohlenstofffaserverstärktem Polyetheretherketon (PEEK) eingesetzt.

Knochenverbindungsanordnungen und insbesondere die eingangs erwähnten Typen, wie Pedikelsysteme, Konnektoren, Plattensysteme und expandierbare künstliche Wirbelkörper, weisen in der Regel mehrere Verbindungselemente auf, welche zur Fixierung der Knochen oder der Knochenteile aneinander befestigt werden müssen. So müssen beispielsweise bei

einem Pedikelsystem die Schrauben am Verbindungsstab oder bei einem Konnektor die Verbindungsstäbe an einem Konnektorgehäuse fixiert werden. Um die zumindest zwei Verbindungselemente der Knochenverbindungsanordnung aneinander zu fixieren, werden im Stand der Technik üblicherweise Schraubverbindungen eingesetzt.

5

Bei Komponenten, welche aus nichtmetallischen Verbundwerkstoffen hergestellt sind, weisen Schraubverbindungen jedoch Nachteile auf. So ist beispielsweise die Herstellung von exakt ineinandergreifenden und deshalb einfach ineinanderschraubbaren und leistungsstarken Gewinden bei Kompositmaterialien erheblich schwieriger als bei Metallen.

10 Auch ist die Steifigkeit von nichtmetallischen Verbundwerkstoffen im Vergleich zu derjenigen von Metallen meist verringert.

Im Gegensatz zu den üblicherweise eingesetzten Fixierungen mittels Einschrauben eines Klemmelements sind bei Pedikelsystemen im Stand der Technik auch andere Arten zum
15 Fixieren der Schrauben via einen Tulpenkopf an einem Verbindungsstab bekannt. So offenbart zum Beispiel das Dokument US 6,251,112 B1 ein Pedikelsystem, bei dem die Schrauben mittels einer auf den Tulpenkopf aufschraubbaren Klammer am Verbindungsstab befestigt werden, wobei eine Fixierschraube in die Klammer einschraubbar ist, um den einstückig mit der Schraube ausgebildeten Tulpenkopf am
20 Verbindungsstab festzuklemmen. Zur Fixierung einer Schraube am Verbindungsstab sind für den Arzt somit relativ viele Handgriffe notwendig.

Bei dem im Dokument US 2010/0114168 A1 gezeigten System wird zur Befestigung einer Pedikelschraube am Verbindungsstab eine geschlitzte Platte auf den Tulpenkopf
25 aufgesetzt. Die Festklemmung erfolgt mittels eines in eine zentrale Öffnung der Platte eingesetzten Einsatzes. Der Nachteil dieser Lösung ist, dass sie nur für Verbindungsstäbe mit einem bestimmten Durchmesser passt.

Im Dokument WO 2006/119271 A2 wird ein Fixiersystem für ein Pedikelsystem offenbart,
30 bei welchem zur Fixierung des Verbindungsstabes an einer Schraube ein Befestigungselement mittels einer Bajonettverbindung am Tulpenkopf angebracht wird. Auch hier ist das System nur auf Verbindungsstäbe mit einem bestimmten Durchmesser ausgelegt.

35 Das Dokument US 2004/0138660 A1 offenbart ein Fixationssystem für ein Pedikelsystem mit einer Fixierkappe, die auf einen Tulpenkopf aufgeschraubt wird und dabei mit einem an

der Unterseite angebrachten Druckelement den Verbindungsstab gegen den Schraubkopf presst.

Das Dokument US 6,478,797 B1 zeigt die Fixierung eines Verbindungsstabes an einer Schraube mittels eines Halteelements, das einen einstückig mit der Schraube ausgebildeten Tulpenkopf übergreift und den Verbindungsstab dabei via ein zentrales Sattелеlement nach unten drückt. Die Verbindung zwischen Halteelement und Tulpenkopf erfolgt via einen gewinde- oder bayonettähnlichen Mechanismus.

Das Dokument WO 2005/122927 A1 offenbart ein Pedikelsystem, bei dem zur Fixierung einer Pedikelschraube an einem Verbindungsstab ein Halteelement via Rastzähne mit dem Tulpenkopf verrastet wird. Halteelement und Tulpenkopf sind jeweils aus einem Metall oder einem Kunststoff hergestellt. Während Metall die bereits erwähnten Nachteile insbesondere betreffend der Radioopazität hat, weist reiner Kunststoff in der Regel eine verhältnismässig geringe Festigkeit und Steifigkeit auf und ist deshalb für medizinische Knochenverbindungen in der Praxis wenig geeignet.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

20

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine weitgehend radiotransparente Vorrichtung anzugeben, welche eine einfache und gleichzeitig leistungsstarke Verbindung von Knochen oder Knochenteilen erlaubt.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird eine medizinische Knochenverbindungsanordnung vorgeschlagen, wie sie in Anspruch 1 angegeben ist. In Anspruch 16 ist ein Verfahren zum Verbinden zweier Knochen oder Knochenteile angegeben, welches bevorzugt unter Verwendung einer derartigen Knochenverbindungsanordnung durchgeführt wird. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

30

Die vorliegende Erfindung stellt also eine medizinische Knochenverbindungsanordnung zum Verbinden zweier Knochen oder Knochenteile eines menschlichen oder tierischen Patienten zur Verfügung, aufweisend

35

ein erstes aus einem faserverstärkten Kunststoffmaterial hergestelltes Verbindungselement, welches eine erste Raststruktur mit einer Vielzahl von ersten

Rastelementen, insbesondere Rastzähnen, aufweist; sowie

ein zweites aus einem faserverstärkten Kunststoffmaterial hergestelltes Verbindungselement, welches eine zweite Raststruktur mit einer Vielzahl von zweiten Rastelementen, insbesondere, Rastzähnen, aufweist.

- 5 Erfindungsgemäss sind die ersten Rastelemente der ersten Raststruktur mit den zweiten Rastelementen der zweiten Raststruktur verrastbar, um das erste Verbindungselement und das zweite Verbindungselement aneinander zu fixieren und die beiden Knochen oder Knochenteile dadurch miteinander zu verbinden.
- 10 Die Fixierung der beiden Verbindungselemente aneinander mittels Verrastung hat sich als besonders vorteilhaft in Kombination mit der Herstellung der Verbindungselemente aus einem faserverstärkten Kunststoffmaterial erwiesen. Einerseits ermöglicht das faserverstärkte Kunststoffmaterial die Herstellung von Verbindungselementen, welche nicht nur röntgentransparent sind, sondern welche auch eine hohe Festigkeit und Steifigkeit
- 15 aufweisen und deshalb eine besonders leistungsstarke Verbindung der Knochen bzw. Knochenteile erlauben. Die Verwendung von Fasern, bevorzugt von Karbonfasern, im Kunststoffmaterial ermöglicht nicht nur eine Verstärkung des jeweiligen Bauteils als Ganzes, sondern erlaubt es auch, das Bauteil an bestimmten Stellen gezielt zu verstärken. Eine solche gezielt verstärkte Stelle kann beim ersten und/oder bei zweiten
- 20 Verbindungselement insbesondere die Raststruktur sein. Mittels entsprechender Ausrichtung der Fasern kann die Verstärkung dabei sogar richtungsabhängig erfolgen. Es hat sich gezeigt, dass eine Rastverbindung im Vergleich zu einer Gewindeverbindung erheblich grössere Toleranzen sowie eine wesentliche höhere Oberflächenrauheit in den Verbindungsbereichen der jeweiligen Bauteile erlaubt. Demzufolge ist das Vorsehen einer
- 25 Rastverbindung besonders gut geeignet für Verbindungselemente, die aus einem faserverstärkten Kunststoffmaterial hergestellt sind. Im Gegensatz zu z.B. einer Bajonettverbindung weist die Rastverbindung den weiteren Vorteil auf, dass die beiden Verbindungselemente bedarfsgerecht mehr oder weniger stark ineinander eingreifen können. So können die Raststrukturen z.B. ähnlich wie bei einer Gewindeverbindung
- 30 kontinuierlich weiter in Eingriff miteinander gebracht werden, um die Fixierung der Verbindungselemente aneinander zu verstärken oder um beispielsweise die Klemmkraft auf ein zwischen den beiden Verbindungselementen angeordnetes Bauteil zu erhöhen.

- Mittels der Verrastung der Rastelemente kann die Fixierung der beiden
- 35 Verbindungselemente aneinander für den Benutzer, d.h. üblicherweise für den Arzt, zudem besonders einfach bewerkstelligt werden. Eine Drehbewegung, welche eine zusätzliche

Belastung für die geschwächte Wirbelsäule darstellen kann, ist hierzu nicht notwendig, sondern die beiden Verbindungselemente können in der Regel einfach aufeinander gesteckt werden, d.h. das Zusammenführen, Anpressen und Fixieren der Verbindungselemente erfolgt in einem einzigen Schritt, d.h. mit einer einzigen, 5 kontinuierlichen Bewegung. Das Verbinden der Knochen bzw. Knochenteile durch den Arzt kann dadurch auch wesentlich schneller erfolgen.

Bei den Rastelementen der ersten Raststruktur kann es sich insbesondere um Rastzähne handeln. Ebenso kann es sich auch bei den Rastelementen der zweiten Raststruktur 10 insbesondere um Rastzähne handeln. Möglich sind aber auch Ausführungsformen, bei denen nur die Rastelemente einer der beiden Raststrukturen als Rastzähne ausgebildet sind, während die Rastelemente der anderen Raststruktur beispielsweise als Vertiefungen oder Durchbrüche ausgebildet sind, um dadurch eine Eingriffsstruktur für die Rastzähne zu bilden. Bei einem Rastzahn handelt es sich im Allgemeinen um ein vorragendes, 15 insbesondere gezacktes oder gezahntes Element.

Die Knochenverbindungsanordnung weist üblicherweise zumindest ein erstes Bauteil auf, welches zur Verbindung mit einem ersten Knochen oder Knochenteil ausgebildet ist, sowie ein zweites Bauteil, welches zur Verbindung mit einem zweiten Knochen oder Knochenteil 20 ausgebildet ist. Zur Herstellung der Knochenverbindung werden die beiden Bauteile mittels des ersten und des zweiten Verbindungselements miteinander verbunden. Bei den beiden erwähnten Bauteilen kann es sich um das erste und das zweite Verbindungselement selbst handeln. Bevorzugt stellen die beiden direkt mit jeweils einem Knochen bzw. Knochenteil zu verbindenden Bauteile jedoch separate Elemente bzgl. der beiden 25 Verbindungselemente dar. Vorteilhaft sind die direkt mit dem Knochen bzw. Knochenteil zu verbindenden Bauteile aber am ersten bzw. zweiten Verbindungsteil anbringbar, insbesondere fixierbar.

Unter einer Verbindung mit einem Knochen oder Knochenteil ist gemeint, dass ein 30 entsprechendes Bauteil derart am Knochen bzw. Knochenteil angebracht ist, dass es seine Lage relativ zu diesem nicht verändern kann, auch dann nicht, wenn der Patient sich bewegt. Das Bauteil kann hierzu im Knochen bzw. Knochenteil verankert, insbesondere eingeschraubt, sein. Alternativ kann es aber auch lediglich an der Aussenseite des Knochens anliegen, wobei dann jedoch z.B. via andere Bauteile und/oder via das 35 umliegende Gewebe sichergestellt ist, dass sich das Bauteil gegenüber dem Knochen nicht verschieben kann. Auch eine Verklebung des Bauteils mit dem Knochen bzw. Knochenteil

z.B. mittels Knochenzement ist denkbar.

Bevorzugt werden als Kunststoffmaterial Thermoplaste verwendet, besonders bevorzugt sogenannte Hochtemperaturthermoplaste aus den Familien der Polyaryletherketone, Polyimide und Polysulfone. Als Fasern werden bevorzugt Karbonfasern eingesetzt. Besonders bevorzugt handelt es sich beim faserverstärkten Kunststoffmaterial des ersten und/oder des zweiten Verbindungselements um kohlefaserverstärktes Polyetheretherketon (PEEK). Das erste und das zweite Verbindungselement sind bevorzugt aus denselben Materialien hergestellt.

10

Die Faserlänge beträgt bevorzugt mindestens 1 mm. Um eine besonders gute Festigkeit des ersten und/oder des zweiten Verbindungselementes zu erreichen, weisen die Fasern vorteilhaft eine Länge auf, die zumindest der kompletten Länge des jeweiligen Verbindungselements entlang von dessen Hauptstreckungsrichtung entspricht. Der Faservolumengehalt ist bevorzugt in einem Bereich von 20 bis 80 %, bevorzugter in einem Bereich von 35 bis 70 %, besonders bevorzugt in einem Bereich von 45 bis 60 %.

Die prinzipielle Herstellung der Verbindungselemente kann mit einem im Kompositbereich herkömmlich bekannten Verfahren erfolgen. Dazu gehören unter anderem Pressverfahren, Wickelverfahren, Tapelegeverfahren, Pultrusionsverfahren sowie Langfaser-Spritzgussverfahren, wie "Injection Moulding CMF" (Composite Flow Moulding). Zur Herstellung der Verbindungselemente und bevorzugt, sofern vorhanden, von weiteren Bauteilen der Knochenverbindungsanordnung, wird das im Dokument DE 44 45 305 C1 beschriebene Pressverfahren bevorzugt. Ebenso können die Verbindungselemente auch mit sogenannten additiven Herstellprozessen, wie zum Beispiel dem 3D-Druckverfahren (kurz-, lang- oder kontinuierlich-faserverstärkt), hergestellt werden, oder einer Kombination aus den oben genannten Verfahren. Als Ausgangsmaterialien werden bei diesen Verfahren bevorzugt sogenannte unidirektionale Pregregs, Rods sowie Gewebepregregs verwendet. Beides sind geometrisch flächige oder rundförmige Ausgangsmaterialien. In der Regel werden in den obengenannten Verfahren die Prepregs zu Vorformlingen vorgeformt und unter Druck und Temperatur zum Beispiel in einem Presswerkzeug verschweisst und danach abgekühlt.

Die obengenannten Verfahren zur Herstellung der Verbindungselemente und allenfalls der weiteren Bauteile sind vorzugsweise endkonturnahe Herstellungsverfahren, das heisst, dass solch hergestellte Verbindungselemente und/oder Bauteile hinsichtlich Form und

Abmessung in der Regel nur eine geringfügige mechanische Nachbearbeitung erfordern.

Die Rastelemente, insbesondere Rastzähne, einer jeweiligen Raststruktur sind bevorzugt jeweils parallel zueinander angeordnet und weisen vorteilhaft im Querschnitt eine
5 identische Form auf. Die Rastelemente einer jeweiligen Raststruktur können aber in Gruppen angeordnet sein, wobei die Rastelemente von unterschiedlichen Gruppen zum Beispiel andere Ausrichtungen haben können. Beispielsweise können die Rastelemente einer ersten Gruppe in eine erste Richtung gewandt sein und die Rastelemente einer zweiten Gruppe in eine dazu entgegengesetzte Richtung, so dass die beiden Gruppen
10 gegeneinander gerichtet sind.

Um eine besonders feste Fixierung zu erreichen, weist eine jeweilige Raststruktur bevorzugt zwei oder vier Rastelemente oder, noch bevorzugter, eines oder zwei Paare von Rastelementen auf. Ein Paar von Rastelementen wird dabei jeweils durch zwei einzelne
15 Rastelemente gebildet, die bevorzugt auf derselben Höhe der entsprechenden Raststruktur angeordnet und vorteilhaft einander zu- oder abgewandt, das heisst gegenüberliegend zueinander angeordnet sind. Bevorzugt weist die erste Raststruktur eines oder zwei solche Paare von Rastelementen und die zweite Raststruktur weist ebenfalls eines oder zwei Paare von Rastelementen auf. Es hat sich herausgestellt, dass ein gutes Einrasten der
20 beiden Raststrukturen möglich ist und eine besonders feste Fixierung erreicht wird, wenn sowohl die erste Raststruktur als auch die zweite Raststruktur zwei Paare von Rastelementen aufweist. Die beiden Paare sind dann bevorzugt übereinander, das heisst in Bezug auf die Einrastrichtung auf unterschiedlichen Ebenen angeordnet. Bei zwei Paaren von Rastelementen sind bevorzugt auf jeder Seite jeweils zwei Rastelemente parallel
25 zueinander angeordnet.

In anderen, je nach Anwendung ebenfalls bevorzugten Ausführungsformen weist eine jeweilige Raststruktur zumindest drei, noch bevorzugter zumindest fünf und am bevorzugtesten zumindest zehn parallel zueinander angeordnete Rastelemente auf, wobei
30 diese Rastelemente jeweils einen Teil von drei, zumindest fünf bzw. zumindest zehn Paaren von jeweils auf derselben Höhe angeordneten Rastelementen bilden können. Auf diese Weise ist eine Verrastung der beiden Verbindungselemente in mehreren unterschiedlichen Positionen möglich.

35 Um eine Verrastung des ersten und des zweiten Verbindungselementes via die Raststrukturen miteinander zu ermöglichen, weist das erste und/oder das zweite

Verbindungselement im Bereich der Raststruktur eine gewisse Elastizität auf. Diese Elastizität kann insbesondere aufgrund der Materialisierung und/oder der geometrischen Ausgestaltung des Verbindungselements gegeben sein.

- 5 Bevorzugt ist die Raststruktur des ersten Verbindungselements komplementär zur Raststruktur des zweiten Verbindungselements ausgebildet, so dass bei einer gegenseitigen Verrastung ein Formschluss zwischen den beiden Verbindungselementen entstehen kann.
- 10 Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform sind die ersten Rastelemente und die zweiten Rastelemente jeweils derart hinterschnittig ausgebildet, dass ein Lösen der Fixierung zwischen dem ersten Verbindungselement und dem zweiten Verbindungselement verhindert wird, wenn die erste Raststruktur und die zweite Raststruktur miteinander verrastet sind. In diesem Fall greifen die miteinander verrasteten Rastelemente also derart
- 15 ineinander ein, dass ein Lösen der Verbindung mittels einfachen Auseinanderziehens der beiden Verbindungselemente verunmöglicht ist. Ein unbeabsichtigtes Lösen der Verbindung zwischen den beiden Verbindungselementen kann dadurch selbst bei grosser Krafteinwirkung wirksam verhindert werden. Bevorzugt ist ein Lösen der beiden Verbindungselemente nach erfolgter Verrastung nur noch mit Hilfe eines Werkzeugs,
- 20 insbesondere eines Spezialwerkzeugs möglich. Die Knochenverbindung ist dadurch besonders sicher.

Um für den Arzt ein einfaches Fixieren der beiden Verbindungselemente aneinander zu ermöglichen, weisen die ersten Rastelemente und/oder die zweiten Rastelemente jeweils

25 eine zu einer Einrastrichtung geneigte Schrägfläche auf, welche ein Verrasten der ersten Raststruktur mit der zweiten Raststruktur erleichtert. Bevorzugt können die Raststrukturen dadurch einfach miteinander in Eingriff gebracht werden, jedoch aufgrund des erwähnten Hinterschnitts nur noch schwierig voneinander gelöst werden.

- 30 Bevorzugt handelt es sich bei der ersten Raststruktur um eine innere Raststruktur, deren erste Rastelemente in zumindest zwei entgegengesetzte Richtungen nach aussen gewandt sind, und bei der zweiten Raststruktur um eine äussere Raststruktur, deren zweite Rastelemente in zumindest zwei entgegengesetzte Richtungen nach innen gewandt sind. Im verrasteten Zustand ist die erste Raststruktur somit bevorzugt innerhalb der zweiten
- 35 Raststruktur angeordnet. Indem die Rastelemente einer jeweiligen Raststruktur jeweils in zumindest zwei entgegengesetzte Richtungen gewandt sind, kann die Verrastung der

Raststrukturen entsprechend von zumindest zwei Richtungen her erfolgen. Dadurch wird eine besonders sichere und leistungsstarke Fixierung der Verbindungselemente aneinander ermöglicht.

- 5 In einer insbesondere bevorzugten Ausführungsform weist die Knochenverbindungsanordnung ein drittes Verbindungselement auf, bei welchem es sich insbesondere um einen Verbindungsstab handeln kann. Der Verbindungsstab kann, muss aber nicht, einen Teil eines Pedikelsystems bilden. Das erste und das zweite Verbindungselement dienen bevorzugt dazu, das dritte Verbindungselement zwischen sich
10 festzuklemmen. Beim zweiten Verbindungselement kann es sich dabei insbesondere um eine Rastklammer handeln, die bevorzugt zum Aufsetzen auf das erste Verbindungselement und zum Verrasten mit diesem ausgebildet ist. Die Rastklammer ist bevorzugt als Ganzes C-förmig ausgestaltet, mit zwei vorteilhaft mehr oder weniger parallel zueinander angeordneten Haltestegen und einen die Haltestege verbindenden
15 Verbindungssteg. Die zweiten Rastelemente sind dann bevorzugt an den Haltestegen angeordnet, wobei eine erste Gruppe von Rastelementen vorteilhaft am ersten Haltesteg und eine zweite Gruppe von Rastelementen am zweiten Haltesteg angeordnet sind, so dass die beiden Gruppen von Rastelementen zueinander hin nach innen gewandt sind.
- 20 Bevorzugt ist die Rastverbindung im verrasteten Zustand des ersten und des zweiten Verbindungselements entlang der Einrasttrichtung auf derselben Höhe angeordnet wie das dritte Verbindungselement. Mit einer Anordnung auf derselben Höhe ist gemeint, dass der gegenseitige Rasteingriff der ersten und der zweiten Raststruktur entlang der Einrasttrichtung auf derselben Höhe, das heisst teilweise oder vollständig überlappend, mit
25 dem dritten Verbindungselement erfolgt. Auf diese Weise kann der Platzbedarf der Knochenverbindungsanordnung entlang der Einrasttrichtung minimiert werden. Diese Reduktion der Bauhöhe der Vorrichtung entlang der Einrasttrichtung ist insbesondere bei pädiatrischen Anwendungen sowie bei hoch-thorakalen und zervikalen Anwendungen von grossem Vorteil.
- 30 Die Rastklammer weist bevorzugt ein Klemmelement auf, welches zum Festklemmen des dritten Verbindungselements dient, wobei das Klemmelement vorteilhaft zum direkten Anliegen am dritten Verbindungselement ausgebildet ist. Im verrasteten Zustand ist das dritte Verbindungselement dabei bevorzugt zwischen dem Klemmelement der
35 Rastklammer und dem ersten Verbindungselement angeordnet und dadurch festgeklemmt. Grundsätzlich ist es denkbar, dass das Festklemmelement ausserhalb der zweiten

Rastelemente an der Rastklammer angeordnet ist. Bevorzugt, um eine besonders wirksame Klemmung zu erreichen, ist es jedoch, wenn das Festklemmelement innerhalb der zweiten Rastelemente und vorteilhaft zentral an der Rastklammer angeordnet ist. Die Kraftübertragung über das Klemmelement kann dann auf eine besonders effiziente Art und Weise erfolgen. Bevorzugt ist das Klemmelement am Verbindungssteg angebracht und ragt gegenüber diesem in Richtung zum dritten Verbindungselement hin vor.

Um die Klemmwirkung weiter zu erhöhen, kann die Klemmfläche des Klemmelements und/der das dritte Verbindungselement eine reibungserhöhende Beschichtung aufweisen.

Um die Rastklammer bezüglich ihrer Flexibilität einzustellen, kann diese in einem Bereich zwischen den nach innen gewandten zweiten Rastelementen eine oder mehrere lokale Vertiefungen aufweisen. Aufgrund der einen oder der mehreren lokalen Vertiefungen weist die Rastklammer bevorzugt im entsprechenden Bereich jeweils eine Materialverjüngung auf, welche die Flexibilität der Rastklammer erhöht. Je nachdem wie stark diese Vertiefungen ausgeprägt sind, wird die Verrastung mit dem ersten Verbindungselement für den Arzt vereinfacht oder erschwert und gleichzeitig ein Lösen der Rastverbindung vereinfacht bzw. erschwert. Bevorzugt sind eine bis drei solche Vertiefungen vorgesehen.

Damit die erste und die zweite Raststruktur bei Bedarf ganz voneinander gelöst werden können oder der gegenseitige Eingriff der Raststrukturen verringert werden kann, weist das erste Verbindungselement und/oder das zweite Verbindungselement vorteilhaft eine Interventionsstruktur auf, welche ein Lösen der Rastverbindung zum Beispiel mit Hilfe eines geeigneten Werkzeugs ermöglicht. Die Interventionsstruktur kann insbesondere an der Aussenseite der ersten oder der zweiten Raststruktur angeordnet sein.

Bei einer insbesondere bevorzugten Ausführungsform handelt es sich beim dritten Verbindungselement um einen Verbindungsstab und beim ersten Verbindungselement um einen Tulpenkopf, welcher zur Fixierung des Verbindungsstabs an einem Gewindeschafte einer Schraube, insbesondere einer Pedikelschraube, dient. Die Knochenverbindungsanordnung stellt dann also ein Pedikelsystem dar. Je nach Ausführungsform kann der Tulpenkopf dabei einstückig mit der Schraube ausgebildet sein oder ein separates Bauteil darstellen, in dem der Schraubenkopf der Schraube gehalten ist. Vorzugsweise handelt es sich um ein polyaxiales Fixationssystem, bei dem die Lage des Gewindeschafte der Schraube bzw. der Schrauben relativ zum Verbindungsstab anpassbar ist. Das zweite Verbindungselement, welches vorteilhaft als Rastklammer

ausgebildet ist, dient dann also bevorzugt zum Festklemmen des Verbindungsstabes am Tulpenkopf. Die erste Raststruktur ist dann bevorzugt an der Aussenseite des Tulpenkopfes ausgebildet. Wenn das Pedikelsystem als ein polyaxiales Fixationsystem ausgebildet ist, kann das zweite Verbindungselement und/oder ein z.B. an der Rastklammer angeformtes

5 Klemmelement zum Festklemmen der Schraube am Tulpenkopf dienen, indem der Verbindungsstab bzw. das Klemmelement den Schraubenkopf gegen eine am Tulpenkopf vorgesehene Anschlagfläche presst. Je nachdem kann zwischen dem Verbindungsstab und dem Tulpenkopf bzw. zwischen dem Klemmelement und dem Tulpenkopf noch ein sog. Washer vorgesehen sein. Mittels des Washers kann insbesondere die Kraftübertragung

10 vom Verbindungsstab bzw. Klemmelement auf den Schraubenkopf verbessert werden. Im Vergleich zur herkömmlichen Festklemmung des Verbindungsstabs am Tulpenkopf mittels eines mit einem Aussengewinde versehenen Klemmelements hat die Festklemmung mit einer Rastklammer den Vorteil, dass der Platzbedarf auf der zur Schraube gegenüberliegenden Seite des Verbindungsstabes erheblich verringert ist. Ausserdem ist

15 zur Fixierung keine Drehbewegung notwendig.

Bei einer anderen, ebenfalls bevorzugten Ausführungsform handelt es sich beim dritten Verbindungselement um einen Verbindungsstab und beim ersten Verbindungselement um einen Konnektor, insbesondere einen Axialkonnektor oder einen Parallelkonnektor, welcher

20 zum Verbinden von zwei Verbindungsstäben dient. Auch hier ist das zweite Verbindungselement vorteilhaft als Rastklammer ausgebildet und die erste Raststruktur ist bevorzugt an der Aussenseite des Konnektors angeordnet. Die erste Raststruktur kann aber auch am Verbindungsstab, insbesondere an einem Endbereich des Verbindungsstabes, ausgebildet sein. Im Falle eines Axialkonnektors können zwei

25 vorzugsweise identisch ausgebildete Rastklammern vorgesehen sein, wobei die eine zum Festklemmen des ersten Verbindungsstabes und die andere zum Festklemmen des zweiten Verbindungsstabes dient. Im Falle eines Parallelkonnektors kann eine einzelne Rastklammer mit zwei Festklemmelementen vorgesehen sein, wobei das erste Festklemmelement zum Festklemmen des ersten Verbindungsstabes und das zweite

30 Festklemmelement zum Festklemmen des zweiten Verbindungsstabes dient. Der Konnektor bildet dann gemeinsam mit dem oder den zweiten Verbindungselementen und gegebenenfalls den Verbindungsstäben ein Konnektor-System.

Bevorzugt weist der Konnektor zumindest eine Öffnung zur Aufnahme eines

35 Verbindungsstabes auf, welche sich entlang der Einrastrichtung zum zweiten Verbindungselement hin aufweitet. Auf diese Weise kann der Konnektor zum Verbinden

von Verbindungsstäben mit unterschiedlichen Durchmessern verwendet werden.

In einer nochmals anderen und ebenfalls bevorzugten Ausführungsform handelt es sich beim ersten Verbindungselement um eine Schraube und beim zweiten
5 Verbindungselement um eine Knochenplatte. Bevorzugt sind mehrere erste Verbindungselemente in Form von Schrauben vorhanden. Schraube bzw. Schrauben und Knochenplatte können insbesondere gemeinsam ein zervikales Plattensystem bildet, das zum Stabilisieren der Halswirbelsäule dient. Die Schraube bzw. die Schrauben weisen bevorzugt jeweils einen zumindest teilweise elastisch verformbaren Schraubenkopf auf, an
10 welchem die erste Raststruktur ausgebildet ist. Die zweite Raststruktur ist bevorzugt an der Begrenzungsfläche von Öffnungen vorgesehen, welche in der Knochenplatte ausgebildet sind. Die Schraube bzw. die Schrauben sind dann mit ihrer am Schraubenkopf vorgesehenen ersten Raststruktur in den Öffnungen der Knochenplatte fixierbar. Bevorzugt bilden dabei die ersten Rastelemente der Schraube(n) und/oder die zweiten Rastelemente
15 der Knochenplatte ein Gewinde. Die zumindest teilweise elastische Ausbildung des Schraubenkopfes mit der daran ausgebildeten ersten Raststruktur ermöglicht es, die jeweilige Schraube in unterschiedlichen Winkellagen an der Knochenplatte zu fixieren. Wenn ein Gewinde vorhanden ist, kann die Schraube dabei mit ihrem Schraubenkopf in der gewünschten Winkellage in die entsprechende Öffnung der Knochenplatte eingeschraubt
20 werden. Bei einem schrägen Einschrauben der Schraube ist dabei in gewissen Bereichen der Raststrukturen ein gegenseitiges Eingreifen verunmöglicht. Die Elastizität des Schraubenkopfes ermöglicht das Einschrauben in diesem Fall aber trotzdem, da die Raststrukturen in den erwähnten Bereichen dann nicht im Eingriff miteinander stehen können, in anderen Bereichen aber schon. Die Schraube bzw. die Schrauben sind
25 bevorzugt zum direkten Einschrauben in einen Knochen, insbesondere in einen Wirbelkörper der Halswirbelsäule, ausgebildet.

In einer weiteren, ebenfalls bevorzugten Ausführungsform ist die Knochenverbindungsanordnung als ein Wirbelkörperersatz ausgebildet. Beim ersten
30 Verbindungselement kann es sich dann insbesondere um einen Expansionsschlitten und beim zweiten Verbindungselement um einen Expansionskörper handeln. Expansionsschlitten und Expansionskörper sind dann mit ihren jeweiligen Raststrukturen entlang der Längserstreckung des Wirbelkörperersatzes an unterschiedlichen Positionen miteinander verrastbar, um die Längserstreckung des Wirbelkörpers an den Patienten
35 anzupassen. Um den Wirbelkörperersatz besser an die anatomischen Gegebenheiten der Patienten anzupassen, können die erste und die zweite Raststruktur jeweils gebogen

ausgebildet sein. Die Einrastung von Expansionsschlitten und Expansionskörper erfolgt dann entlang einer entsprechend gebogenen Einrastrichtung.

- Um beim Fixieren die erste Raststruktur relativ zur zweiten Raststruktur zu führen, weisen
- 5 das erste Verbindungselement und das zweite Verbindungselement bevorzugt ineinander eingreifende Führungen auf, welche insbesondere gemeinsam eine Schwalbenschwanzverbindung bilden können. Auf diese Weise kann eine korrekte Fixierung der beiden Verbindungselemente aneinander garantiert werden.
- 10 Gemäss einer Weiterbildung der Erfindung weist das zweite Verbindungselement eine Rastklammer auf, welche die zweite Raststruktur bildet und über ein flexibles Element mit dem restlichen zweiten Verbindungselement verbunden ist. Bevorzugt ist die Rastklammer ausschliesslich über das flexible Element mit dem restlichen zweiten Verbindungselement verbunden. Beim flexiblen Element handelt es sich bevorzugt um einen Steg, der
- 15 insbesondere einstückig mit der Rastklammer und/oder dem restlichen zweiten Verbindungselement ausgebildet sein kann. Die Flexibilität bezieht sich bevorzugt auf das restliche zweite Verbindungselement, welches im Vergleich zum flexiblen Element in der Regel eine geringere Flexibilität aufweist. Wenn das dritte Verbindungselement beispielsweise durch einen Verbindungsstab gebildet wird und das zweite
- 20 Verbindungselement zur Befestigung des Verbindungsstabs an einer Pedikelschraube dient, kann das Vorsehen des flexiblen Elements den Vorteil mit sich bringen, dass zwischen dem Verbindungsstab und der Pedikelschraube trotz der Befestigung ein gewisser Bewegungsspielraum vorliegt. Dadurch kann insbesondere eine Spannungsdiskontinuität zwischen den mit dem Pedikelsystem versehenen Levels der
- 25 Wirbelsäule und den dazu angrenzenden Abschnitten der Wirbelsäule reduziert werden. Durch einen derart bewirkten, allmählicheren Übergang zwischen dem durch das Pedikelsystem versteiften Abschnitt der Wirbelsäule und den noch beweglichen Abschnitten können die Wahrscheinlichkeit einer proximalen junktionalen Kyphose verringert und gleichzeitig die angrenzenden Bandscheiben und Wirbelkörper vor weiterer
- 30 Degeneration und unphysiologischen Belastungsmustern geschützt werden.

- Gemäss einer anderen Weiterbildung der Erfindung sind das erste Verbindungselement und das zweite Verbindungselement im miteinander verrasteten Zustand entlang der
- Längsrichtung der ersten und zweiten Rastelemente relativ zueinander verschiebbar. Das
- 35 zweite Verbindungselement kann dabei insbesondere eine Rastklammer aufweisen. Bevorzugt handelt es sich beim zweiten Verbindungselement zudem um einen

Verbindungsstab. Beim ersten Verbindungselement kann es sich ebenfalls um einen Verbindungsstab handeln. Somit sind das erste und das zweite Verbindungselement bei dieser Weiterbildung der Erfindung trotz der gegenseitigen Befestigung mittels der Raststrukturen über zumindest einen bestimmten Bereich gegeneinander verschiebbar.

- 5 Bevorzugt ist die Verschiebbarkeit aber nur über einen limitierten Bereich möglich, das heisst es gibt vorteilhaft auf beiden Seiten einen Anschlag, damit der Bewegungsspielraum eingeschränkt ist und sich die beiden Verbindungselemente beim Verschieben nicht voneinander lösen können. Je nach Anwendung und Patientensituation kann eine solche eingeschränkte Bewegbarkeit Vorteile im Hinblick auf das Therapieresultat mit sich bringen.

10

Bei der erfindungsgemässen Knochenverbindungsanordnung kann es sich beispielsweise um ein Pedikelsystem, ein Konnektorsystem, wie insbesondere ein Axial- oder Parallelkonnektorsystem, ein zervikales Plattensystem, einen Wirbelkörperersatz oder einen Bandscheiben-Cage handeln. Ähnlich wie der Wirbelkörperersatz kann auch der

15 Bandscheiben-Cage expandierbar sein.

- Die Erfindung bezieht sich ausserdem auf ein Verfahren zum Verbinden zweier Knochen oder Knochenteile eines menschlichen oder tierischen Patienten, insbesondere mittels einer Knochenverbindungsanordnung wie sie oben angegeben ist, wobei ein erstes aus
- 20 einem faserverstärkten Kunststoffmaterial hergestelltes Verbindungselement und ein zweites aus einem faserverstärkten Kunststoffmaterial hergestelltes Verbindungselement aneinander fixiert werden, indem eine Vielzahl von ersten Rastelementen einer ersten Raststruktur des ersten Verbindungselements mit einer Vielzahl von zweiten Rastelementen einer zweiten Raststruktur des zweiten Verbindungselements verrastet
- 25 wird. Das Fixieren der beiden Verbindungselemente aneinander erfolgt bevorzugt mittels einer reinen translatorischen Bewegung der beiden Verbindungselemente relativ zueinander, das heisst es wird bevorzugt keine Drehbewegung ausgeführt.

30

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden im Folgenden anhand der Zeichnungen beschrieben, die lediglich zur Erläuterung dienen und nicht einschränkend auszulegen sind. In den Zeichnungen zeigen:

35

Fig. 1a eine perspektivische Ansicht einer mittels einem Tulpenkopf und einer

- Rastklammer an einem Verbindungsstab fixierten Pedikelschraube eines erfindungsgemässen Pedikelsystems;
- Fig. 1b eine perspektivische Explosionsansicht der Vorrichtung der Fig. 1a;
- Fig. 1c eine Seitenansicht der Vorrichtung der Fig. 1a aus einer ersten Blickrichtung;
- 5 Fig. 1d eine Seitenansicht der Vorrichtung der Fig. 1a aus einer zweiten Blickrichtung;
- Fig. 1e eine erste zentrale Querschnittsansicht der Vorrichtung der Fig. 1a;
- Fig. 1f eine zweite zentrale Querschnittsansicht der Vorrichtung der Fig. 1a;
- Fig. 1g eine vergrösserte Detailansicht des in der Fig. 1d gestrichelt umrandeten Bereiches;
- 10 Fig. 2 eine perspektivische Ansicht der Rastklammer eines anderen erfindungsgemässen Pedikelsystems;
- Fig. 3 eine perspektivische Ansicht der Rastklammer eines nochmals anderen erfindungsgemässen Pedikelsystems;
- Fig. 4a eine perspektivische Ansicht einer mittels einem Tulpenkopf und einer
- 15 Rastklammer an einem Verbindungsstab fixierten Pedikelschraube eines weiteren erfindungsgemässen Pedikelsystems;
- Fig. 4b eine perspektivische Explosionsansicht der Vorrichtung der Fig. 4a;
- Fig. 5 eine perspektivische Ansicht der Rastklammer eines weiteren erfindungsgemässen Pedikelsystems;
- 20 Fig. 6a eine perspektivische Ansicht einer mittels einem Tulpenkopf und einer Rastklammer an einem Verbindungsstab fixierten Pedikelschraube eines nochmals weiteren erfindungsgemässen Pedikelsystems;
- Fig. 6b eine perspektivische Explosionsansicht der Vorrichtung der Fig. 6a;
- Fig. 7 eine perspektivische Ansicht der Rastklammer eines weiteren
- 25 erfindungsgemässen Pedikelsystems;
- Fig. 8a eine perspektivische Ansicht einer mittels einem Tulpenkopf und einer Rastklammer an einem Verbindungsstab fixierten Pedikelschraube eines nochmals weiteren erfindungsgemässen Pedikelsystems;
- Fig. 8b eine perspektivische Explosionsansicht der Vorrichtung der Fig. 8a;
- 30 Fig. 9a eine perspektivische Ansicht von zwei mittels eines Axialkonnektors eines erfindungsgemässen Axialkonnektor-Systems miteinander verbundenen Verbindungsstäben;
- Fig. 9b eine perspektivische Explosionsansicht der Vorrichtung der Fig. 9a;
- Fig. 9c eine erste zentrale Querschnittsansicht der Vorrichtung der Fig. 9a;
- 35 Fig. 9d eine zweite Querschnittsansicht entlang der in der Fig. 9c dargestellten Ebene IX-IX der Vorrichtung der Fig. 9a;

- Fig. 10a eine perspektivische Ansicht von zwei mittels eines Axialkonnektors eines erfindungsgemässen Axialkonnektor-Systems gemäss einer anderen Ausführungsform miteinander verbundenen Verbindungsstäben;
- Fig. 10b eine Seitenansicht der Vorrichtung der Fig. 10a;
- 5 Fig. 10c eine perspektivische Explosionsansicht der Vorrichtung der Fig. 10a;
- Fig. 11a eine perspektivische Ansicht von zwei mittels eines Parallelkonnektors eines erfindungsgemässen Parallelkonnektor-Systems miteinander verbundenen Verbindungsstäben;
- Fig. 11b eine perspektivische Explosionsansicht der Vorrichtung der Fig. 11a;
- 10 Fig. 11c eine Seitenansicht der Vorrichtung der Fig. 11a;
- Fig. 12a eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemässen zervikalen Plattensystems mit mehreren in einer Knochenplatte fixierten Schrauben;
- Fig. 12b eine perspektivische Explosionsansicht der Vorrichtung der Fig. 12a;
- Fig. 12c eine Querschnittsansicht der Vorrichtung der Fig. 12a in einer zentral durch drei
15 Schrauben liegenden Ebene;
- Fig. 13a eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemässen Wirbelkörperersatzes;
- Fig. 13b eine perspektivische Explosionsansicht der Vorrichtung der Fig. 13a; Fig. 13c eine zentrale Querschnittsansicht der Vorrichtung der Fig. 13a, in einem nicht expandierten Zustand;
- 20 Fig. 13d eine zentrale Querschnittsansicht der Vorrichtung der Fig. 13a, in einem expandierten Zustand;
- Fig. 14a eine perspektivische Ansicht eines anderen erfindungsgemässen Wirbelkörperersatzes mit gebogenen Raststrukturen;
- Fig. 14b eine perspektivische Explosionsansicht der Vorrichtung der Fig. 14a;
- 25 Fig. 14c eine zentrale Querschnittsansicht der Vorrichtung der Fig. 14a, in einem nicht expandierten Zustand;
- Fig. 14d eine zentrale Querschnittsansicht der Vorrichtung der Fig. 14a, in einem expandierten Zustand;
- Fig. 15a eine perspektivische Explosionsansicht einer mittels einem Tulpenkopf und einer Rastklammer an einem Verbindungsstab fixierten Pedikelschraube eines erfindungsgemässen Pedikelsystems gemäss einer weiteren Ausführungsform;
- 30 Fig. 15b eine zentrale Querschnittsansicht der Vorrichtung der Fig. 15a;
- Fig. 16a eine perspektivische Ansicht einer mittels einem Tulpenkopf und einer Rastklammer an einem Verbindungsstab fixierten Pedikelschraube eines erfindungsgemässen Pedikelsystems gemäss einer nochmals anderen
35 Ausführungsform;

- Fig. 16b eine perspektivische Ansicht der Vorrichtung der Fig. 16a;
- Fig. 17a eine Seitenansicht einer Knochenverbindungsanordnung in Form von zwei via eine Rastverbindung verschiebbar miteinander verbundenen Enden zweier Verbindungsstäbe;
- 5 Fig. 17b eine perspektivische Ansicht der Vorrichtung der Fig. 17a;
- Fig. 18a eine zentrale Querschnittsansicht einer mittels einem Tulpenkopf und einer Rastklammer an einem Verbindungsstab fixierten fenestrierten Pedikelschraube eines erfindungsgemässen Pedikelsystems gemäss einer weiteren Ausführungsform;
- 10 Fig. 18b eine perspektivische Explosionsansicht der Vorrichtung der Fig. 18a;
- Fig. 19a eine zentrale Querschnittsansicht einer mittels einem Tulpenkopf und einer Rastklammer an einem Verbindungsstab fixierten fenestrierten Pedikelschraube eines erfindungsgemässen Pedikelsystems gemäss einer nochmals weiteren Ausführungsform; sowie
- 15 Fig. 19b eine perspektivische Explosionsansicht der Vorrichtung der Fig. 19a.

BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

- 20 Die Figuren 1a bis 19b zeigen verschiedene Ausführungsformen von erfindungsgemässen medizinischen Knochenverbindungsanordnungen sowie von Teilen davon. Gleich oder ähnlich wirkende Elemente von unterschiedlichen oder gleichen Ausführungsformen sind jeweils mit demselben Bezugszeichen versehen.
- 25 Die Figuren 1a bis 1g zeigen in unterschiedlichen Ansichten eine erste bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemässen Knochenverbindungsanordnung in Form eines polyaxialen Fixationssystems 1. Das polyaxiale Fixationssystem 1 ist als ein Pedikelsystem ausgebildet, das eine Vielzahl von Schrauben 12 aufweist, welche auch als Pedikelschrauben bezeichnet werden können und in jeweils einen Wirbelkörper der
- 30 Wirbelsäule eines menschlichen oder tierischen Patienten einschraubbar sind. Mittels eines Tulpenkopfes 13 ist jede der Schrauben 12 an einem Verbindungsstab 11 befestigt. Der Verbindungsstab 11 verbindet somit die Schrauben 12 miteinander und verblockt bzw. stabilisiert dadurch die entsprechenden Wirbelkörper. Bevorzugt ist der Verbindungsstab 11 als Ganzes einstückig aus einem faserverstärkten Kunststoffmaterial hergestellt.
- 35 Die Schraube 12 weist einen weitgehend kugelförmigen Schraubenkopf 121 auf, in

welchem eine Eingriffsstruktur 122 ausgebildet ist. Die Eingriffsstruktur 122 ist beispielsweise sechskant- oder torxförmig ausgestaltet und dient zum Einschrauben der Schraube 12 in einen Wirbelkörper mit Hilfe eines entsprechenden Werkzeugs. Die Schraube 12 weist einen Gewindenschaft 123 auf, der sich vom Schraubenkopf 12 aus bis
5 zu einer Schraubenspitze 124 erstreckt.

Die Schraube 12 ist bevorzugt als Ganzes einstückig aus einem faserverstärkten Kunststoffmaterial hergestellt. Auf diese Weise kann die Röntgentransparenz des polyaxialen Fixationssystems 1 gewährleistet werden. Um bei der Röntgenbildgebung oder
10 bei anderen medizinischen Bildgebungen, wie zum Beispiel der Magnetresonanztomographie, die Lage und Orientierung des polyaxialen Fixationssystems 1 und insbesondere der Schrauben 12 trotzdem gut zu erkennen, können an der Schraube 12 Marker, insbesondere radioopake Marker, vorgesehen sein. Ein derartiger Marker kann beispielsweise in einer an der Schraubenspitze 124 vorgesehen Vertiefung (erkennbar in
15 den Figuren 1e und 1f) eingesetzt sein.

Der Tulpenkopf 13, welcher ebenfalls aus einem faserverstärkten Kunststoffmaterial und bevorzugt als Ganzes einstückig hergestellt ist, weist einen Grundkörper 131 auf, von dem aus sich diametral gegenüberliegend zwei seitliche Stege 132 bzw. 132' nach oben
20 erstrecken. Die beiden seitlichen Stege 132, 132' begrenzen seitlich zwei dazwischen angeordnete, nach oben hin offen ausgebildete Aufnahmeöffnungen 135, 135' welche zur Aufnahme des Verbindungsstabes 11 dienen. Auf der radialen Aussenseite der seitlichen Stege 132 und 132' ist eine Raststruktur 133 ausgebildet, welche durch Rastelemente in Form von Rastzähnen 134 bzw. 134' gebildet wird. Eine erste Gruppe von zueinander
25 parallel angeordneten, jeweils identisch ausgebildeten Rastzähnen 134 ist am ersten seitlichen Steg 134 vorgesehen und eine zweite Gruppe am zweiten seitlichen Steg 134.

Unterhalb der Aufnahmeöffnungen 135, 135' bildet der Grundkörper 131 des Tulpenkopfes 13 einen Innenraum 136, der zur Aufnahme des Schraubenkopfes 121 der Schraube 12
30 dient. Die Schraube 12 wird hierzu mit dem Gewindenschaft 123 voran von oben her in den Tulpenkopf 13 eingeführt bis der Schraubenkopf 121 an einer den Innenraum 136 begrenzenden Anlagefläche 137 anschlägt (siehe die Figuren 1e und 1f). Aufgrund der kugelförmigen Ausbildung des Schraubenkopfes 121 kann die Schraube 12 dabei in unterschiedlichen Winkellagen relativ zum Tulpenkopf 13 angeordnet und fixiert werden.
35 Der Tulpenkopf 13 bildet somit ein Verbindungselement, um die Schraube 12 mit dem Verbindungsstab 11 zu verbinden und zu fixieren.

Zur Fixierung der Schraube 12 und des Verbindungsstabes 11 in einer gewünschten Position am Tulpenkopf 13 dient eine Rastklammer 15. Die Rastklammer 15, welche aus einen faserverstärkten Kunststoffmaterial und bevorzugt als Ganzes einstückig hergestellt ist, weist als Ganzes eine C-förmige Gestalt auf mit zwei parallelen, frei abragenden Haltestegen 152, 152' sowie einem die Haltestege 152, 152' verbindenden Verbindungssteg 151. An den radialen Innenseiten der Haltestege 152, 152' ist eine Raststruktur 153 mit jeweils einer Vielzahl von Rastelementen in Form von Rastzähnen 154 bzw. 154' ausgebildet. Eine erste Gruppe von zueinander parallel angeordneten, jeweils identisch ausgebildeten Rastzähnen 154 ist am ersten Haltesteg 152 vorgesehen und eine zweite Gruppe am zweiten Haltesteg 152'. Die Rastzähne 154, 154' sind somit in radialer Richtung nach innen gewandt. Zwischen den Haltestegen 152 und 152' ist zentral am Verbindungssteg 151 ein Klemmelement 155 angebracht, welches von diesem aus parallel zu den Haltestegen 152, 152' nach unten ragt und eine sattelförmige, allenfalls beschichtete (höhere Reibung, Locking), an die Aussenfläche des Verbindungsstabes 11 angepasste Anlagefläche bildet.

Zum Verbinden der Schraube 12 am Verbindungsstab 11 wird der Verbindungsstab 11 in die Aufnahmeöffnungen 135, 135' des Tulpenkopfes 13 eingelegt, wobei der Schraubenkopf 121 bereits im Innenraum 136 des Tulpenkopfes 13 aufgenommen ist. Anschliessend wird zur Fixierung die Rastklammer 15 mit ihren Haltestegen 152, 152' voran auf die seitlichen Stege 132, 132' des Tulpenkopfes 13 aufgesetzt, so dass die Raststruktur 153 der Rastklammer 15 mit der Raststruktur 133 des Tulpenkopfes 13 verrastet. Mittels Aufpressen der Rastklammer 15 auf den Tulpenkopf 13 entlang einer Einrastrichtung R kann der gegenseitige Eingriff der Raststrukturen 153 und 133 dabei erhöht und die auf den Verbindungsstab 11 wirkende Klemmkraft dadurch vergrössert werden. Das Klemmelement 155 drückt dabei den Verbindungsstab 11 auf den darunter angeordneten Schraubenkopf 121, welcher wiederum gegen die Anlagefläche 137 des Tulpenkopfes 13 gedrückt und dadurch festgeklemmt wird. Um die Klemmwirkung zu erhöhen, können die Klemmfläche des Klemmelements 155 und/der der Verbindungsstab 11 eine reibungserhöhende Beschichtung aufweisen.

Wie in der vergrösserten Detailansicht der Figur 1g erkennbar ist, weisen die inneren Rastzähne 134, 134' des Tulpenkopfes 13 jeweils eine von der Rastklammer 15 weg gewandte erste Fläche auf, die senkrecht zur Einrastrichtung R steht, sowie eine zur Rastklammer 15 hin gewandte zweite Fläche, die geneigt zur Einrastrichtung R steht.

Analog dazu weisen die dazu komplementär ausgebildeten Rastzähne 154, 154' der Rastklammer 15 jeweils eine vom eine zum Tulpenkopf 13 hin gewandte erste Fläche auf, die senkrecht zur Einrastrichtung R steht, sowie eine vom Tulpenkopf 13 weg gewandte zweite Fläche, die geneigt zur Einrastrichtung R steht. Die ersten und zweiten Flächen der Rastzähne 134, 134' und 154, 154' stehen somit jeweils in einem spitzen Winkel zueinander. Die senkrecht zur Einrastrichtung R stehenden ersten Flächen der Rastzähne 134, 134' und 154, 154' bilden somit gemeinsam einen Hinterschnitt, welcher nach dem gegenseitigen Verrasten ein Entfernen der Rastklammer 15 vom Tulpenkopf 13 verhindert. Die zweiten Flächen der Rastzähne 134, 134' und 154, 154' erlauben aufgrund ihrer Neigung zur Einrastrichtung R hingegen ein einfaches Anbringen und Aufrasten der Rastklammer 15 auf den Tulpenkopf 13.

Um eine bessere Anpressung des Schraubenkopfes 121 an die Anlagefläche 137 des Tulpenkopfes 13 zu erreichen, ist zwischen dem Verbindungsstab 11 und dem Schraubenkopf 121 bevorzugt ein sog. Washer 14 angeordnet. Der Washer 14 ist, wie in der Figur 1b erkennbar, ringförmig ausgebildet. Er kann aus einem Metall oder einem Kunststoffmaterial, insbesondere einem faserverstärkten Kunststoffmaterial hergestellt sein. Um Bewegungen zwischen dem Washer 14 und der Schraube 12 noch effizienter zu verhindern, können eine oder beide der aneinanderliegenden Flächen des Washers 14 und des Schraubenkopfes 121 eine reibungserhöhende Beschichtung und/oder eine Oberflächenstruktur aufweisen. Die Oberflächenstruktur kann beispielsweise durch Rillen oder Kerben gebildet sein.

Um das Aufbringen und Verrasten der als Verbindungselement dienenden Rastklammer 15 auf den Tulpenkopf 13 zu erleichtern, weisen die Rastklammer 15 und/oder der Tulpenkopf 13 vorteilhaft eine gewisse Elastizität auf. Eine solche Elastizität kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass an den Haltestegen 152, 152' der Rastklammer 15 jeweils ein in Längs- bzw. Axialrichtung verlaufender Schlitz 156 bzw. 156' vorgesehen wird, wie es bei der Ausführungsform der Figuren 1a bis 1g der Fall ist. Alternativ oder zusätzlich kann an der Oberseite des Verbindungssteges 151 der Rastklammer 15 eine lokale Vertiefung 157 vorgesehen werden, wie es bei der Rastklammer 15 der Ausführungsform der Figur 2 gezeigt ist. Die Vertiefung 157 ist mittig zwischen den beiden Haltestegen 152, 152' angeordnet und erstreckt sich dabei parallel zu den Haltestegen 152, 152' in Längsrichtung des Verbindungsstabes 11. Durch Anpassung der Dimensionierung der Vertiefung 157 kann die Elastizität der Rastklammer 15 sehr genau eingestellt werden. Aufgrund der Vertiefung 157 bildet die Rastklammer 15 somit ein Federelement.

In einer anderen, in der Figur 3 gezeigten Ausführungsform wird die Federwirkung der Rastklammer 15 durch zwei seitlich am Verbindungssteg 151 angeordnete Vertiefungen 157 erreicht. Auch hier verlaufen die Vertiefungen 157 jeweils parallel zu den Haltestegen 152, 152' in Längsrichtung des Verbindungsstabes 11. Je nach Ausführungsform kann die zentrale Vertiefung 157 der Figur 2 auch mit den beiden seitlichen Vertiefungen 157 der Figur 3 kombiniert werden.

In der Ausführungsform der Figur 3 ist an den Haltestegen 152, 152' jeweils kein Schlitz 156 bzw. 156' vorgesehen. Stattdessen ist an der radialen Aussenseite der Haltestege 152, 152' im Bereich von deren freien Enden jeweils eine nach aussen hin abstehende, bügelförmige Interventionsstruktur 159 angebracht. Die Interventionsstrukturen 159 dienen dazu, den gegenseitigen Eingriff der Raststrukturen 133 und 153 bei Bedarf zu lösen, um die Befestigung des Verbindungsstabes 11 am Tulpenkopf 13 aufzuheben. Die Interventionsstrukturen 159 können hierzu mit einem geeigneten Werkzeug hintergriffen werden, um die Haltestege 152, 152' in radialer Richtung nach aussen zu bewegen.

Bei der Ausführungsform der Figuren 4a und 4b weist die Rastklammer 15 weder einen Schlitz 156, 156' noch eine lokale Vertiefung 157 auf. Die Elastizität im Bereich der Raststruktur 153 kann hier beispielsweise durch eine entsprechende Materialwahl bei der Herstellung der Rastklammer 15 erreicht werden.

Die Figur 5 zeigt eine Ausführungsform einer Rastklammer 15, welche an den Haltestegen 152, 152' jeweils ähnlich wie die Rastklammer 15 der Figur 1b einen in Axialrichtung verlaufenden Schlitz 156 aufweist. Am Haltesteg 152 bzw. 152' sind seitlich zum Schlitz 156 jeweils zwei bügelförmige Interventionsstrukturen 159 angebracht. Am Verbindungssteg 151 sind zwei sich parallel erstreckende Vertiefungen 157 ausgebildet, um der Rastklammer 15 im Hinblick auf das Einrasten eine gewisse Flexibilität zu verleihen.

Während die seitlichen Stege 132, 132' des Tulpenkopfes 13 bei den Ausführungsformen der Figuren 1a bis 4b jeweils gerundete Aussenflächen mit entsprechend in Längserstreckung gerundet geformten Rastzähnen 134, 134' aufweisen, sind die Aussenflächen der seitlichen Stege 132, 132' bei der Ausführungsform der Figuren 6a und 6b jeweils eben ausgebildet. Dementsprechend verlaufen hier auch die Rastzähne 134, 134' jeweils entlang ihrer Längserstreckung geradlinig. Dasselbe gilt in analoger Weise für die Innenflächen der Haltestege 152, 152' sowie die daran ausgebildeten Rastzähne 154,

154'.

In der Figur 7 ist eine weitere Ausführungsform einer Rastklammer 15 gezeigt, welche ähnlich wie diejenige der Figuren 3 und 5 an der Oberseite des Verbindungssteges 151
5 zwei parallele Vertiefungen 157 zum Bewirken der Rastklammer-Elastizität aufweist. Die Rastklammer 15 ist ansonsten weitgehend wie diejenige der Figuren 6a und 6b ausgebildet, wobei sie jedoch zusätzlich an den Aussenseiten der Haltestege 152 jeweils noch eine Interventionsstruktur 159 aufweist, um die Rastklammer 15 bei Bedarf mittels eines geeigneten Werkzeugs vom Tulpenkopf 13 lösen zu können. Ein Vorsehen von
10 Interventionsstrukturen 159, welche zum Lösen des gegenseitigen Eingriffs der Raststrukturen dienen, jedoch auch andersartig als bei der vorliegenden und den vorgängig beschriebenen Ausführungsformen ausgebildet sein können, ist selbstverständlich auch bei jeder der Rastklammern 15 der Ausführungsformen der Figuren 1a bis 2 sowie 4a, 4b und 6a, 6b denkbar. Auch die Rastklammern 15, 24 und 34 der weiter unten beschriebenen
15 Ausführungsformen der Figuren 8a bis 11c können derartige Interventionsstrukturen 159 zum Lösen des gegenseitigen Eingriffs der Raststrukturen aufweisen.

Die Ausführungsform der Figuren 8a und 8b unterscheidet sich dadurch von derjenigen der Figuren 6a und 6b, dass an der Rastklammer 15 und am Tulpenkopf 13 Führungen
20 vorgesehen sind, um das Aufrasten der Rastklammer 15 auf den Tulpenkopf 13 seitlich zu führen und dadurch eine korrekte Anbringung der Rastklammer 15 sicherzustellen. Zur seitlichen Führung ist an den Haltestegen 152 jeweils eine Schwalbenschwanz-Innenführung 158, 158' in Form eines nach unten ragenden Vorsprungs vorgesehen. An der Aussenseite des Tulpenkopfes 13 sind zwei dazu komplementär ausgebildete
25 Schwalbenschwanz-Aussenführungen 138, 138' in Form von jeweils einer kurzen, sich parallel zur Einrastrichtung R erstreckenden Führungsnut vorgesehen. Ausserdem ist bei der Ausführungsform der Figuren 8a und 8b im Gegensatz zu derjenigen der Figuren 6a und 6b eine zentrale Vertiefung 157 an der Oberseite des Verbindungssteges 151 der Rastklammer 15 ausgebildet.

30

Die Figuren 9a bis 9d, 10a bis 10c sowie 11a bis 11c zeigen weitere Ausführungsformen von erfindungsgemässen Knochenverbindungsrichtungen, welche hier als Konnektoren zum Verbinden und Fixieren von jeweils zwei Verbindungsstäben 21 und 22 bzw. 31 und 32 ausgebildet sind. Die Verbindungsstäbe 21 und 22 bzw. 31 und 32 sind über weitere in
35 den Figuren nicht gezeigte Bauteile, wie insbesondere Schrauben mit einem oder mehreren Knochen oder Knochenteilen verbunden. Während es sich bei der Ausführungsform der

Figuren 9a bis 9d und 10a bis 10c jeweils um ein Axialkonnektorsystem 2 handelt, betrifft die Ausführungsform der Figuren 11a bis 11c ein Parallelkonnektorsystem 3.

Das Axialkonnektorsystem 2 der Figuren 9a bis 9d weist einen Axialkonnektor 23 auf, welcher ein Gehäuse bildet, das zur Aufnahme eines ersten Verbindungsstabes 21 und eines zweiten Verbindungsstabes 22 von gegenüberliegenden Seiten her ausgebildet ist. Die Verbindungsstäbe 21 und 22 werden hierzu in jeweils eine Aufnahmeöffnung 232 bzw. 232' eingeführt, welche durch einen Grundkörper 231 des Axialkonnektors 23 gebildet werden. Die Verbindungsstäbe 21, 22 ragen dabei mit ihren freien Enden jeweils in einen Innenraum 235 bzw. 235' hinein (siehe Figuren 9c und 9d), wo sie mittels einer jeweiligen Rastklammer 24 festklemmbar sind.

Die beiden beinahe identisch ausgebildeten Rastklammern 24 weisen eine ähnliche Ausgestaltung wie die Rastklammer der Ausführungsform der Figuren 6a und 6b auf. Sie haben ein insgesamt C-förmige Gestalt mit zwei parallelen Haltestegen 242, 242' und einem diese verbindenden Verbindungssteg 241. Zwischen den Haltestegen 242, 242' ist an der Unterseite des Verbindungsstegs 241 ein Klemmelement 245 mit einer komplementär zum Verbindungsstab 21 bzw. 22 geformten Unterseite vorgesehen. Während das Klemmelement 245 der am ersten, dickeren Verbindungsstab 21 anliegenden ersten Rastklammer 24 etwas breiter ausgebildet ist, ist dasjenige der am zweiten, dünneren Verbindungsstab 22 anliegenden zweiten Rastklammer 24 entsprechend schmaler ausgestaltet. Auf diese Weise ist ein enges Anliegen der jeweiligen Rastklammer 24 an beiden Verbindungsstäben 21, 22 gewährleistet.

Der Grundkörper 231 sowie die Rastklammern 24 bilden somit jeweils ein Verbindungselement. Sie sind bevorzugt jeweils als Ganzes einstückig und aus einem faserverstärkten Kunststoffmaterial hergestellt.

Zur Festklemmung der Verbindungsstäbe 21 und 22 am Axialkonnektor 23 werden somit die Rastklammern 24 am Grundkörper 231 angebracht. An der Aussenseite des Grundkörpers 231 sind hierzu jeweils entsprechende Raststrukturen 233 und 233' mit einer Vielzahl von Rastzähnen 234 und 234' vorgesehen. Eine entsprechend komplementär ausgebildete Raststruktur 243 mit Rastzähnen 244 und 244' ist jeweils innenseitig an den beiden Rastklammern 24 ausgebildet. Beim Aufbringen der Rastklammern 24 auf den Axialkonnektor 23 greifen die Raststrukturen 233 und 243 bzw. 233' und 243 ineinander ein, wodurch die jeweilige Rastklammer 24 am Grundkörper 231 fixiert wird. Indem die

jeweilige Rastklammer 24 weiter gegen den Grundkörper 231 gepresst wird, kann die Festklemmung des Verbindungsstabes 21 bzw. 22 verstärkt werden.

Um denselben Grundkörper 231 für unterschiedlich dicke Verbindungsstäbe 21 bzw. 22 verwenden zu können, sind die Aufnahmeöffnungen 232, 232' jeweils von einer Anlagefläche 236 bzw. 236' umrandet, die sich entlang der Einrastrichtung R zur Rastklammer 24 hin aufweitet, wie insbesondere in der Figur 9d erkennbar ist.

Nach erfolgter Verbindung und Fixierung der beiden Verbindungsstäbe 21, 22 mittels des Axialkonnektors 23, sind die Verbindungsstäbe entlang ihrer Längserstreckung hintereinander angeordnet. Wie in der Figur 9c erkennbar ist, kann der Axialkonnektor 23 dabei eine gewisse Neigung der Verbindungsstäbe 21, 22 zueinander bewirken, das heisst, dass sich der erste Verbindungsstab 21 in einem gewissen Winkel geneigt entlang seiner Längserstreckung zum zweiten Verbindungsstab 22 erstreckt.

In den Figuren 10a bis 10c ist eine andere Ausführungsform eines Axialkonnektorsystems 2 gezeigt, das zwei Rastklammern 24 aufweist, welche mittels eines Verbindungsabschnitts 247 miteinander verbunden und dadurch bevorzugt gemeinsam einstückig ausgebildet sind. Der Verbindungsabschnitt 247 kann dabei die beiden Rastklammern 24, wie hier, in einem gewissen Winkel miteinander verbinden, so dass eine entsprechende Neigung der miteinander verbundenen Verbindungsstäbe 21, 22 zueinander bewirkt wird (siehe Fig. 10b). Die beiden identisch ausgebildeten Rastklammern 24 weisen jeweils einen Verbindungssteg 241 mit einem daran angebrachten Klemmelement 245 sowie zwei sich vom Verbindungssteg 241 aus parallel erstreckende Haltestege 242, 242' mit daran angebrachten Rastzähnen 244 bzw. 244' auf. Die Rastzähne 244, 244' bilden jeweils eine Raststruktur 243, die zum Eingreifen in eine am Verbindungsstab 21 bzw. 22 vorgesehene Raststruktur 212 bzw. 222 ausgebildet ist. Die jeweiligen freien Enden der Verbindungsstäbe 21, 22 werden hierzu jeweils durch einen quaderförmigen Rastblock 211 bzw. 221 gebildet, an dem die Raststruktur 212 bzw. 222 mit entsprechenden Rastzähnen 213, 213' bzw. 223, 223' ausgebildet ist. Der Rastblock 211 bzw. 221 ist vorteilhaft jeweils einstückig mit dem restlichen Verbindungsstab 21 bzw. 22 ausgebildet. Die Verbindungsstäbe 21 und 22 bilden in diesem Fall also jeweils ein Verbindungselement des Axialkonnektorsystems 1. Im Vergleich zur Ausführungsform der Figuren 9a bis 9d hat diejenige der Figuren 10a bis 10c somit weniger Bauteile, erfordert jedoch eine bestimmte Ausgestaltung der Verbindungsstäbe 21, 22 in ihren jeweiligen Endbereichen.

Der in den Figuren 11a bis 11c gezeigte Parallelkonnektor 33 des Parallelkonnektorsystems 3 dient ebenfalls dazu, zwei Verbindungsstäbe 31 und 33 miteinander zu verbinden und aneinander zu fixieren. Im Gegensatz zu den Ausführungsformen der Figuren 9a bis 10c sind die Verbindungsstäbe 31, 33 hier mit ihren freien Enden aber parallel zueinander im Grundkörper 331 des Konnektors angeordnet und fixiert. Statt zwei Rastklammern 24 wird hier die Festklemmung aber mit einer einzelnen gemeinsamen Rastklammer 34 erreicht. Die Rastklammer 34 weist aber zwei Klemmelemente 345, 345' auf, welche zum Festklemmen von jeweils einem der Verbindungsstäbe 31, 33 ausgebildet und bzgl. ihrer Form an den Durchmesser des jeweiligen Verbindungsstabes 31, 33 angepasst sind. Die Aufnahmeöffnungen 332, 332' zum Einführen der Verbindungsstäbe 31 und 33 sind auch hier jeweils von einer sich entlang der Einrastrichtung R zur Rastklammer 34 hin aufweitenden Anlagefläche 336 bzw. 336' begrenzt, wodurch die Fixierung von Verbindungsstäben 31, 33 mit jeweils unterschiedlichen Durchmessern ermöglicht wird. Zum Verrasten der Rastklammer 34 am Grundkörper 331, weist die Rastklammer 34 an ihren via den Verbindungssteg 341 miteinander verbundenen Haltestegen 342 und 342' eine Raststruktur 343 mit einander gegenüberliegend angeordneten Rastzähnen 344 und 344' auf. Als komplementäres Gegenstück zur Raststruktur 343 ist an der Aussenseite des Grundkörpers 331 eine weitere Raststruktur 333 mit nach aussen hin ragenden Rastzähnen 334 und 334' ausgebildet. Beim Aufrasten der Rastklammer 34 auf den Grundkörper 331 werden die in die Innenräume 335 bzw. 335' hineinragenden freien Enden der Verbindungsstäbe 31 und 32 somit festgeklemmt.

Eine andere, aber ebenfalls erfindungsgemäße Ausführungsform einer Knochenverbindungs Vorrichtung ist in den Figuren 12a bis 12c gezeigt. Es handelt sich hierbei um ein zervikales Plattensystem 4 mit einer Knochenplatte 41, welche einen Grundkörper 411 mit mehreren Öffnungen 412 aufweist, in welche zur Verbindung von Knochen oder Knochenteilen jeweils eine Schraube 42 eingesetzt werden kann. Die Schrauben 42 weisen jeweils einen Schraubenkopf 421 sowie einen sich von diesem aus entlang einer Längsmittelachse 428 zu einer Schraubenspitze 427 hin erstreckenden Gewindeschacht 426 auf. Die Schrauben 42 sind zur Verankerung in einem Knochen oder Knochenteil, insbesondere in einem Wirbelkörper der Halswirbelsäule ausgebildet. Zum Einschrauben der Schrauben 42 ist jeweils eine z.B. sechskant- oder torxförmige Eingriffsstruktur 425 vorgesehen, welche mit einem entsprechenden Werkzeug durch den jeweilig halbhohlkugelförmig ausgebildeten Schraubenkopf 421 hindurch zugänglich ist. Sowohl die Knochenplatte 41 als auch jede der Schrauben 42 bilden somit ein Verbindungselement der Knochenverbindungs Vorrichtung und sind bevorzugt jeweils als

Ganzes einstückig und aus einem faserverstärkten Kunststoffmaterial hergestellt.

Zur Fixierung der Schrauben 42 in den Öffnungen 412 der Knochenplatte 41 weisen die Schraubenköpfe 421 auf ihrer Aussenseite jeweils eine Raststruktur 423 mit einer Vielzahl
5 von nach aussen ragenden Rastzähnen 424 auf. Eine entsprechend komplementär ausgebildete Raststruktur 413 mit einer Vielzahl von nach innen ragenden Rastzähnen 414 ist an den die Öffnungen 412 umrandenden Flächen der Knochenplatte 41 ausgebildet. Bevorzugt bilden die Rastzähne 424 der Schrauben 42 und/oder die sich umlaufend erstreckenden Rastzähne 414 der Knochenplatte ein Gewinde.

10

Der Schraubenkopf 421 der Schrauben 42 weist jeweils eine gewisse Elastizität auf, welche mittels Schlitzen 422 erreicht wird, aufgrund derer der Schraubenkopf 421 in mehrere elastisch nach innen pressbare Segmente unterteilt wird. Beim Einschrauben einer Schraube 42 in eine Öffnung 412 derart, dass sich ihre Längsmittelachse 428 genau
15 entlang derjenigen Längsmittelachse 415 erstreckt, welche durch die in der Öffnung 412 vorgesehene Raststruktur 413 definiert ist, greifen die Rastzähne 424 von allen Segmenten des Schraubenkopfes 421 in die Raststruktur 413 ein. Dieser Fall liegt bei der in der Figur 12c ganz rechts gezeigten Schraube 42 vor. Wenn die Schraube 42 hingegen schräg in eine Öffnung 412 eingeschraubt wird, wie es in der Figur 12c ganz links gezeigt ist, weicht
20 die Längsmittelachse 428 der Schraube 42 von der durch die Raststruktur 413 vorgegebene Längsmittelachse 415 ab. Aufgrund der Winkelabweichungen können die Rastzähne 424 von gewissen Segmenten des Schraubenkopfes 421 dann nicht mehr in die Raststruktur 413 der Knochenplatte 41 einrasten, sondern werden radial leicht nach innen gedrückt, was aufgrund der durch die Schlitz 422 bewirkten Elastizität des Schraubenkopfes 421 aber
25 ermöglicht wird. Während diese nach innen gedrückten Segmente keinen Beitrag zur Fixierung der Schraube 42 an der Knochenplatte 41 leisten können, ist ein Eingreifen der Rastzähne 424 von anderen Segmenten des Schraubenkopfes 421 in die Raststruktur 413 der Knochenplatte aber auch in der schrägen Lage der Schraube 42 noch möglich. Es kann dadurch auch in der schrägen Lage der Schraube 42 relativ zur Knochenplatte 41, wie in
30 der Figur 12c ganz links gezeigt, eine Fixierung der Schraube 42 an der Knochenplatte 41 via die Raststrukturen 413 und 423 erreicht werden. Die Schrauben 42 sind dadurch in unterschiedlichen polyaxialen Positionen an der Knochenplatte 41 fixierbar.

In den Figuren 13a bis 13d ist ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen
35 Knochenverbindungsanordnung in Form eines Wirbelkörperersatzes 5 gezeigt. Der Wirbelkörperersatz 5 weist einen Expansionsschlitten 51, eine Deckplatte 52, einen

Expansionskörper 53 und eine Grundplatte 54 auf, welche jeweils aus einem faserverstärkten Kunststoffmaterial und bevorzugt als Ganzes einstückig ausgebildet sind.

- Der Expansionsschlitten 51 weist eine insgesamt würfelförmige Form auf, mit einem
- 5 Grundkörper 511, welcher das zentral angeordnete Bauteil des Wirbelkörperersatzes 5 bildet. An der Oberseite des Grundkörpers 511 ist eine Verbindungsstruktur 512 ausgebildet, welche das Anbringen und Befestigen der Deckplatte 52 am Expansionsschlitten 51 via z.B. eine Bajonettverbindung ermöglicht. Der Expansionsschlitten 51 weist eine Raststruktur 513 auf, welche durch eine Vielzahl von
- 10 Rastzähnen 514 und 514' gebildet wird, die an zwei gegenüberliegenden Seiten des Grundkörpers 511 angeordnet sind. Die Rastzähne 514 und 514' sind somit in entgegengesetzte Richtungen nach aussen hin gewandt und bilden eine innere Raststruktur.
- 15 Die Deckplatte 52 wird durch einen im Wesentlichen flachen Grundkörper 521 gebildet, an dessen Unterseite eine Verbindungsstruktur 522 ausgebildet ist, die zum Anbringen und Befestigen der Deckplatte 52 an der Verbindungsstruktur 512 des Expansionsschlittens 51 dient. Expansionsschlitten 51 und Deckplatte 52 könnten grundsätzlich auch einstückig miteinander ausgebildet sein. An der Oberseite des Grundkörpers 521 ist eine obere
- 20 Knochenanlagefläche 523 ausgebildet, die zur Anlage an einen Knochen, insbesondere an einen oberen Wirbelkörper des Patienten ausgebildet ist und eine entsprechende Oberflächenstruktur aufweist, die eine enge Verbindung und insbesondere ein Anwachsen des Knochens begünstigt. An zwei gegenüberliegenden Seitenwänden weist der Grundkörper 521 jeweils eine Einkerbung 524 auf, die zum Ansetzen eines Instruments
- 25 dient, mit welchem der Arzt den Wirbelkörperersatz 5 expandieren kann.

- Der Expansionskörper 53 weist einen im Wesentlichen würfelförmigen Grundkörper 531 auf, der innen hohl und nach oben hin offen ausgebildet ist und dadurch die Aufnahme des Expansionsschlittens 51 erlaubt. An der Unterseite des Grundkörpers 531 ist eine
- 30 Verbindungsstruktur 532 ausgebildet, die das Anbringen und Befestigen der Grundplatte 54 via z.B. eine Bajonettverbindung ermöglicht. An zwei einander gegenüberliegenden Innenseiten ist am Grundkörper 531 eine Raststruktur 533 mit einer Vielzahl von Rastzähnen 534 bzw. 534' ausgebildet. Die Raststruktur 533, welche somit eine äussere Raststruktur bildet, ist komplementär zur Raststruktur 513 des Expansionsschlittens 51
- 35 ausgebildet und ermöglicht dadurch eine gegenseitige Rastverbindung zwischen dem Expansionsschlitten 51 und dem Expansionskörper 53. Dabei kann der Expansionsschlitten

51, je nachdem an welcher Position die Raststrukturen 513 und 533 miteinander verrastet sind, unterschiedlich weit aus dem Expansionskörper 53 herausragen. Um eine gewisse Elastizität der äusseren Raststruktur 533 relativ zur inneren Raststruktur 513 zu erhalten, sind seitlich zur Raststruktur 533 jeweils Schlitze 535 vorgesehen.

5

Die Grundplatte 54 weist einen Grundkörper 541 auf, welcher an seiner Oberseite eine Verbindungsstruktur 542 zum Anbringen der Grundplatte 54 an der Verbindungsstruktur 532 des Expansionskörper 53 aufweist. Grundsätzlich könnten der Expansionskörper 53 und die Grundplatte 54 auch gemeinsam einstückig ausgebildet sein. An seiner Unterseite
10 ist am Grundkörper 541 eine untere Knochenanlagefläche 543 ausgebildet, die zur Anlage an einen Knochen, insbesondere an einen unteren Wirbelkörper des Patienten ausgebildet ist und eine entsprechende Oberflächenstruktur aufweist, die eine enge Verbindung und insbesondere ein Anwachsen des Knochens begünstigt. An zwei gegenüberliegenden Seitenwänden weist der Grundkörper 541 jeweils eine Einkerbung 544 auf, die zum
15 Ansetzen eines Instruments dient, mit welchem der Arzt den Wirbelkörperersatz 5 expandieren kann.

Der Wirbelkörperersatz 5 wird in einem nicht expandierten Zustand, wie in der Figur 13c in den freien Raum zwischen zwei Wirbelkörpern eines Patienten eingesetzt und
20 anschliessend vom Arzt expandiert, um den Raum zwischen den beiden Wirbelkörpern auszufüllen und mit den Knochenanlageflächen 523 und 543 eng an den Wirbelkörpern anzuliegen. Der expandierte Zustand ist in der Figur 13d gezeigt. Die Expansion führt der Arzt dabei mit einem in den Figuren nicht gezeigten Werkzeug bzw. Instrument durch, das in die Einkerbungen 524 und 544 eingreift. Aufgrund der zur Einrastrichtung R geneigten
25 Flächen der Rastzähne 514, 514' sowie 534, 534' in Kombination mit der durch die Schlitze 535 vorhandene Elastizität lässt sich der Expansionsschlitten 51 einfach entlang der Einrastrichtung R aus dem Expansionskörper heraus verschieben. In die jeweils entgegengesetzt gewandte Richtung weisen die Rastzähne 514, 514' und 534, 534' aber jeweils eine senkrecht zur Einrastrichtung R stehende Fläche auf und bilden dadurch
30 gemeinsam einen Hinterschnitt, welcher eine anschliessende Komprimierung des Wirbelkörperersatzes 5 wirksam verhindert.

In den Figuren 14a bis 14d ist eine andere ebenfalls erfindungsgemässe Ausführungsform eines Wirbelkörperersatzes 5 gezeigt, welche sich gegenüber derjenigen der Figuren 13a
35 bis 13d insbesondere dadurch unterscheidet, dass die Raststrukturen 513 und 533 des Expansionsschlittens 51 und des Expansionskörpers 53 hier leicht gebogen ausgebildet

sind, um ein Einrasten entlang einer entsprechend gebogenen Einrastrichtung R zu ermöglichen (siehe insbesondere die Figuren 14c und 14d). Der Wirbelkörperersatz 5 ist dadurch besser an die anatomischen Gegebenheiten eines Patienten angepasst. Des Weiteren weist der Expansionskörper 53 dieser Ausführungsform eine bügelförmige, nach

5 aussen hin abstehende Interventionsstruktur 536 auf, welche es ermöglicht, die Rastzähne 534 mittels eines geeigneten Werkzeugs von den Rastzähnen 514 wegzuziehen, um dadurch bei Bedarf den gegenseitigen Eingriff der Raststrukturen 533 und 513 aufzuheben. Der Wirbelkörperersatz 5 kann dadurch entlang der Einrastrichtung R verkürzt werden, um beispielsweise den Wirbelkörper 5 von der Wirbelsäule zu entfernen.

10

Die Figuren 15a und 15b zeigen eine Ausführungsform einer erfindungsgemässen Knochenverbindungsanordnung in Form eines polyaxialen Fixationssystems 1, welches im Wesentlichen demjenigen der Figuren 1a bis 1f entspricht, jedoch mit dem Unterschied, dass die Raststrukturen 133 und 153 hier jeweils nur zwei Paare von Rastzähnen 134, 134'

15 bzw. 154, 154' aufweisen. Ein Paar von Rastzähnen 134, 134' der am Tulpenkopf 13 ausgebildeten Raststruktur 133 wird jeweils durch die beiden Rastzähne 134 und 134' gebildet, welche auf derselben Höhe der seitlichen Stege 132 und 132' angeordnet sind. Analog dazu wird ein Paar von Rastzähnen 154, 154' der an der Rastklammer 15 ausgebildeten Raststruktur 153 jeweils durch die beiden Rastzähne 154 und 154' gebildet,

20 welche gegenüberliegend zueinander auf derselben Höhe der Haltestege 152 und 152' angeordnet sind. Die Ausführungsform mit nur zwei Paaren von Rastzähnen 134, 134' bzw. 154, 154' hat sich als besonders vorteilhaft herausgestellt, was die Festigkeit der Verbindung anbelangt, wenn die Rastklammer 15 auf den Tulpenkopf 13 aufgerastet ist. Dies kann damit erklärt werden, dass die durch die Rastzähne 134, 134' bzw. 154, 154'

25 gebildeten gegenseitigen Hinterschnitte aufgrund der geringeren Anzahl von Rastzähnen grösser ausgebildet werden. Trotzdem ist ein Aufrasten der Rastklammer 13 auf den Tulpenkopf 15 noch gut möglich. Unter dem Begriff "Aufrasten" sollte verstanden werden, dass dies auch den Prozess oder Schritt des Einrastens der Rastklammer 13 auf den Tulpenkopf 15 einschliesst, und dass in einigen Ausführungsformen der Eingriff der

30 Rastelemente oder Rastzähne durch schrittweises Einrasten eines Satzes von Rastelementen oder -zähnen über oder um einen anderen Satz von Rastelementen oder -zähnen erreicht werden kann, so dass mindestens ein Rastelement oder -zahn der Rastklammer 13 und des Tulpenkopfes 15 in Eingriff gebracht werden, und vorzugsweise, eine Vielzahl von Rastelementen oder -zähnen der Rastklammer 13 und des Tulpenkopfes

35 15 in Eingriff gebracht werden.

Grundsätzlich ist es bei allen in den Figuren 1a bis 17b gezeigten Ausführungsformen möglich, die Anzahl der Rastzähne pro Raststruktur zu verringern oder zu vergrössern. Eine Anzahl von lediglich einem oder zwei Rastzähnen bzw. von einem oder zwei Rastzähnenpaaren hat sich dabei als besonders vorteilhaft herausgestellt in Bezug auf die

5 Festigkeit der Verbindung. Eine Anzahl von zumindest drei, zumindest fünf oder sogar zumindest zehn Rastzähnen bzw. Rastzähnenpaaren bringt hingegen den Vorteil mit sich, dass das erste Verbindungselement und das zweite Verbindungselement in mehreren unterschiedlichen Positionen miteinander verrastet werden können.

10 In den Figuren 16a und 16b ist eine Ausführungsform eines polyaxialen Fixationssystems 1, d.h. eines Pedikelsystems, gezeigt, bei dem ein Verbindungsstab 11 mittels einer Rastklammer 15 an einer Pedikelschraube 12 angebracht ist. Der Verbindungsstab 11 wird dabei aber nicht, wie im Ausführungsbeispiel der Figuren 1a bis 1f, zwischen der Rastklammer 15 und dem Tulpenkopf 13 festgeklemmt, sondern er wird durch eine

15 Verbindungsklammer 16 gehalten, die via einen Steg 161 bevorzugt einstückig mit der restlichen Rastklammer 15 verbunden ist. Die Verbindungsklammer 16 bildet dabei selbst eine Rastklammer. Zur Festklemmung des Washers 14 und des Schraubenkopfes 121, weist die Rastklammer 15 hier ein vergrössert ausgebildetes Klemmelement 155 auf. Die Verbindungsklammer 16 weist eine innenseitige Raststruktur 163 auf, die an zwei sich

20 parallel zueinander erstreckenden Haltestegen 162, 162' der Verbindungsklammer 16 angeordnet ist und einander gegenüberliegend angeordnete Rastzähne 164, 164' aufweist. Die Rastzähne 164, 164' sind zum Eingreifen in Rastzähne 113 ausgebildet, die von einer Raststruktur 112 des Verbindungsstabes 11 gebildet werden. Die Raststruktur 112 wird ihrerseits durch einen Rastblock 111 gebildet, der an einem freien Ende des

25 Verbindungsstabes 11 angeordnet und einstückig an diesem angeformt ist. Die Verbindung zwischen dem Verbindungsstab 11 und der Pedikelschraube 12 erfolgt somit insbesondere via den Steg 161, welcher aufgrund seiner Form eine gewisse Flexibilität aufweist und dadurch gewisse Bewegungen zwischen dem Verbindungsstab 11 und der Schraube 12 zulässt. Auf diese Weise kann ein allmählicher Übergang zwischen dem durch das

30 Pedikelsystem versteiften Abschnitt der Wirbelsäule und den daran angrenzenden, noch beweglichen Abschnitten bewirkt werden.

In den Figuren 17a und 17b ist eine erfindungsgemässe, als Axialkonnektorsystem ausgebildete Knochenverbindungsanordnung gemäss einer nochmals anderen

35 Ausführungsform gezeigt. Die Raststrukturen 212 und 163 sind hier jeweils einstückig mit dem ersten Verbindungsstab 21 bzw. dem zweiten Verbindungsstab 22 verbunden bzw.

5 daran angeformt. Der erste Verbindungsstab 21 bildet an einem seiner freien Enden einen Rastblock 211, der ähnlich wie der in der Figur 10c gezeigte erste Verbindungsstab 21 aussenseitig eine Raststruktur 212 mit Rastzähnen 213, 213' bildet. Die Raststruktur 212 erstreckt sich hier jedoch weiter entlang der Längsrichtung des Verbindungsstabes 21. Am freien Ende des zweiten Verbindungsstabes 22 ist eine Verbindungsklammer 16 angeformt, welche eine Rastklammer bildet und ausschliesslich via einen Steg 161 mit dem restlichen Verbindungsstab 22 verbunden ist. Die Verbindungsklammer 16 weist innenseitig eine Raststruktur 163 mit Rastzähnen 164 und 164' auf, welche zum Einrasten in die Rastzähne 213, 213' der am ersten Verbindungsstab 21 ausgebildeten Raststruktur 211 ausgebildet sind. Da sich die Raststruktur 211 weiter entlang der Längsrichtung der Verbindungsstäbe 21 und 22 erstreckt als die Raststruktur 163, können die Verbindungsstäbe 21 und 22 im miteinander verrasteten Zustand über einen begrenzten Bereich in Längsrichtung gegeneinander verschoben werden. Eine solche durch entsprechende Anschläge begrenzte gegenseitige Verschiebbarkeit der miteinander verbundenen Verbindungsstäbe 21, 22 kann je nach Anwendung Vorteile mit sich bringen und sich positiv auf die Therapie auswirken. Die Verbindungsstäbe 21 und 22 dieser, aber auch anderer Ausführungsformen können gerade ausgebildet sein oder mit beliebigen Kurvaturen gebogen sein.

Die Figuren 18a und 18b sowie die Figuren 19a und 19b zeigen weitere erfindungsgemässe Ausführungsformen von erfindungsgemässen Knochenverbindungsanordnungen in Form eines Pedikelsystems. Die Pedikelschrauben 12 sind hier im Gegensatz zu denjenigen der Figuren 1a bis 8b und 15a bis 16b jeweils fenestriert ausgebildet. Dadurch kann durch die Schraube 12 hindurch zum Beispiel Knochenzement zugeführt werden, um den Knochen im entsprechenden Bereich zu stärken und/oder um die Verankerung der Schraube 12 im Wirbel zu verbessern. Die Schraube 12 weist deshalb im Bereich der Schraubenspitze 124 mehrere Öffnungen auf, die mit einem sich der Schraubenlängsachse entlang erstreckenden Innenkanal in Kommunikation stehen und von diesem aus nach aussen münden. Die Rastelemente der am Tulpenkopf 13 ausgebildeten Raststruktur 133 sind bei den Ausführungsformen der Figuren 18a, 18b sowie 19a, 19b jeweils nicht, wie bei den vorhergehend beschriebenen Ausführungsformen, als Rastzähne ausgebildet, sondern als Durchbrüche 139, 139'. Die Durchbrüche 139, 139' dienen den Rastzähnen 154, 154' der Rastklammer 15 zum Einrasten, wie in den Figuren 18a und 19a gezeigt ist. Beispielsweise können die Durchbrüche 139, 139' die Form von Schlitzsen haben, während die Rastzähne 154, 154' der Rastklammer dazu ausgebildet sein können, dass sie in die Schlitzsen eingreifen.

Bei der Ausführungsform der Figuren 18a und 18b weist die Rastklammer 15 eine Raststruktur 153 mit lediglich zwei Rastzähnen 154, 154' auf, welche als Paar auf jeweils derselben Höhe angeordnet und voneinander weg nach aussen gerichtet sind. In einer Ausführungsform können die Rastzähne 154, 154' jeweils an einem Paar flexibler Haken oder Finger der Klammer 15 vorgesehen sein. Analog dazu weist auch die Raststruktur 133 des Tulpenkopfes 13 eine Raststruktur 133 auf, die lediglich zwei als Durchbrüche 139, 139' ausgebildete Rastelemente hat. Die Durchbrüche 139, 139' können in einer Ausführungsform als Schlitze zur Aufnahme der Rastzähne 154, 154' ausgebildet sein. Wie dargestellt, kann die Klammer 15 auf den Tulpenkopf 13 gepresst werden, so dass die flexiblen Haken, welche die Rastzähne 154, 154' umfassen, leicht verformt werden, damit die Rastzähne 154, 154' entlang der geformten inneren Führungen des Tulpenkopfes 13 gleiten können, bis sie in die Durchbrüche 139, 139' eingreifen.

Bei der Ausführungsform der Figuren 19a und 19b weist die Rastklammer 15 eine Raststruktur 153 mit insgesamt vier Rastzähnen 154, 154' auf, welche in Form von zwei Paaren vorgesehen sind. In einer Ausführungsform kann ein Paar von Rastzähnen 154, 154' an jedem Paar flexibler Haken oder Finger der Klammer 15 vorgesehen sein. Die Rastzähne 154 und 154' von jedem Paar sind dabei jeweils auf derselben Höhe angeordnet und voneinander weg nach aussen gewandt. Dementsprechend weist auch die Raststruktur 133 des Tulpenkopfes 13 eine Raststruktur 133 auf, die insgesamt vier als Durchbrüche 139, 139' ausgebildete Rastelemente aufweist. Analog zu den Rastzähnen 154, 154' sind auch die Durchbrüche 139, 139' in Form von zwei Paaren vorgesehen. Ähnlich wie die Durchbrüche 139, 139' in den Figuren 18a und 18b können die Durchbrüche 139, 139' als Schlitze zur Aufnahme der Rastzahnpaare 154, 154' ausgebildet sein. Ähnlich wie in den Figuren 18a und 18b kann die Klammer 15 auf den Tulpenkopf 13 gepresst werden, so dass die flexiblen Haken, welche die Paare von Rastzähnen 154, 154' umfassen, leicht verformt werden, damit die Paare von Rastzähnen 154, 154' entlang der geformten inneren Führungen des Tulpenkopfes 13 gleiten können, bis sie in die Paare von Durchbrüchen 139, 139' eingreifen.

30

Die Erfindung ist nicht auf die oben beschriebenen Ausführungsformen eingeschränkt, sondern eine Vielzahl von Modifikationen ist möglich. So könnte beim polyaxialen Fixationssystem 1 die Schraube 12 zum Beispiel auch einstückig mit dem Tulpenkopf 13 ausgebildet sein. Die Rastklammern 24 des Axialkonnektors 23 könnten auch gemeinsam einstückig und die Rastklammer 34 des Parallelkonnektors 33 genauso gut zweiteilig, das heisst mit jeweils einer für jeden Verbindungsstab 31, 32, ausgebildet sein. Die

35

Knochenplatte 41 könnte eine beliebige andere Anzahl von Öffnungen 412 zum Einsetzen von jeweils einer Schraube 42 haben und/oder beliebig anders geformt sein. Unterschiedliche und/oder zusätzliche Elemente von verschiedenen Ausführungsformen lassen sich zudem auch problemlos übertragen bzw. austauschen. So können die

5 Rastklammern 24 und 34 zum Beispiel ebenso wie die in den Figuren 3, 5, 7 8a und 8b gezeigten Rastklammern 15 eine oder mehrere lokale Vertiefungen 157 zum Einstellen der Flexibilität aufweisen und/oder eine mit einer am Grundkörper 231 bzw. 331 vorgesehenen Aussenführung zusammenwirkende Innenführung haben. Es wäre grundsätzlich selbstverständlich auch denkbar, dass die Aussenführung an der Rastklammer 15, 24, 34

10 und die Innenführung am Tulpenkopf 13 bzw. am Grundkörper 231 bzw. 331 vorgesehen sind. Die gegenseitige Verschiebbarkeit des ersten Verbindungselements und des zweiten Verbindungselements entlang der Längsrichtung der Rastzähne entsprechend der in den Figuren 17a und 17b gezeigten Ausführungsform ist grundsätzlich bei allen Ausführungsformen denkbar. So könnte insbesondere auch die Raststruktur 112 der

15 Ausführungsform der Figuren 16a und 16b länger ausgebildet sein, um eine entsprechende, bevorzugt begrenzte Längsverschiebung zu ermöglichen. Eine grosse Anzahl weiterer Modifikationen ist denkbar.

BEZUGSZEICHENLISTE

1	Polyaxiales Fixationssystem		Innenführung
		159	Interventionsstruktur
11	Verbindungsstab		
111	Rastblock	16	Verbindungsklammer
112	Raststruktur	161	Steg
113	Rastzähne	162, 162'	Haltesteg
		163	Raststruktur
12	Schraube	164, 164'	Rastzähne
121	Schraubenkopf		
122	Eingriffsstruktur	2	Axialkonnektorsystem
123	Gewindeschäft		
124	Schraubenspitze	21	Erster Verbindungsstab
		211	Rastblock
13	Tulpenkopf	212	Raststruktur
131	Grundkörper	213, 213'	Rastzähne
132, 132'	Seitlicher Steg	22	Zweiter Verbindungsstab
133	Raststruktur	221	Rastblock
134, 134'	Rastzähne	222	Raststruktur
135, 135'	Aufnahmeöffnung	223, 223'	Rastzähne
136	Innenraum		
137	Anlagefläche	23	Axialkonnektor
138, 138'	Schwalbenschwanz- Aussenführung	231	Grundkörper
		232, 232'	Aufnahmeöffnung
139, 139'	Durchbrüche	233, 233'	Raststruktur
		234, 234'	Rastzähne
14	Washer	235, 235'	Innenraum
		236, 236'	Anlagefläche
15	Rastklammer		
151	Verbindungssteg	24	Rastklammer
152, 152'	Haltesteg	241	Verbindungssteg
153	Raststruktur	242, 242'	Haltesteg
154, 154'	Rastzähne	243	Raststruktur
155	Klemmelement	244, 244'	Rastzähne
156, 156'	Schlitz	245	Klemmelement
157	Vertiefung	246	Vertiefung
158, 158'	Schwalbenschwanz-	247	Verbindungsabschnitt

3	Parallelkonnektorsystem	425	Eingriffsstruktur
		426	Gewindenschaft
31	Erster Verbindungsstab	427	Schraubenspitze
32	Zweiter Verbindungsstab	428	Längsmittelachse
33	Parallelkonnektor	5	Wirbelkörperersatz
331	Grundkörper	51	Expansionsschlitten
332, 332'	Aufnahmeöffnung	511	Grundkörper
333	Raststruktur	512	Verbindungsstruktur
334, 334'	Rastzähne	513	Raststruktur
335, 335'	Innenraum	514, 514'	Rastzähne
336, 336'	Anlagefläche		
34	Rastklammer	52	Deckplatte
341	Verbindungssteg	521	Grundkörper
342, 342'	Haltesteg	522	Verbindungsstruktur
343	Raststruktur	523	Obere Knochenanlagefläche
344, 344'	Rastzähne	524	Einkerbung
345, 345'	Klemmelement	53	Expansionskörper
4	Zervikales Plattensystem	531	Grundkörper
41	Knochenplatte	532	Verbindungsstruktur
411	Grundkörper	533	Raststruktur
412	Öffnung	534, 534'	Rastzähne
413	Raststruktur	535	Schlitz
414	Rastzähne	536	Interventionsstruktur
415	Längsmittelachse	54	Grundplatte
42	Schraube	541	Grundkörper
421	Schraubenkopf	542	Verbindungsstruktur
422	Schlitz	543	Untere Knochenanlagefläche
423	Raststruktur	544	Einkerbung
424	Rastzähne	R	Einrastrichtung

PATENTANSPRÜCHE

1. Medizinische Knochenverbindungsanordnung (1; 2; 3; 4; 5) zum Verbinden zweier Knochen oder Knochenteile eines menschlichen oder tierischen Patienten, aufweisend
ein erstes aus einem faserverstärkten Kunststoffmaterial hergestelltes Verbindungselement (13; 21, 22; 23; 33; 42; 51), welches eine erste Raststruktur (133; 212, 222; 233, 233'; 333; 423; 513) mit einer Vielzahl von ersten Rastelementen (134, 134'; 139, 139'; 213, 213'; 223, 223'; 234, 234', 334, 334'; 424; 514, 514') aufweist; sowie
ein zweites aus einem faserverstärkten Kunststoffmaterial hergestelltes Verbindungselement (15; 24; 34; 41; 53), welches eine zweite Raststruktur (153; 243; 343; 413; 533) mit einer Vielzahl von zweiten Rastelementen (154, 154'; 244, 244'; 344, 344'; 414; 534, 534') aufweist;
wobei die ersten Rastelemente (134, 134'; 139, 139'; 213, 213', 223, 223'; 234, 234', 334, 334'; 424; 514, 514') der ersten Raststruktur (133; 212, 222; 233, 233'; 333; 423; 513) mit den zweiten Rastelementen (154, 154'; 244, 244'; 344, 344'; 414; 534, 534') der zweiten Raststruktur (153; 243; 343; 413; 533) verrastbar sind, um das erste Verbindungselement (13; 21, 22; 23; 33; 42; 51) und das zweite Verbindungselement (15; 24; 34; 41; 53) aneinander zu fixieren und die beiden Knochen oder Knochenteile dadurch miteinander zu verbinden.
2. Knochenverbindungsanordnung (1; 2; 3; 4; 5) nach Anspruch 1, wobei die ersten Rastelemente (134, 134'; 139, 139'; 213, 213', 223, 223'; 234, 234', 334, 334'; 424; 514, 514') und die zweiten Rastelemente (154, 154'; 244, 244'; 344, 344'; 414; 534, 534') jeweils derart hinterschnittig ausgebildet sind, dass ein Lösen der Fixierung zwischen dem ersten Verbindungselement (13; 21, 22; 23; 33; 42; 51) und dem zweiten Verbindungselement (15; 24; 34; 41; 53) verhindert wird, wenn die erste Raststruktur (133; 213, 213', 223, 223'; 233, 233'; 333; 423; 513) und die zweite Raststruktur (154, 154'; 244, 244'; 344, 344'; 414; 534, 534') miteinander verrastet sind.
3. Knochenverbindungsanordnung (1; 2; 3; 4; 5) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die ersten Rastelemente (134, 134'; 139, 139'; 213, 213', 223, 223';

234, 234', 334, 334'; 424; 514, 514') und/oder die zweiten Rastelemente (154, 154'; 244, 244'; 344, 344'; 414; 534, 534') jeweils eine zu einer Einrastrichtung (R) geneigte Schrägfläche aufweisen, um ein Verrasten der ersten Raststruktur (133; 212, 222; 233, 233'; 333; 423; 513) mit der zweiten Raststruktur (154, 154'; 244, 244'; 344, 344'; 414; 534, 534') zu erleichtern.

4. Knochenverbindungsanordnung (1; 2; 3; 4; 5) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei es sich bei der ersten Raststruktur (133; 212, 222, 233, 233'; 333; 423; 513) um eine innere Raststruktur handelt, deren erste Rastelemente (134, 134'; 139, 139'; 213, 213'; 223, 223'; 234, 234', 334, 334'; 424; 514, 514') in zumindest zwei entgegengesetzte Richtungen nach aussen gewandt sind, und wobei es sich bei der zweiten Raststruktur (154, 154'; 244, 244'; 344, 344'; 414; 534, 534') um eine äussere Raststruktur handelt, deren zweite Rastelemente (154, 154'; 244, 244'; 344, 344'; 414; 534, 534') in zumindest zwei entgegengesetzte Richtungen nach innen gewandt sind.
5. Knochenverbindungsanordnung (1; 2; 3; 4; 5) nach Anspruch 4, wobei die Knochenverbindungsanordnung (1; 2; 3; 4; 5) ein drittes Verbindungselement (11; 21, 22; 31, 32) aufweist, und wobei es sich beim zweiten Verbindungselement um eine Rastklammer (15; 24; 34) handelt, welche zum Festklemmen des dritten Verbindungselements (11; 21, 22; 31, 32) zwischen dem ersten Verbindungselement (13; 23; 33) und dem zweiten Verbindungselement (15; 24; 34) dient.
6. Knochenverbindungsanordnung (1; 2; 3; 4; 5) nach Anspruch 5, wobei die Rastklammer (15; 24; 34) ein Klemmelement (155; 245; 345, 345') aufweist, welches innerhalb der zweiten Rastelemente (154, 154'; 244, 244'; 344, 344') angeordnet ist.
7. Knochenverbindungsanordnung (1; 2; 3; 4; 5) nach Anspruch 5 oder 6, wobei die Rastklammer (15; 24; 34) zur Einstellung ihrer Flexibilität in einem Bereich zwischen den nach innen gewandten zweiten Rastelemente (154, 154'; 244, 244'; 344, 344') eine lokale Vertiefung (157) aufweist.

8. Knochenverbindungsanordnung (1; 2; 3; 4; 5) nach einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei es sich beim dritten Verbindungselement um einen Verbindungsstab (11) und beim ersten Verbindungselement um einen Tulpenkopf (13) handelt, welcher zur Fixierung des Verbindungsstabs (11) an einem Gewindenschaft (123) einer Schraube (12), insbesondere einer Pedikelschraube, dient.
9. Knochenverbindungsanordnung (1; 2; 3; 4; 5) nach einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei es sich beim dritten Verbindungselement um einen Verbindungsstab (21, 22; 31, 32) und beim ersten Verbindungselement um einen Konnektor, insbesondere einen Axialkonnektor (23) oder einen Parallelkonnektor (33), zum Verbinden von zwei Verbindungsstäben (21, 22; 31, 32) handelt.
10. Knochenverbindungsanordnung (1; 2; 3; 4; 5) nach Anspruch 9, wobei der Konnektor (23; 33) zumindest eine Öffnung (232, 232'; 332, 332') zur Aufnahme des Verbindungsstabes (21, 22; 31, 32) aufweist, welche sich entlang einer Einrastrichtung (R) zum zweiten Verbindungselement hin aufweitet.
11. Knochenverbindungsanordnung (1; 2; 3; 4; 5) nach Anspruch 4, wobei es sich beim ersten Verbindungselement um eine Schraube (42) und beim zweiten Verbindungselement um eine Knochenplatte (41) handelt, und wobei die Schraube (42) einen zumindest teilweise elastisch verformbaren Schraubenkopf (421) aufweist, an welchem die erste Raststruktur (423) ausgebildet ist, und die ersten Rastelemente (424) und/oder die zweiten Rastelemente (414) bevorzugt ein Gewinde bilden.
12. Knochenverbindungsanordnung (1; 2; 3; 4; 5) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, welche als ein Wirbelkörperersatz (5) ausgebildet ist, wobei es sich beim ersten Verbindungselement um einen Expansionsschlitten (51) und beim zweiten Verbindungselement um einen Expansionskörper (53) handelt.
13. Knochenverbindungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das erste Verbindungselement (13) und das zweite Verbindungselement (15) ineinander eingreifende Führungen (138, 138',

158, 158') aufweisen, welche bevorzugt gemeinsam eine Schwalbenschwanzverbindung bilden, um beim Fixieren die erste Raststruktur (133) relativ zur zweiten Raststruktur (153) zu führen.

14. Knochenverbindungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das zweite Verbindungselement eine Rastklammer aufweist, welche die zweite Raststruktur bildet, und wobei die Rastklammer über ein flexibles Element mit dem restlichen zweiten Verbindungselement verbunden ist.
15. Knochenverbindungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das zweite Verbindungselement eine Rastklammer aufweist, und wobei sich das erste Verbindungselement und das zweite Verbindungselement im miteinander verrasteten Zustand entlang der Längsrichtung der ersten und zweiten Rastelemente relativ zueinander über bevorzugt einen limitierten Bereich verschiebbar sind.
16. Verfahren zum Verbinden zweier Knochen oder Knochenteile eines menschlichen oder tierischen Patienten, insbesondere mittels einer Knochenverbindungsanordnung (1; 2; 3; 4; 5) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein erstes aus einem faserverstärkten Kunststoffmaterial hergestelltes Verbindungselement (13; 21, 22; 23; 33; 42; 51) und ein zweites aus einem faserverstärkten Kunststoffmaterial hergestelltes Verbindungselement (15; 24; 34; 41; 53) aneinander fixiert werden, indem eine Vielzahl von ersten Rastelementen (134, 134'; 139, 139'; 213, 213'; 223, 223'; 234, 234'; 334, 334'; 424; 514, 514') einer ersten Raststruktur (133; 212, 222; 233, 233'; 333; 423; 513) des ersten Verbindungselements (13; 21, 22; 23; 33; 42; 51) mit einer Vielzahl von zweiten Rastelementen (154, 154'; 244, 244'; 344, 344'; 414; 534, 534') einer zweiten Raststruktur (153; 243; 343; 413; 533) des zweiten Verbindungselements (15; 24; 34; 41; 53) verrastet wird.