

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 653/2009
(22) Anmeldetag: 29.04.2009
(45) Veröffentlicht am: 15.07.2011

(51) Int. Cl. : **A61B 17/80** (2006.01)
A61B 17/86 (2006.01)

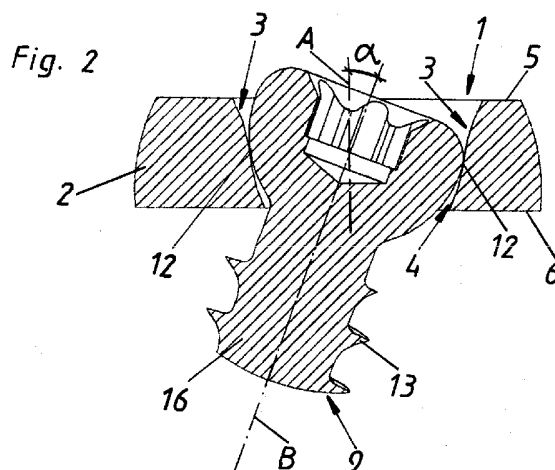
(56) Entgegenhaltungen:
US 4513744A US 4683878A
DE 20321151U1 US 6342055B1

(73) Patentinhaber:
MAIER CHRISTIAN DIPL.ING.
A-8280 FÜRSTENFELD (AT)

(72) Erfinder:
MAIER CHRISTIAN DIPL.ING.
FÜRSTENFELD (AT)

(54) FIXIERUNGSSYSTEM FÜR KNOCHEN MIT KONVEXEM BOHRLOCH

(57) Fixierungssystem für Knochen (10), insbesondere Osteosynthesevorrichtung, umfassend eine Platte (2) mit einer dem Knochen (10) zuzuwendenden Oberfläche (6) und einer vom Knochen (10) abzuwendenden Oberfläche (5) und mit wenigstens einem Durchgangsloch (1), welches einen im Bereich der vom Knochen (10) abzuwendenden Oberfläche (5) angeordneten, gewindefreien Bereich aufweist und einer in das Durchgangsloch (1) einsetzbaren Knochenschraube (9), wobei der Schraubenkopf (7) der Knochenschraube (9) in eingesetztem Zustand an der Innenwand des Durchgangslochs (1) anliegt, wobei der gewindefreie Bereich bezüglich der Längsrichtung (A) des Durchgangslochs (1) konvex gekrümmt ist, und wobei das Durchgangsloch (9) einen bezüglich der Längsrichtung (A) konkav gekrümmten Bereich (4) aufweist, der zwischen dem konvex gekrümmten Bereich (3) des Durchgangslochs (1) und der dem Knochen (10) zuzuwendenden Oberfläche (6) der Platte (2) angeordnet ist, wobei der konvex gekrümmte Bereich (3) in einem mittleren Bereich zwischen der dem Knochen (10) zuzuwendenden Oberfläche (6) und der vom Knochen (10) abzuwendenden Oberfläche (5) des Durchgangslochs (1) in den konkav gekrümmten Bereich (4) übergeht.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Fixierungssystem für Knochen, insbesondere Osteosynthesevorrichtung, umfassend eine Platte mit einer dem Knochen zuzuwendenden Oberfläche und einer vom Knochen abzuwendenden Oberfläche und mit wenigstens einem Durchgangsloch, welches einen im Bereich der vom Knochen abzuwendenden Oberfläche angeordneten, gewindefreien Bereich aufweist und einer in das Durchgangsloch einsetzbaren Knochenschraube, wobei der Schraubenkopf der Knochenschraube in eingesetztem Zustand an der Innenwand des Durchgangslochs anliegt.

[0002] Fixierungssysteme für Knochen zur Heilung eines Knochenbruchs werden seit längerer Zeit in der Osteosynthese verwendet, wobei ein Verbindungselement, beispielsweise eine Platte, ein Marknagel oder ein „Fixateur externe“, den Knochenbruch überbrückt, indem die Bruchstücke mittels Knochenschrauben mit dem Verbindungselement verbunden werden.

[0003] Dabei hat es sich als ungünstig herausgestellt, wenn ein als Platte ausgebildetes Verbindungselement direkt auf den Knochen gepresst wird. Zum einen kann dies eine Beschädigung der Knochenhaut bewirken und birgt infolge des starken Druckes auf die Knochenoberfläche die Gefahr einer Knochenresorption und einer Osteolyse in sich. Zum anderen ist eine winkelstabile Fixierung zwischen der Knochenschraube und der Platte nur schwierig möglich, wodurch die Stabilität der Fixierung über einen längeren Zeitraum nicht gewährleistet werden kann.

[0004] In der Schweizer Patentschrift CH 675 531 A5 ist eine osteosynthetische Vorrichtung gezeigt, mit der Knochenschrauben in starrer und funktionsstabiler Weise mit einer Osteosyntheseplatte verbindbar sind, wobei die Schraubenlöcher eine konische Innenfläche aufweisen, wodurch sie als Anpressfläche für den Schraubenkopf der Knochenschraube dienen und gleichzeitig eine gewisse axiale Ausrichtung der Knochenschraube zulassen. Dabei liegt die Berührungslinie zwischen dem sphärischen Schraubenkopf und konischem Schraubenloch etwa mittig zwischen der unteren und der oberen Oberfläche der Osteosyntheseplatte, wodurch es beim Anziehen der Schrauben zum Durchstoßen des Schraubenkopfes durch die Platten, einem sogenannten Durchschrauben, kommen kann, und dadurch eine stabile Fixierung des Schraubenkopfes an der Platte nicht gewährleistet ist.

[0005] Eine weitere derartige Osteosynthesevorrichtung ist in der EP 0 780 094 A1 gezeigt, wobei gegenüber der Vorrichtung der CH 675 531 A5 der Schraubenkopf näher an der vom Knochen abzuwendenden Oberfläche der Osteosyntheseplatte an der Innenwandung des konischen Schraubenloches anliegt. Um ein Durchschrauben der Schraube, d.h. ein Durchstoßen des Schraubenkopfes durch die Osteosyntheseplatten zu verhindern, sind sehr hohe Anforderungen an die Fertigungstoleranzen des Schraubenkopfes und des korrespondierenden konischen Schraubenloches gestellt. Schon bei geringen Abweichungen der Fertigungsmaße kann es zu einem derartigen Durchstoßen des Schraubenkopfes kommen oder aber zumindest zu einer nicht ordnungsgemäß funktionierenden Verblockung, wobei die Verblockung durch Anpressen des Schraubenkopfes auf die Innenwandung des Schraubenloches infolge des Anziehens der Schraube zustande kommen soll.

[0006] Eine weitere Osteosynthesevorrichtung ist in der WO 2004/086990 A1 dargestellt, wobei Klemmflächen am Schraubenkopf mit in Längsrichtung ausgebildeten sphärischen, elliptischen oder hyperpolischen Bereichen des Schraubenloches korrespondieren sollen, um eine Verblockung zu gewährleisten. Neben dem Nachteil der komplizierten Herstellung der korrespondierenden Flächen, die hohen Anforderungen an die Fertigungstoleranz genügen müssen, kann es bei der in dieser Schrift gezeigten Osteosynthesevorrichtung zu Situationen kommen, in denen eine am Schraubenkopf angeordnete Klemmfläche mit einem vorstehenden Bereich einer im Schraubenloch angeordneten Aufnahme kollidiert und es dadurch zu einer Verklemmung, also einer Verblockung zwischen Schraube und Schraubenloch in einer nicht gewünschten Position kommt. Aus diesem Grund kann es vorkommen, dass die Schraube mehrmals gelöst und nachträglich wieder hinein geschraubt wird, was den ohnehin schon beträchtlichen Aufwand des

chirurgischen Eingriffs weiter vergrößert und zudem zu Abnützungen der Osteosynthesevorrichtung führen kann, wodurch eine ordnungsgemäße Funktionsweise nicht mehr gewährleistet werden kann.

[0007] In der WO 00/66012 ist eine Knochenplatte gezeigt, bei der im Plattenloch ein Innengewinde, bestehend aus mehreren horizontal und radial verlaufenden Konturtälern und dazu benachbarten Konturspitzen angeordnet ist, welches mit einem unterhalb des Schraubenkopfes angeordneten zusätzlichen Verblockungsgewinde bei der Verschraubung der Knochenschraube zusammenwirkt. Da das Verblockungsgewinde nicht komplementär zum Innengewinde ist, kommt es bei der Verschraubung zu einer Deformation an beiden Gewinden und damit zu einer widerstandsfähigen Verbindung. Dieses System hat aber den Nachteil, dass eine axiale Neigung der Knochenschraube im Bezug auf die Plattennormale nur sehr eingeschränkt möglich ist und zusätzlich eine manchmal nötige nachträgliche Neupositionierung eines Knochensegmentes wegen der Umformung an den Gewinden nur sehr schwierig möglich ist.

[0008] Die DE 198 588 89 B4 offenbart ein Fixierungssystem für Knochen, wobei ein unterhalb des Schraubenkopfes angeordnetes Gewinde in speziell vorgeformte Schraubenlochgeometrien beim Verschrauben ein Gewinde in die Oberfläche des Schraubenloches schneidet. Dieses System hat wiederum den Nachteil, dass das für eine Richtung vorgefertigte Gewinde im Falle einer nachträglichen Neupositionierung der Knochenschraube hinderlich ist.

[0009] Die US 4,513,744 zeigt eine Knochenplatte mit Durchgangslöchern, deren innere Oberflächen jeweils variable Krümmungen aufweisen, damit das Anzugelement einer Knochenschraube zumindest konstant gehalten werden kann, während die Knochenschraube eingedreht wird. Aufgrund der nicht-rotationssymmetrischen Innenwandung bewegt sich der Schraubenkopf mit verschiedenen Vertikalgeschwindigkeiten während des Eindrehens. Die sich aufgrund der Anforderungen des konstanten Anzugsmoments ergebenden Innenformen des Durchgangslochs ermöglichen keine winkelstabile Fixierung, bei der die Knochenschraube in einem großen Winkel eine stabile Verbindung ermöglicht.

[0010] Die US 4,683,878 zeigt eine Knochenplatte mit Durchgangslöchern, die im Bereich der vom Knochen abzuwendenden Oberfläche einen konvex gekrümmten Bereich aufweisen. Das in weiterer Folge zylindrisch verlaufende Durchgangsloch bildet keine optimale Winkelvariabilität beim Einschrauben bei gleichzeitiger Sicherheit gegen ein Durchstoßen der Schraube.

[0011] Die DE 203 21 151 zeigt ebenfalls eine Knochenplatte, die sowohl an der vom Knochen abzuwendenden Oberfläche als auch an der dem Knochen zuzuwendenden Oberfläche ein Durchgangsloch mit konvex gekrümmtem Bereich aufweist. Ein anderes Ausführungsbeispiel zeigt ein entlang des gesamten Bereiches konkav gekrümmtes Durchgangsloch. Diese zwei Ausführungsformen erlauben entweder eine Variabilität des Winkels, mit der die Knochenschraube eingeschraubt wird oder eine hohe Sicherheit gegen ein Durchstoßen des Schraubenkopfs. Eine gleichzeitige Erfüllung beider Erfordernisse ist jedoch nicht möglich.

[0012] Die US 6,342,055 zeigt eine Knochenplatte, die ein Durchgangsloch aufweist, welches im Bereich der dem Knochen zuzuwendenden Oberfläche und im Bereich der vom Knochen abzuwendenden Oberfläche gleichzeitig konvex gekrümmte Bereiche aufweist. In einem mittleren Bereich des Durchgangslochs erstreckt sich ein konkav gekrümmter Bereich bis zu den auf der Ober- und Unterseite angeordneten konvex gekrümmten Bereichen. Der konkav gekrümmte Bereich dient als Einbuchtung dazu, den gesamten Schraubenkopf aufzunehmen, sodass dieser in der Einbuchtung einschnappen kann. Aus diesem Grund können die konvex gekrümmten Bereiche nur in den äußeren Randbereichen des Durchgangslochs angeordnet sein. Dadurch ist zwar eine Sicherheit gegen ein Durchstoßen des Schraubenkopfs gewährleistet. Eine winkelstabile Fixierung mit hoher Variabilität des Winkels, in dem die Knochenschraube in den Knochen einsetzbar ist, wird durch die Erfindung dieser Schrift nicht erreicht.

[0013] Des Weiteren gibt es im Stand der Technik spreizbare Schraubenköpfe oder an der Innenwandung des Schraubenloches angeordnete Innengewinde, um eine langfristig funktionsstabile Fixierung der Osteosyntheseplatte zu ermöglichen. Diese Vorrichtungen haben aber den

Nachteil, dass die Schrauben im Wesentlichen nur rechtwinkelig zur Platte eingeschraubt werden können und dadurch nur sehr eingeschränkt zur Behandlung von Knochenbrüchen dienen können, insbesondere wenn kleinere Knochenfragmente mit konvexen oder konkaven Knochenoberflächen beteiligt sind.

[0014] Die Erfindung hat die Aufgabe, ein Fixierungssystem für Knochen zur Verfügung zu stellen, welches eine langzeitsstabile Fixierung des Schraubenkopfes in einem Durchgangsloch der Platte ermöglicht, sodass eine zwischenzeitliche Lockerung der Schraube erschwert wird, und welches durch die Ermöglichung einer starken axialen Neigung der Knochenschraube im Bezug auf die Plattennormale flexibel und vielseitig anwendbar ist. Dabei sollen die oben erwähnten Nachteile vermieden werden, insbesondere soll die Möglichkeit eines Durchstoßens des Schraubenkopfes durch die Platte verhindert werden ohne die maximale axiale Neigung der Knochenschraube gegenüber der Plattennormale einzuschränken.

[0015] Dies wird durch ein Fixierungssystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0016] Die Platte des Fixierungssystems weist mindestens ein Durchgangsloch auf, indem eine Knochenschraube angeordnet wird. Es kann dabei vorgesehen sein, dass die Platte vor oder im Laufe des jeweiligen chirurgischen Eingriffes individuell angepasst wird. Zu diesen Anpassungsmöglichkeiten zählen ein Zuschneiden der Platte und/oder ein Verbiegen um verschiedene Achsen, sodass dem Verlauf des jeweiligen Knochens, dessen Bruchstelle geheilt werden soll, Rechnung getragen werden kann. Die Platte selbst weist zwei Oberflächen, d.h. zwei Seiten, auf, von denen eine nach der Fixierung der Bruchstelle vom Knochen abgewendet ist und eine dieser Oberflächen entgegengesetzte Oberfläche, die dem Knochen zugewendet ist. Das Durchgangsloch weist im Bereich der vom Knochen abzuwendenden Oberfläche, also auf der knochenfernen Seite, einen gewindefreien Bereich auf, wodurch es ermöglicht ist, die Schraube nicht nur in Längsrichtung des Durchgangsloches anzuordnen, d.h. die Längsachse der Knochenschraube muss nicht parallel zur Längsrichtung des Durchgangsloches angeordnet sein, sondern kann eine große axiale Neigung zur Längsrichtung des Durchgangsloches einnehmen und dadurch auch schräg liegende und sagittale Brüche und Knochenfragmente fixieren. Dabei kann es vorgesehen sein, dass dieser gewindefreie Bereich den Großteil des Durchgangslochs einnimmt, d.h. der Großteil der Innenwandung des Durchgangslochs ist gewindefrei ausgebildet. Die Längsrichtung des Durchgangsloches entspricht dabei im Wesentlichen der Platten normalen im Bereich des Durchgangsloches. Bei rotationssymmetrischen Durchgangsöffnungen ist die Symmetrieachse in Längsrichtung des Durchgangslochs ausgerichtet.

[0017] Im eingesetzten Zustand liegt der Schraubenkopf an der Innenwand des Durchgangslochs an. Die Position und Größe der dabei auftretenden Kontaktfläche des Schraubenkopfes hängt dabei von den Geometrien des Schraubenkopfes und der Innenwandung des Durchgangslochs ab und variiert dabei je nach Winkel, den die Längsachse der Knochenschraube bezüglich der Längsrichtung des Durchgangsloches einnimmt. Wird nun die Knochenschraube mit einer gewissen axialen Auslenkung gegenüber der Längsrichtung des Durchgangsloches in das Durchgangsloch der Platte eingesetzt und dabei in ein im Knochen vorgebohrtes Loch eingedreht, wird durch die im gewindefreien Bereich angeordnete, konvexe Krümmung bezüglich der Längsrichtung des Durchgangsloches gewährleistet, dass der Schraubenkopf nicht am Rand an der vom Knochen anzuwendenden Oberfläche des Durchgangsloches anschlägt und mit dem gewählten Winkel weiter in das Durchgangsloch eingesetzt werden kann.

[0018] Eine Fase, also eine ungekrümmte Abschrägung des Durchgangsloches an der vom Knochen abzuwendenden Oberfläche der Platte, würde zwar ebenfalls eine axiale Neigung der Knochenschraube erlauben, ohne dass es zu einem Anschlagen des Schraubenkopfes kommt. Allerdings wird durch eine derartige Abschrägung zuviel Material der Platte abgetragen, sodass für die effektive Verblockung der Knochenschraube mit der Platte zu wenig Plattenmaterial, d.h. eine zu geringe Kontaktfläche zwischen Knochenschraube und Platte, verbleibt. Dabei können bei den in der Osteosynthese verwendeten Platten durch einen zu großen Materialverlust infolge einer derartigen in Form einer ungekrümmten Fase ausgebildeten Abschrägung auch nachteilige Folgen für die Stabilität der Platten an sich entstehen, zumal derartige Platten häufig

über Stärken von weniger als 1 mm verfügen.

[0019] Im Gegensatz dazu gewährleistet die konvexe Krümmung eine gegenüber der Längsrichtung des Durchgangslochs axiale Neigung der Knochenschraube, wobei gleichzeitig infolge des Anpressens an die konvex gekrümmte Innenwandung eine Verblockung des Schraubenkopfs möglich und zusätzlich eine Erhöhung der Sicherheit gegen ein Durchstoßen der Knochenschraube durch die Platte gewährleistet ist, ohne dabei zuviel Plattenmaterial im Vergleich mit einem rein zylinderförmigen Durchgangsloch abtragen zu müssen.

[0020] Dabei bedeutet die bezüglich der Längsrichtung konvexe Krümmung des Durchgangsloches, dass das feste Plattenmaterial in diesem Bereich nach außen, also zum Durchgangsloch hin, gewölbt ist. Es liegt also eine konvexe Wölbung vor. Mit anderen Worten: beim Vergleich mit einem in Längsrichtung ungekrümmten Bereich ergibt sich dadurch zusätzlich vorhandenes Plattenmaterial, weil sich der konvex gekrümmte Bereich gegenüber einem ungekrümmten Bereich vom festen Plattenmaterial weg nach außen wölbt.

[0021] Durch diese konvexe Wölbung hin zur Längsachse des Durchgangslochs ergibt sich gegenüber einer ungekrümmten, gegebenenfalls abgeschrägten Fläche ein vergrößerter Bereich mit Plattenmaterial, wodurch ein größerer Bereich zur Anlage des Schraubenkopfs bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der Möglichkeiten zur axialen Neigung der Knochenschraube gegenüber der Plattennormalen zur Verfügung steht.

[0022] Ein rein zylindrisches Durchgangsloch hat eine zur Längsrichtung parallele Innenwandung. Durch eine ungekrümmte Fase nimmt die Innenwandung bezüglich der Längsrichtung einen konstanten Winkel ungleich Null ein. Je größer dieser Winkel ist, desto größer ist auch die axiale Neigung mit der die Knochenschraube gegenüber der Längsrichtung in das Durchgangsloch einsetzbar ist. Allerdings wird dabei ein Übermaß an Plattenmaterial abgetragen, wodurch die Plattenstabilität gefährdet wird. Des Weiteren ist bei einer Neigung einer derartigen Fase von mehr als etwa 14° gegenüber der Längsrichtung des Durchgangslochs eine Verblockung des Schraubenkopfs nicht mehr möglich, da dabei die Kontaktfläche zwischen Schraubenkopf und Innenwandung zu gering ist, bzw. derart steil bezüglich der Längsrichtung des Durchgangslochs ist, dass die übertragene Normalkraft für eine Verblockung nicht ausreicht. Erst bei einem geringeren Winkel von weniger als 10° ist eine ordnungsgemäße Verblockung gewährleistet, wobei eine ungekrümmte Fase mit einem derartigen Neigungswinkel eine zu geringe axiale Flexibilität aufweist.

[0023] Eine bezüglich der Längsrichtung des Durchgangslochs vorhandene konvexe Krümmung kann demgegenüber ermöglichen, dass an der von dem Knochen abzuwendenden Oberfläche der Platte die Innenwandung des Durchgangsloches einen größeren Neigungswinkel gegenüber der Längsrichtung, beispielsweise im Ausmaß von 14° einnimmt, wodurch die axiale Flexibilität der einzusetzenden Knochenschraube erhalten werden kann. Durch die konvexe Krümmung kann dieser Neigungswinkel langsam und stetig abnehmen, beispielsweise bis auf etwa 8° , wodurch sich beim Einsetzen einer Knochenschraube eine immer bessere Verblockung aufbaut, je tiefer der Schraubenkopf in das Durchgangsloch eindringt. Der Chirurg spürt diesen Effekt beim Eindrehen der Knochenschraube mit einem Schraubendreher durch ein kontinuierlich ansteigendes Anzugsdrehmoment. Gleichzeitig verringert sich dabei der Durchmesser des Durchgangslochs, sodass eine Sicherheit gegen ein Durchschrauben der Knochenschraube gegeben ist.

[0024] Diese bezüglich der Längsrichtung des Durchgangslochs vorgesehene konvexe Krümmung ist natürlich unabhängig von der Krümmung anzusehen, die das Durchgangsloch als mehr oder weniger rund ausgebildetes Loch bezüglich jeder beliebigen Gerade in einer Schnittebene senkrecht zur Plattennormalen aufweist. In jeder dieser Schnittebenen ist das Durchgangsloch als durchgängige geschlossene Linie, beispielsweise als Kreis zu sehen und weist natürlich dementsprechend auch hier Krümmungen auf. Die erfindungsgemäße konvexe Krümmung betrifft aber die Krümmung in einer Richtung die senkrecht zu einer derartigen Schnittebene angeordnet ist.

[0025] Weitere vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert und werden im Folgenden näher erläutert.

[0026] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der bezüglich der Längsrichtung des Durchgangsloches konvex gekrümmte Bereich rotations-symmetrisch ausgebildet ist. Die Symmetrieachse wird in diesem Fall von der Längsachse des Durchgangsloches gebildet. Durch diese Rotationssymmetrie ist die ins Innere des Durchgangsloches ragende Wölbung entlang des gesamten Umfanges des Durchgangsloches, also entlang des gesamten Azimutwinkels in einer Ebene senkrecht auf die lokale Plattennormale, gleichförmig ausgebildet, wodurch sicher gestellt ist, dass entlang des gesamten Umfanges dieselbe Klemmfläche zur Verfügung steht und eine ungewollte Verklebung bzw. Verblockung an einer ungewünschten Stelle nicht stattfinden kann. Des Weiteren wird durch diese Symmetrie die Herstellung des Bohrloches in der Platte erleichtert, weil keine speziellen Azimutalbereiche angefertigt werden müssen.

[0027] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass nicht nur der bezüglich der Längsrichtung des Durchgangsloches konvex gekrümmte Bereich gewindefrei ausgebildet ist, sondern das gesamte Durchgangsloch gewindefrei, also ohne Innengewinde ausgebildet ist. Dadurch ist wie bereits eingangs erwähnt, eine axiale Neigung der Knochenschraube in einem viel größeren Ausmaß möglich, da durch das Gewinde stets eine Vorzugsrichtung vorgegeben ist und eine Abweichung von dieser Vorzugsrichtung, also beispielsweise von der Längsrichtung des Durchgangsloches nur mehr sehr eingeschränkt möglich ist.

[0028] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der Schraubenkopf, der in das Durchgangsloch einzusetzenden Knochenschraube an der Innenwand der Durchgangsloches verblockbar, wobei es vorteilhaft sein kann, dass die die Verblockung verursachende Klemmfläche im bezüglich der Längsrichtung des Durchgangsloches konvex gekrümmten Bereich angeordnet ist. Es kann darüber hinaus vorteilhaft sein, die Oberfläche des Schraubenkopfes oder die Innenwand des Durchgangsloches aufzurauen, und damit die Reibung zu erhöhen, wodurch die Verblockung erleichtert wird.

[0029] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind jene Bereiche des Schraubenkopfes, die in eingesetztem Zustand an der Innenwand des Durchgangsloches anliegen, bezüglich der Längsrichtung der Knochenschraube zumindest teilweise gekrümmt ausgebildet. Dabei ist besonders bevorzugt, dass diese Krümmung ebenfalls konvex ausgebildet ist. Die konvexe Krümmung bedeutet in diesem Fall, dass der Schraubenkopf in diesem Bereich nach außen gewölbt ist. Dadurch steht wiederum im Vergleich zu einem in dieser Richtung ungekrümmten Schraubenkopf mehr Schraubenmaterial und es können dadurch größere Normalkräfte für die die Verblockung verursachende Haftreibung übertragen werden. Beispielsweise lässt sich in einem konvex gekrümmten Schraubenkopf ein gedachter zylindrischer Schraubenkopf einschreiben, der ein deutlich geringeres Volumen, aber dennoch gleich große obere und untere Grenzflächen aufweist. Bevorzugt ist dieser konvex gekrümmte Bereich sphärisch gekrümmt, also in Form eines Teiles einer Kugel, ausgebildet. Auch wenn prinzipiell Knochenschrauben mit bezüglich der Längsrichtung ungekrümmtem Schraubenkopf, wo beispielsweise nur eine abgeschrägte Flanke angeordnet ist, für die erfindungsgemäße Fixierungsvorrichtung verwendbar sind, wird durch Schrauben mit in Längsrichtung gekrümmten Bereichen, insbesondere mit konvex gewölbten Bereichen, die Verblockung und die axiale Auslenkung gegenüber der Längsrichtung des Durchgangsloches erleichtert.

[0030] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der Schraubenkopf an jenen Bereichen, die im eingesetzten Zustand an der Innenwand des Durchgangsloches anliegen, ein Gewinde aufweist. Durch ein derartiges Gewinde kann die Verblockung weiter verstärkt werden, da an den Kontaktflächen zwischen Gewinde und der Innenwand des Durchgangsloches äußerst hohe Normalkräfte auftreten können, wodurch die Winkelstabilität einer in einer axialen Auslenkung eingesetzten Knochenschraube besonders ausgeprägt sein kann. Zudem kann es je nach Form des Gewindes möglich sein, dass mehrere Gewindeflanken als Klemmflächen mit der Innenwand des Durchgangsloches in Kontakt stehen. Dabei können die

einhiüllenden Flächen des Gewindes eine, vorzugsweise konvexe, Krümmung in Längsrichtung der Knochenschraube aufweisen.

[0031] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der konvex gekrümmte Bereich mehr als ein Viertel der Länge oder der Höhe des Durchgangsloches einnimmt. Die Länge des Durchgangsloches entspricht dabei der Länge der Längsachse innerhalb der Platte, also der fiktiven Stärke der Platte an diesem Ort, falls die Platte über das Durchgangsloch fortgesetzt wäre.

[0032] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der Durchmesser des Durchgangsloches an der vom Knochen abzuwendenden Oberfläche der Platte größer ist als jener an der dem Knochen zuzuwendenden Oberfläche der Platte, d.h. im Falle eines Querschnitts mit einer zur Längsrichtung des Durchgangsloches parallelen Schnittebene ist die Breite des Durchgangsloches an der vom Knochen abzuwendenden Oberfläche größer als jene an der dem Knochen zuzuwendenden Oberfläche. Bei diesem Durchmesser kann es sich um den jeweils größten Durchmesser des Durchgangsloches handeln oder beispielsweise um den Durchmesser in einer zur Längsrichtung parallelen Schnittebene. Durch das in Richtung des Knochens verjüngende Durchgangsloch wird ein Durchstoßen des Schraubenkopfes durch die Platte erschwert. Dabei kann es vorteilhaft sein, dass der Durchmesser des Durchgangsloches von der vom Knochen abzuwendenden Oberfläche der Platte hin zur zum Knochen zuzuwendenden Oberfläche monoton abnimmt.

[0033] Das Durchgangsloch weist erfindungsgemäß einen in Längsrichtung konkav gekrümmten Bereich auf, der zwischen dem konvex gekrümmten Bereich und der dem Knochen zuzuwendenden Oberfläche angeordnet ist, d.h. der konkave Bereich ist - bei einer eingesetzten erfindungsgemäßen Platte - näher am Knochen als der konvexe Bereich. Konkav gekrümmt bedeutet in diesem Fall, dass die mit festem Material versehenen Bereiche der Platte an der Innenwandung des Durchgangsloches in diesem Bereich nach innen gewölbt, also konkav gewölbt, sind. Die Wölbung ist somit von der Längsachse des Durchgangsloches weggerichtet ist und gegenüber einem bezüglich der Längsrichtung ungekrümmten Bereich ist hier weniger Plattenmaterial vorhanden. Die Platte ist somit je nach Größe und Stärke des konkav gekrümmten Bereichs mehr oder weniger „ausgehöhlt“.

[0034] Durch diesen konkaven Bereich wird zum einen der maximal mögliche Auslenkungswinkel der Knochenschraube im Vergleich zu einem in Längsrichtung ungekrümmten Durchgangsloch gesteigert und dennoch ein sich verjüngendes Durchgangsloch zur Verfügung gestellt, sodass eine Sicherung gegen ein Durchstoßen des Schraubenkopfes gegeben ist. Insbesondere ist diese Verjüngung stärker ausgeprägt als sie bei einem konischen Durchgangsloch mit gleicher maximaler Winkelverstellmöglichkeit wäre, sodass dadurch eine Erhöhung der Durchstoßsicherheit der Knochenschraube bei gleichzeitig gleich bleibender Winkelvariabilität der eingesetzten Schraube ermöglicht wird.

[0035] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist zwischen dem konvex gekrümmten Bereich und dem konkav gekrümmten Bereich ein bezüglich der Längsrichtung des Durchgangsloches ungekrümmter Bereich angeordnet. Dieser Bereich kann parallel zur Längsrichtung des Durchgangsloches angeordnet sein. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass die Innenwandung des Durchgangsloches in diesem ungekrümmten Bereich einen Neigungswinkel, beispielsweise im Ausmaß von 6° - 12° gegenüber der Längsrichtung einnimmt. Es kann auch vorteilhaft sein, dass ein derartiger ungekrümmter, beispielsweise abgeschrägter Bereich in Form einer Fase an der vom Knochen abzuwendenden Oberfläche der Platte und in Form einer Lippe an der dem Knochen zuzuwendenden Oberfläche der Platte angeordnet ist.

[0036] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist der Bereich zwischen der vom Knochen abzuwendenden Oberfläche der Platte und dem konkaven Bereich oder dem ungekrümmten Bereich bezüglich der Längsrichtung durchgängig konvex gekrümmt, sodass ein möglichst großer konvex gekrümmter Bereich für die Verblockung der Knochenschraube zur Verfügung steht. Das bedeutet, dass eine bei einem Querschnitt mit einer zur Längsachse des Durchgangsloches parallelen Schnittebene durch das Durchgangsloch entstehende Schnittkurve,

die die Innenwandung des Durchgangslochs darstellt, eine zweite Ableitung ungleich Null im gesamten Bereich zwischen der dem Knochen abzuwendenden Oberfläche der Platte und dem konkaven Bereich oder dem ungekrümmten Bereich bezüglich der Längsrichtung aufweist. Des weiteren kann vorgesehen sein, dass der gesamte Bereich zwischen der dem Knochen zuzuwendenden Oberfläche der Platte und einem ungekrümmten oder dem konvex gekrümmten Bereich durchgängig bezüglich der Längsrichtung konkav gekrümmt ist, um den maximalen Auslenkungswinkel der einzusetzenden Knochenschraube gegenüber der Längsrichtung des Durchgangsloches weiter zu erhöhen.

[0037] Besonders bevorzugt ist es, dass der bezüglich der Längsrichtung des Durchgangslochs konkav gekrümmte Bereich und zusätzlich oder alternativ der ungekrümmte Bereich rotations-symmetrisch ausgebildet ist oder sind. Insbesondere kann es von Vorteil sein, dass das gesamte Durchgangsloch rotationssymmetrisch bezüglich seiner Längsachse ausgebildet ist.

[0038] In einer Ausführungsform der Erfindung ist der bezüglich der Längsrichtung konvex gekrümmte Bereich und/oder der konkav gekrümmte Bereich in Form einer überlagerten Funktion ausgebildet, die einem konischen Durchgangsloch, d.h. einem Durchgangsloch in Form eines Drehkegelstumpfes überlagert ist. Der Neigungswinkel des Drehkegelstumpfes kann dabei beispielsweise zwischen 6° und 14° gegenüber der Längsrichtung einnehmen. Ein konisches Bohrloch weist bezüglich der Längsrichtung keine Krümmung auf. Die Überlagerungsfunktion ist nun derart gewählt, dass ein bezüglich der Längsrichtung konvex gekrümmter Bereich entsteht, der sich vom festen Material der Knochenplatte nach außen in Richtung der Längsachse des Durchgangsloches wölbt, und zusätzlich ein konkav gekrümmter Bereich entsteht, der sich vom festen Material der Knochenplatte nach innen von der Längsachse des Durchgangsloches weg wölbt. Dadurch wird im Bereich der vom Knochen zuzuwendenden Oberfläche der Platte der mögliche Neigungswinkel einer einzusetzenden Knochenschraube erhöht. Besonders bevorzugt ist es dabei, dass diese überlagerte Funktion eine Sinusfunktion ist, die eine den Anforderungen der Erfindung angepasste Stauchung, Phasenverschiebung oder Frequenzveränderung aufweist.

[0039] Bei einem rotationssymmetrischen Durchgangsloch und einem sphärischen Schraubenkopf bildet sich als Klemmfläche eine kreisförmige Berührungsfläche aus. Ist jedoch das Durchgangsloch nicht vollkommen rund, kann sich eine hohe Fehleranfälligkeit bei der Verschraubung ergeben. Derartige unrunde Durchgangslöcher können aufgrund von Fertigungsungenauigkeiten oder auch durch das eingangs erwähnte Verbiegen der Platte seitens des Chirurgen entstehen. Um dennoch die Verklemmung bzw. Verblockung der Knochenschraube zu gewährleisten, ist in einer weiteren Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass der Schraubenkopf der Knochenschraube mehrere Klemmflächen aufweist, die sich keilförmig von der Längsachse der Knochenschraube nach außen erstrecken. Dabei kann die Oberfläche des Schraubenkopfes in Richtung der Längsachse wie oben angeführt konvex gekrümmt, beispielsweise sphärisch gekrümmt ausgebildet sein. Diese Klemmflächen können beispielsweise in Form eines Dreibeines ausgebildet sein und dienen dazu, den Schraubenkopf im Durchgangsloch zu verspreizen. Die Klemmflächen des Schraubenkopfes können zudem ein Gewinde aufweisen.

[0040] Weitere Einzelheiten und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden anhand der Figurenbeschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen im Folgenden näher erläutert. Darin zeigt:

- [0041]** Fig. 1 einen Querschnitt eines erfindungsgemäßen Fixierungssystems, welches mittels zweier Knochenschrauben in einem Knochen zur Heilung einer Bruchstelle verschraubt ist,
- [0042]** Fig. 2 einen Querschnitt einer in einem Durchgangsloch einer Platte eingesetzten Knochenschraube,
- [0043]** Fig. 3 einen Querschnitt einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Durchgangsloch,
- [0044]** Fig. 4 einen Querschnitt einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen

Durchgangslochs,

[0045] Fig. 5a und 5b eine Seitenansicht und eine Draufsicht einer erfindungsgemäßen Knochenschraube mit einem ein Gewinde aufweisenden Schraubenkopf,

[0046] Fig. 6a und 6b eine Seitenansicht und eine Draufsicht einer erfindungsgemäßen Knochenschraube mit einem Klemmflächen aufweisenden Schraubenkopf, und

[0047] Fig. 7 eine vergrößerte Darstellung der Fig. 3 zur Erläuterung der verwendeten geometrischen Begriffe.

[0048] Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Fixierungssystem zur Heilung einer Bruchstelle eines Knochens 10, wobei das Fixierungssystem mit den Bruchstücken des Knochens 10 fixiert ist. Als Verbindungsmittel der Bruchstücke des Knochens 10 ist eine Platte 2 in Verwendung, welche zwei Durchgangslöcher 1 aufweist, in die Knochenschrauben 9 eingesetzt sind. In den Bruchstücken des Knochens 10 sind Bohrlöcher 15 vorgebohrt worden. Da eines dieser Bohrlöcher 15 schräg bezüglich zur Knochenoberfläche angeordnet ist, muss die Längsachse B der rechten Knochenschraube 9 einen axialen Neigungswinkel α gegenüber der Längsachse A des Durchgangslochs, die die Längsrichtung des Durchgangslochs charakterisiert, einnehmen. Würde das rechte Durchgangsloch 1 ein Innengewinde aufweisen, wäre ein derartiges schräges Einsetzen mit einem Neigungswinkel α ungleich Null nicht möglich, da durch ein Innengewinde immer eine Vorzugsrichtung, vorgegeben ist, nämlich in Richtung der Plattennormalen, welche in diesem Fall mit der Längsrichtung der Längsachse A des Durchgangslochs übereinstimmt.

[0049] Zur Bruchheilung von kleinfragmentiger Bruchstellen sind generell Platten 2 mit einer Stärke, d.h. einer Höhe von 0,1 mm bis 5 mm in Verwendung, für größere Fragmente kann dieser Wert auch größer sein. Als Materialien für die Platte 2 und/oder die Knochenschraube 9 kommen unter anderem Implantatstahl nach ISO 5832/1, Reintitan nach ISO 5832/2 oder Titanlegierung nach ISO 5832/3 in Frage. Natürlich sind generell auch andere Werkstoffe einsetzbar.

[0050] Die Durchgangslöcher 1 weisen im Bereich der vom Knochen abzuwendenden Oberfläche 5 der Platte 2 einen bezüglich der Längsrichtung des Durchgangslochs 1, also bezüglich der Längsachse A einen konvex gekrümmten Bereich 3 auf. Im Bereich der dem Knochen 10 zuzuwendenden Oberfläche 6 der Platte 2 ist ein bezüglich der durch die Längsachse A gegebenen Längsrichtung des Durchgangslochs 1 konkav gekrümmter Bereich 4 angeordnet. Die konvex und konkav gekrümmten Bereiche 3 und 4 werden nachfolgend näher erläutert.

[0051] Die Knochenschrauben 9 weisen einen Schraubenkopf 7 mit konkav gekrümmtem Bereich 8 auf. Auf der vom Schraubenschaft 16 abgewandten Seite des Schraubenkopfs 7 ist eine Ausnehmung 11 angeordnet, in welche ein geeignetes Werkzeug, beispielsweise ein Imbusschlüssel eingesetzt werden kann, um die Knochenschraube 9 in den Knochen 10 einzudrehen oder aus dem Knochen 10 herauszudrehen. Am Schraubenschaft 16 ist ein Schraubengewinde 13 angeordnet.

[0052] Fig. 2 zeigt eine Detailansicht einer schräg in ein Durchgangsloch 1 einer Platte 2 eingesetzten Knochenschraube 9, d.h. der Neigungswinkel α zwischen der Längsachse A des Durchgangslochs und der Längsachse B der Knochenschraube 9 ist ungleich Null. Wie hier zu erkennen ist, ist durch den konvex gekrümmten Bereich 3, welcher sich von der vom Knochen abzuwendenden Oberfläche 5 bis etwa zur Hälfte des Durchgangslochs 1 erstreckt, eine große axiale Neigung der Knochenschraube 9 möglich. Da sich der Neigungswinkel β der Innenwandung gegenüber der Längsachse A von der vom Knochen 10 abzuwendenden Oberfläche 5 verringert, ist eine Verblockung durch die Klemmfläche 12 möglich. Durch den konkav gekrümmten Bereich 4 ist eine Sicherheit gegen ein Durchstoßen der Knochenschraube 9 durch das Durchgangsloch 1 gegeben, ohne die axiale Neigungsmöglichkeit einzuschränken.

[0053] In Fig. 3 ist der Querschnitt der Fig. 2 ohne eingesetzte Knochenschraube 9 zu sehen. Von der vom Knochen 10 abzuwendenden Oberfläche 5 ausgehend ist der durchgängig konvex gekrümmte Bereich 3 bis etwa zur Hälfte des Durchgangslochs 1 angeordnet. Unmittelbar daran anschließend erstreckt sich der durchgängig konkav gekrümmte Bereich 4 bis zur zum

Knochen 10 zuzuwendenden Oberfläche 6 der Platte 2. Dabei nimmt der Neigungswinkel β der Innenwandung bezüglich der Längsachse A, ausgehend von seinem Wert am oberen Rand der Platte 2, also an der vom Knochen 10 abzuwendenden Oberfläche 5, bis zum konkav gekrümmten Bereich 4 ab, um dann im konkav gekrümmten Bereich 4 dann in Richtung der zum Knochen 10 zuzuwendenden Oberfläche 6 wieder zuzunehmen.

[0054] In Fig. 4 ist eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Durchgangslochs 1 dargestellt, wobei hier im Bereich der vom Knochen 10 abzuwendenden Oberfläche 5 ein bezüglich der Längsrichtung des Durchgangslochs 1, welche durch die Längsachse A gegeben ist, konvex gekrümmter Bereich 3 angeordnet ist. Daran anschließend ist ein ungekrümmter Bereich 14 angeordnet, der allerdings ebenfalls einen Neigungswinkel β ungleich Null gegenüber der Längsachse A aufweist und somit ein im Bereich der dem Knochen 10 zuzuwendenden Oberfläche 6 konisches Bohrloch in Form eines Kegelstumpfs ergibt.

[0055] In Fig. 5a ist eine Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Knochenschraube 9 dargestellt, wobei der Schraubenkopf 7 ein Gewinde 17 aufweist, welches in eingesetztem Zustand an der Innenwand des Durchgangslochs 1 anliegt und zur Erhöhung der Verblockung, insbesondere bei axialer Auslenkung der Knochenschraube 9 dient. Durch diese Anordnung eines Gewindes 17 am Schraubenkopf 7 ist eine außerordentliche Winkelstabilität der eingesetzten Knochenschraube 9 gegeben. Das am Schaft 16 der Knochenschraube 9 angeordnete Gewinde 13 kann dabei die gleichen oder andere Gewindeparameter als das Gewinde 17 des Schraubenkopfs 7 aufweisen.

[0056] In der zur Fig. 5a zugehörigen Draufsicht der Fig. 5b ist die Ausnehmung 11 zu sehen, in die ein geeignetes Werkzeug, beispielsweise ein Imbusschlüssel oder ein Schraubendreher, eingesetzt werden kann, um die Knochenschraube 9 aus dem Knochen 10 heraus oder in den Knochen 10 hinein zu drehen.

[0057] In der Seitenansicht der Fig. 6a ist eine weitere Ausführungsform der Knochenschraube 9 dargestellt, wobei der Schraubenkopf 7 über drei symmetrisch angeordnete Klemmflächen 18 verfügt, die sich keilförmig von der Längsachse B der Knochenschraube 9 nach außen erstrecken und dabei in eingesetztem Zustand eine weitere Möglichkeit zur Erhöhung der Verblockung darstellen.

[0058] In der Draufsicht in der Fig. 6b sind die Klemmflächen 18 besonders gut erkennbar. Es kann weiters vorgesehen sein, dass durch den Einsatz eines geeigneten Werkzeugs in die Ausnehmung 11 die Klemmflächen 18 bzw. der Schraubenkopf 7 gespreizt werden, um die Normalkraft auf die Innenwand des Durchgangslochs 1 zu erhöhen und dadurch die Verblockung zu verstärken.

[0059] In Fig. 7 ist eine vergrößerte Darstellung der Fig. 3 gezeigt. Zur Erklärung des oben angeführten Neigungswinkels β der Innenwandung ist auf der rechten Seite der Innenwandung des Durchgangslochs 1 eine Tangente D an die Innenwandung im Bereich der vom Knochen 10 abzuwendenden Oberfläche 5 der Platte 2 gelegt. Der Neigungswinkel β der Innenwandung ist dabei gegeben durch den Winkel, den diese Tangente D mit einer zur Längsachse A parallelen Geraden A', welche die lokale Plattennormale darstellt, einnimmt. Durch den konvex gekrümmten Bereich 3 nimmt dieser Neigungswinkel β der Innenwandung in Richtung der zum Knochen 10 zuzuwendenden Oberfläche 6 bis etwa zur Hälfte des Durchgangslochs 1 ab.

[0060] Auf der linken Seite dieses Durchgangslochs 1 ist eine Gerade C durch einen äußeren Randpunkt an der vom Knochen 10 abzuwendenden Oberfläche 5 und einen äußeren Randpunkt an der dem Knochen 10 zuzuwendenden Oberfläche 6 gelegt, wobei beide Randpunkte in einer Schnittebene parallel zur Längsrichtung des Durchgangslochs angeordnet sind. Der konvex gekrümmte Bereich 3 wölbt sich dabei von dieser Geraden C nach außen, also vom festen Plattenmaterial, weg und bildet dadurch eine konvexe Wölbung, während der konkav gekrümmte Bereich 4 sich von der Geraden C nach innen in Richtung des Plattenmaterials wölbt. Die Innenwandung bildet daher eine Überlagerungsfunktion, die sich in Form einer Sinusfunktion der Geraden C überlagert. Wäre die Gerade C die Erzeugende eines Durchgangs-

lochs, hätte dieses die Form eines Drehkegelstumpfes ohne konvex oder konkav gekrümmte Bereiche, sodass ein erfindungsgemäßes Durchgangsloch 1 durch die einem Drehkegelstumpf überlagerte Funktion gebildet ist.

[0061] Die Erfindung beschränkt sich nicht auf die gezeigten Beispiele, sondern umfasst alle technischen Äquivalente, welche in die Reichweite der nachfolgenden Ansprüche fallen können.

[0062] Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, rechts, links usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

Patentansprüche

1. Fixierungssystem für Knochen, insbesondere Osteosynthesevorrichtung, umfassend eine Platte mit einer dem Knochen zuzuwendenden Oberfläche und einer vom Knochen abzuwendenden Oberfläche und mit wenigstens einem Durchgangsloch, welches einen im Bereich der vom Knochen abzuwendenden Oberfläche angeordneten, gewindefreien Bereich aufweist und einer in das Durchgangsloch einsetzbaren Knochenschraube, wobei der Schraubenkopf der Knochenschraube in eingesetztem Zustand an der Innenwand des Durchgangslochs anliegt, wobei der gewindefreie Bereich bezüglich der Längsrichtung des Durchgangslochs konvex gekrümmt ist, und wobei das Durchgangsloch einen bezüglich der Längsrichtung konkav gekrümmten Bereich aufweist, der zwischen dem konvex gekrümmten Bereich des Durchgangsloches und der dem Knochen zuzuwendenden Oberfläche der Platte angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der konvex gekrümmte Bereich (3) in einem mittleren Bereich zwischen der dem Knochen (10) zuzuwendenden Oberfläche (6) und der vom Knochen (10) abzuwendenden Oberfläche (5) des Durchgangslochs (1) in den konkav gekrümmten Bereich (4) übergeht.
2. Fixierungssystem nach ein Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der bezüglich der Längsrichtung (A) des Durchgangslochs (1) konvex gekrümmte Bereich (3) rotationssymmetrisch ausgebildet ist.
3. Fixierungssystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das gesamte Durchgangsloch (1) gewindefrei ausgebildet ist.
4. Fixierungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schraubenkopf (7) an der Innenwand des Durchgangslochs (1) verblockbar ist.
5. Fixierungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schraubenkopf (7) der Knochenschraube (9) in dem an der Innenwand des Durchgangslochs (1) in eingesetztem Zustand anliegenden Bereich (12) zumindest bezüglich der Längsrichtung (B) der Knochenschraube (9) teilweise gekrümmt, ausgebildet ist.
6. Fixierungssystem nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der bezüglich der Längsrichtung (B) der Knochenschraube (9) teilweise gekrümmte Bereich (8) konvex gekrümmt, vorzugsweise sphärisch gekrümmt, ist.
7. Fixierungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schraubenkopf (7) der Knochenschraube (9) in dem an der Innenwand des Durchgangslochs (1) in eingesetztem Zustand anliegenden Bereich (12) ein Gewinde (17) aufweist.
8. Fixierungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der konvex gekrümmte Bereich (3) mehr als ein Viertel der Länge oder der Höhe des Durchgangslochs (1) einnimmt.
9. Fixierungssystem nach einem Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Durchgangsloch (1) an der vom Knochen (10) abzuwendenden Oberfläche (5) der Platte (2) einen größeren Durchmesser als an der dem Knochen (10) zuzuwendenden Oberfläche (6) der Platte (2) aufweist.

10. Fixierungssystem nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Durchmesser des Durchgangslochs (1) von der vom Knochen (10) abzuwendenden Oberfläche (5) der Platte (2) zu der dem Knochen (10) zuzuwendenden Oberfläche (6) der Platte (2), vorzugsweise streng, monoton abnimmt.
11. Fixierungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen dem konvex gekrümmten Bereich (3) und dem konkav gekrümmten Bereich (4) des Durchgangslochs (1) ein bezüglich der Längsrichtung (A) des Durchgangslochs (1) ungekrümmter Bereich angeordnet ist.
12. Fixierungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Durchgangsloch (1) zwischen der vom Knochen (10) abzuwendenden Oberfläche (5) der Platte (2) und dem konkav gekrümmten Bereich (4) oder dem ungekrümmten Bereich durchgängig bezüglich der Längsrichtung (A) des Durchgangslochs (1) konvex gekrümmt ist.
13. Fixierungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Durchgangsloch (1) zwischen der dem Knochen (10) zuzuwendenden Oberfläche (6) der Platte und dem konvex gekrümmten Bereich (3) oder dem ungekrümmten Bereich durchgängig bezüglich der Längsrichtung (A) des Durchgangslochs (1) konkav gekrümmt ist.
14. Fixierungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Durchgangsloch (1) im Bereich der dem Knochen (10) zuzuwendenden Oberfläche (6) und/oder im Bereich der vom Knochen (10) abzuwendenden Oberfläche (5) einen bezüglich der Längsrichtung (A) des Durchgangslochs (1) ungekrümmten Bereich (14) aufweist.
15. Fixierungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der bezüglich der Längsrichtung (A) des Durchgangslochs (1) konkav gekrümmte Bereich (4) und/oder der ungekrümmte Bereich (14) rotationssymmetrisch ausgebildet ist oder sind.
16. Fixierungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Durchgangsloch (1) in Längsrichtung (A) der Knochenschraube (9) als Drehkegelstumpf mit einer überlagerten Funktion, vorzugsweise einer Sinusfunktion, ausgebildet ist.
17. Fixierungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schraubenkopf (7) mehrere Klemmflächen, vorzugsweise drei, aufweist, die sich keilförmig von der Längsachse (B) der Knochenschraube (9) nach außen erstrecken.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen



Fig. 2

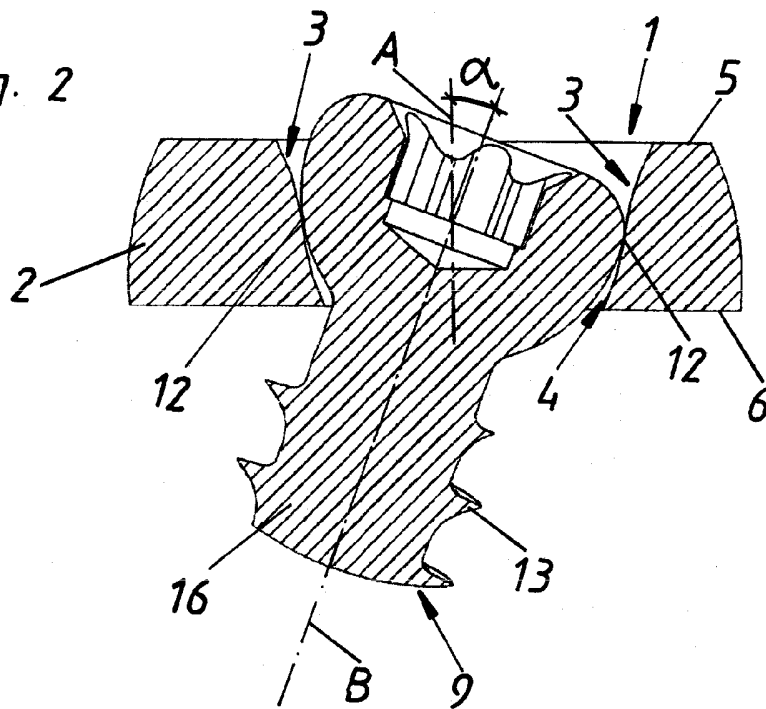


Fig. 3

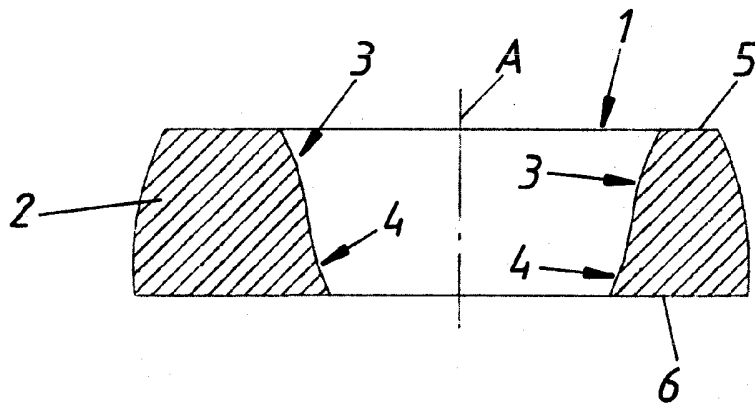


Fig. 4

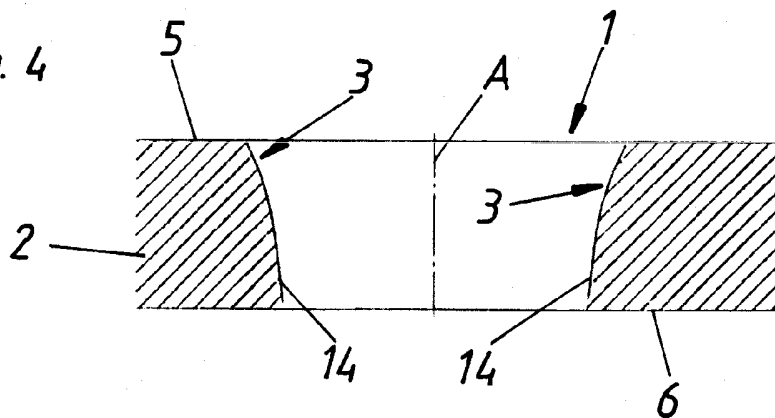


Fig. 5a

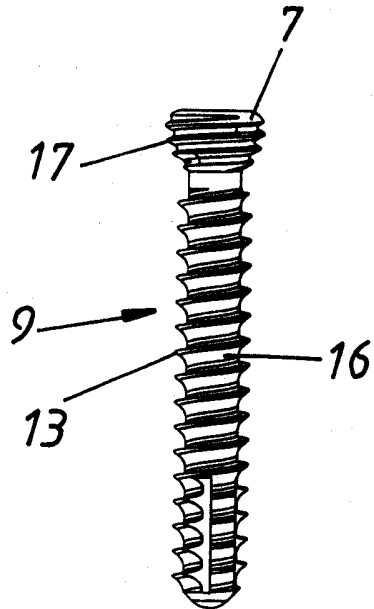


Fig. 6a

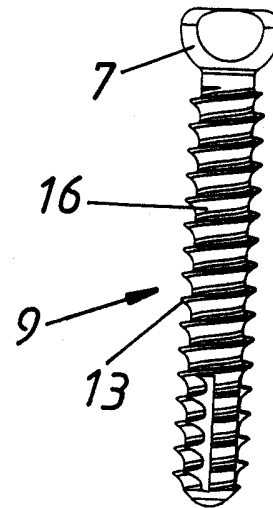


Fig. 5b

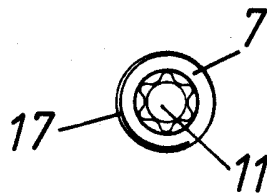


Fig. 6b

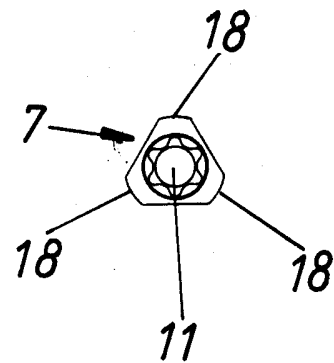


Fig. 7

