

» Gewindedesign von Schraubpfannen

Zusammenfassung. Problemstellung: Das Eindrehverhalten von Schraubpfannen und damit das Erreichen der geplanten Implantatposition wird bei Schraubpfannen entscheidend durch das Gewinde bestimmt. Eine umfassende Systematik zur Gewindegeometrie hat bisher gefehlt. **Methode:** Die Gewinde von 10 Schraubpfannen der ersten Generation und 27 Implantaten der zweiten Generation wurden nach Form, Steigung, Gangzahl, Spannutwinkel, Zahnreihen und -länge beurteilt und im Lichtschnittverfahren vermessen. **Ergebnisse:** Die Schraubpfannen der ersten Generation haben ein Spitz- oder Sägen- gewinde. Die Gewindetiefe ist durchschnittlich 3,1 mm, die mittlere Breite reicht von 0,9–3 mm. Die Gewinde sind vorwiegend eingängig. Die Anzahl der Umgänge reicht von eins bis sieben. Die Steigung erstreckt sich von 2,5–5 mm bei eingängigen, bei drei- und viergängigen Gewinden bis 20 mm. Die Anzahl der Zahnreihen beträgt zwischen 3 und 16. Die Schraubpfannen der zweiten Generation haben Spitz-, Sägen-, oder Flachgewinde. Die Gewindetiefe ist durchschnittlich 3 mm, die mittlere Breite reicht von 0,3–2,2 mm. Die Gewinde sind überwiegend eingängig. Die Anzahl der Umgänge beträgt zwei bis fünf. Die Steigung reicht bei eingängigen Gewinden von 2,5–6,2 mm. Die Anzahl der Zahnreihen beträgt zwischen 4 und 24. **Schlussfolgerungen:** Die einzelnen Gewindegeometrien der Schraubpfannen sind äußerst vielfältig und variabel kombiniert. Aktuelle Schraubpfannen haben eine schmale Spitz- bzw. Sägen- gewindeform oder ein Flachgewinde, eine Gewindetiefe bis 3 mm, bis zu 5 Umgängen und einer Steigung von ca. 4,5 mm.

Schlüsselwörter: Zementfreie Hüftendoprothetik – Schraubpfannen – Gewinde

Thread Designs for Threaded Cups. Introduction and aim of study: The screw-in behaviour and correct positioning of threaded cups is largely determined by the design of the thread. Up to now the various thread designs have not been systematically classified. **Methods:** The thread designs of 10 first generation and 27 second generation threaded cups were analyzed using a tool setter and a no-touch light section technique. The following parameters were evaluated: thread shape, pitch, number of turns, rows of teeth, tooth length and shape. **Results:** Threads of the first generation were V-cut or saw shaped. Thread depth was 3.1 mm on average; the mean width was 0.9–3 mm. Single-thread patterns predominated.

H. Effenberger¹, M. Imhof², U. Witzel³

¹ Grieskirchen, Österreich

² Rotkreuz, Schweiz

³ Institut für Konstruktionstechnik, Fakultät für Maschinenbau, Forschungsgruppe für Biomechanik, Ruhr-Universität Bochum, Deutschland

The number of turns ranged from 1–7; the pitch was from 2.5–5 mm (single thread), or up to 20 mm (triple and quadruple threads). Cups had 3–16 rows of teeth. Threads of the second generation are V-cut, saw or flat shaped. Thread depth is 3 mm on average; mean width ranges from 0.3–2.2 mm. 72% of the threads have single-thread patterns. The number of turns ranges from 2–5; the pitch is from 2.5–6.2 mm (single thread). Cups have 4–24 rows of teeth. **Conclusions:** There are many different thread patterns with widely varying parameters. Contemporary threaded cups have a narrow V-cut and saw shaped threads or flat thread with depths up to 3 mm, no more than 5 turns, and pitch values of approx. 4.5 mm.

Key words: Cementless hip arthroplasty – threaded cups – thread design

Einleitung

Der langfristige Erfolg von Schraubpfannen wird nicht nur vom verwendeten Implantat sondern auch von der Pfannenlage bestimmt. Das Erreichen der korrekten Position wird jedoch entscheidend vom Eindrehverhalten der Schraubpfannen, das von der verwendeten Gewindeform abhängig ist, bestimmt [2]. Da bisher eine umfassende Systematik zur Gewindegeometrie gefehlt hat, hatte der Operateur hinsichtlich der verwendeten Gewindeformen nicht die Möglichkeit, eine Differenzierung vorzunehmen.

Schraubpfannen der ersten Generation sind durch unbehandelte bzw. glatte Keramik-, Polyethylen-, Cobalt-Chrom- und Titanoberflächen gekennzeichnet. Bei der zweiten Generation sind die Oberflächen strukturiert und die Schalen beinahe ausschließlich aus Titan hergestellt. Bei Schraubpfannen der dritten Generation werden modulare Metall-, Keramik- oder modifizierte Polyethyleninserts verwendet (Tab. 1).

Als entscheidendes Ziel bei der Verankerung von orthopädischen Implantaten im Knochen gilt das Erreichen der Primärstabilität. Im Laufe der Entwicklung zeigte sich die Fixation von Implantaten im menschlichen Knochen als ein erhebliches Problem. Bei der Lösungsfindung stellte sich heraus, dass zwangsläufig auf die in der Technik bereits bekannten und bewährten Verbindungsarten zurückgegriffen werden musste. Die herkömmliche Verwendung von Gewinden bei zylindrischen Schrauben stellte sich als fast unüberwindbares Hindernis bei der Anwendung auf nicht zylindrische Grundkörper wie Schraubpfannen dar. Bei korrekter Anwendung ist

Tab. 1 Schraubpfannen

1. Generation (ab 1974) unbehandelte bzw. glatte Keramik, Co-Cr-, Polyethylen-, Titanoberfläche Polyethyleneinsätze tw. Gewindevorschneiden	2. Generation (ab 1985) strukturierte Oberfläche Polyethyleneinsätze Gewindemodifikationen	3. Generation (ab 1990) strukturierte Oberfläche Keramik-, Metall-, modifizierte Polyethyleneinsätze bioaktive Beschichtungen Gewindemodifikationen
Autophor Endler Leer Lindenhof Lord Mecring Mecring B PM SC titane back SHEP	ACA Alloclassic CSF ALPHA-Konispähr Axis I BICON PLUS BICON PLUS Porose CLW CST-2 Endler-metal backed Hofer-Imhof (H-I) konische Schraubpfanne n. Wagner Konusring Plasmapore MC MT Omnifit Rotacup Rotacup 3 SC Pfanne Schraubpfanne n. Bösch Schraubring Modell München (2. Gen.) Schraubring SC Secos S Typ K (2. Gen.) Typ V (2. Gen.) Typ V – Mod. Bramstedt Ultima Zweymüller	ACA (Metasul®) Alloclassic CSF Zweymüller (Metasul®) Axis I (Keramik) BICON PLUS (Metall) BICON PLUS Porose (Metall) H-I – Ce/Ce (Keramik), Me/Me (Metall) konische Schraubpfanne n. Wagner (Metasul®) Rotacup 3 (Keramik) Schraubring SC (Keramik)

die Schraubverbindung bei Hüftpfannen eine der besten Möglichkeiten, die Implantate stabil im Acetabulum zu verankern.

Das wesentliche Merkmal einer Schraube ist das Gewinde (Abb. 1). Die dazugehörigen Bezeichnungen sind nach ISO genormt [4]. Wird eine Schraube durch eine Umfangskraft bewegt, so entspricht dies der Bewegung eines Körpers auf einer schiefen Ebene. Die Gewindegänge winden sich mit der Steigung P um den zylindrischen Kern. Die Abwicklung des Gewindeganges am Flankendurchmesser ergibt ein Dreieck mit den Katheten P und $U = d_2 \times \pi$ (d_2 = mittlerer Flankendurchmesser). Daraus ergibt sich der Steigungswinkel α . Dieser ist abhängig vom mittleren Flankendurchmesser und von der Steigung ($\tan \alpha = P/d_2 \times \pi$) (Abb. 2).

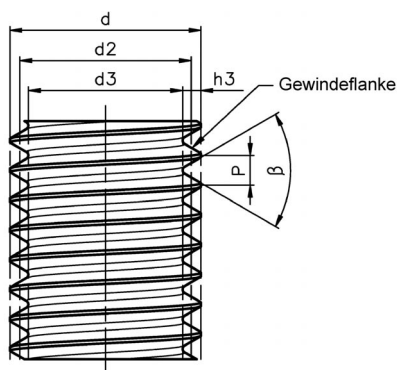


Abb. 1 Bezeichnung eines Gewindes nach ISO (d = Außendurchmesser, d2 = mittlerer Flankendurchmesser, d3 = Kerndurchmesser, beta = Flankenwinkel, h3 = Gewindetiefe, P = Steigung).

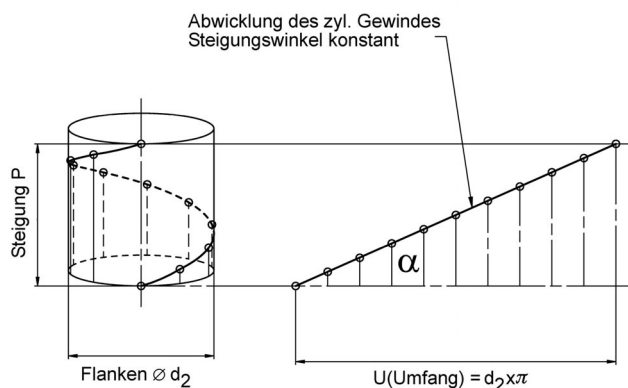


Abb. 2 Abwicklung eines Gewindes.

Die Gewindearten werden in der Technik nach Verwendungszweck, Gewindeprofil, Gangrichtung (Drehsinn) und Gangzahl unterschieden. Nach der Funktion werden die Gewinde in Befestigungs- und Bewegungsgewinde eingeteilt. Befestigungsgewinde sind vorwiegend Spitzgewinde. Die üblichen Befestigungsgewinde besitzen ein dreieckförmiges Profil. Bewegungsgewinde oder Transportgewinde sind meist Trapez- oder Flachgewinde.

Hinsichtlich der Gewindearten (Abb. 3) ist das metrische Spitzgewinde das verbreitetste. Das Trapezgewinde entspricht einem abgeschrägten oder verkürzten Spitzgewinde. Das

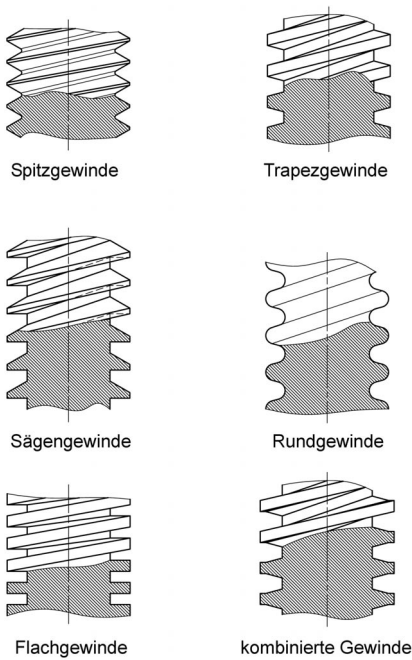


Abb. 3 Gewindearten.

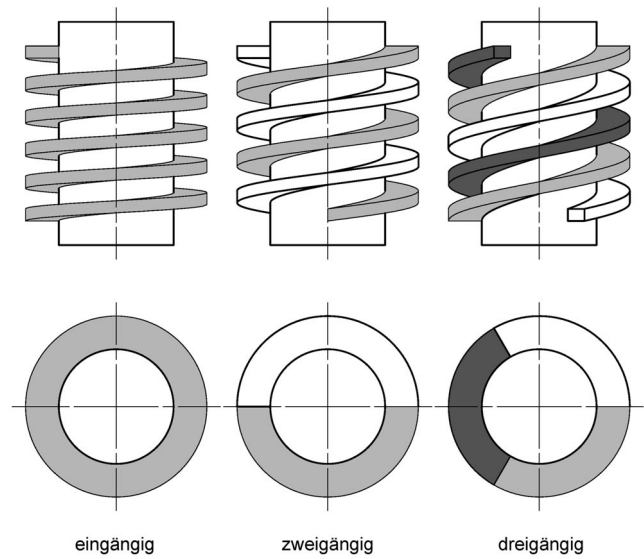


Abb. 5 Gangzahl.

genormte *Sägewinde* hat ein asymmetrisches Gewindeprofil. Beim Flachgewinde stehen die Zahnflanken rechtwinkelig zur Gewindeachse. Bei der Gangrichtung wird zwischen *Rechts-* und *Linksgewinde* unterschieden (Abb. 4). Das Gewinde steigt in der Richtung an, wie es benannt wird. Gewinde können ein- oder mehrgängig angewendet werden.

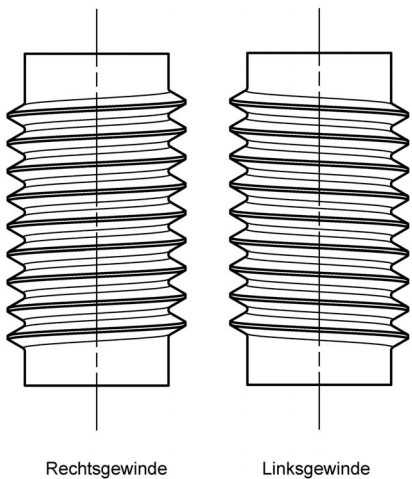


Abb. 4 Rechts/Linksgewinde.

Die *Gangzahl* (Abb. 5) entspricht der Anzahl von Gewindeanfängen.

Der wesentliche Unterschied bezüglich Gewinden normaler Schrauben und Schraubpfannen liegt darin, dass der rotationssymmetrische Grundkörper der Pfannen nicht zylindrisch ist. Ein Gewinde funktioniert nur dann, wenn der Gewindesteigungswinkel und die Gewindebreite konstant sind. Ändert sich aber die zylindrische Außenform, stimmen die beiden Voraussetzungen nur noch bei bestimmten Gewindeprofilen.

Da sich der Durchmesser auf einem Konus oder einer Halbkugel ändert, die Steigung aber gleich bleibt, ändert sich zwangsläufig auch der Steigungswinkel, d. h. die Gewindeabwicklung (Kathete) ist keine Gerade mehr. Von den beiden Größen, Durchmesser und Steigung, die zu einem linearen Steigungswinkel führen, sind nicht mehr beide konstant, sondern nur noch die Steigung. Schrauben (Schraubschale) und Mutter (Knochen) verkleben deshalb.

Der zweite Grund des Verklebens ist die unterschiedliche Gewindebreite bei gleichem Durchmesser. Beim zylindrischen Gewinde ist die Gewindebreite am gleichen Durchmesser immer konstant. Das bedeutet, dass beim Eindrehen der Schraube der nachfolgende Gewindeteil immer gleich dem vorangegangenen ist. Bei nicht zylindrischen Schraubpfannengewinden wie Spitz-, Trapez-, Sägen-, Rund- oder auch kombinierten Formen ist der nachfolgende Gewindeteil breiter und höher. Dies bedeutet wiederum, dass jeder Zahn an der Schneidfläche ein bestimmtes Profil schneidet, aber der unmittelbar folgende Teil bereits wieder breiter und höher ist und deshalb verklebt (Abb. 6).

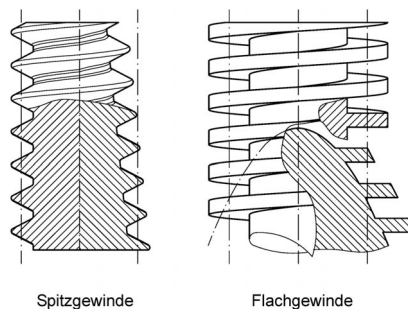


Abb. 6 Gewindevergleich zylindrisch – konisch.

Die beiden aufgezeigten Kriterien sind natürlich auch materialabhängig. In der Spongiosa wirken sie sich kaum aus, da das vergrößerte Zahnvolumen den Knochen einfach verdrängt. Bei unterschiedlichen Knochenverhältnissen wird die Pfanne zwangsläufig in die weichere Zone nach kaudal verdrängt und hat kranial keinen ausreichenden Knochenkontakt. Bei harten, sklerosierten Verhältnissen können nicht zylindrisch funktionierende Gewinde relativ früh verblocken und die Pfanne ist vor dem Erreichen der gewünschten Endposition absolut fest [1,10].

Die Wahl eines Gewindeprofils (Abb. 7) hängt im Wesentlichen vom Verwendungszweck ab. Da Schraubpfannen eine stabile Fixation aufweisen müssen, d. h. fest angezogen sein sollten, ist es nahe liegend, dass sie ein Spitzgewinde aufweisen. Da dieses aber nur bei zylindrischen Schrauben einwandfrei funktioniert, entsteht ein Dilemma, das sich in einer großen Gewinde- und Zahnvielfalt widerspiegelt. Die überdrehten, d. h. bearbeiteten Spitzgewinde sind eigentlich Trapezgewinde und weisen gegenüber den Spitzgewinden eine Reduktion der Gewindeflächen auf, wobei aus einem Dreieck ein Trapez wird. Dabei sind die Grenzen der beiden Arten fließend. Überkippte Gewindeformen entstehen durch die spezielle Ausrichtung der Zahnflanken bezogen auf die Schalenachse. Beim genormten Sägewinde steht eine Gewindeflanke nahezu senkrecht zur Schalenachse. Die drei erwähnten Gewindeprofile haben den Nachteil des Verklemmens. Dies hängt vom Konuswinkel des Pfannengrundkörpers oder des Tangentenwinkels am sphärischen Grundkörper ab. Je größer dieser Winkel bezüglich der Schalenachse ist, desto größer ist die Durchmesserzunahme der Gewindespirale auf der Grundkörperoberfläche, d. h. Pfannen mit größerem Konuswinkel verklemmen mehr, ebenso wie polnahe Gewindeanteile auf sphärischen Pfannen mehr verklemmen als äquatornahe. Andererseits hängt die Verklemmung vom Winkel der beiden Zahnflanken ab. So haben Gewinde mit stumpfem Zahnflankenwinkel eine höhere Reibung an den Zahnflanken, da der Zahn stumpfer in den Knochen gepresst wird als bei spitzen Winkeln und dadurch die zu verdrängende Knochenmasse größer ist. Die Evolution der Schraubpfannengewinde zeigt dies sehr deutlich. Die ersten Schraubpfannen hatte Gewinde mit langen Zähnen (Lindenhof, Autophor) oder keine Zähne (Endler), aber mit Gewindevorschneiden. Damit der Gewindeschneider sich eindrehen ließ, hatte er nur wenig Schneidezähne, aber große Spannuten, wodurch ein exaktes Gewindevorschneiden nicht immer möglich war. Die danach verwendeten selbstschneidenden Pfannen hatten ein Gewinde, aber mit Zähnen, ohne dass das Gewinde vorgeschneiden werden musste. Diese Pfannentypen wiesen relativ lange Schneidezähne und große Gewindeflankenwinkel auf und ließen sich nur schwer eindrehen. Das Drehmoment nahm beim Eindrehen derart zu, dass sich die Pfannen oft festklemmten (Zweymüller). Die Erkenntnis dieser Problematik führte zu Gewindemodifikationen mit Verkürzung der Gewindelänge bzw. Verschmälerung der mittleren Zahnbreite. Um das Problem bei nicht zylindrischen Spitzgewinden zu umgehen, wurden zylindrische Gewinde gewählt, die sphärisch (z. B. ACA) überdreht werden. Sie vermitteln den Eindruck eines sphärischen bzw. konischen Gewindes, funktionieren aber wie ein zylindrisches Gewinde und verklemmt daher nicht. Bei gleichem Durchmesser ist die Gewindebreite konstant. Ebenso verhält es sich z. B. beim Flachgewinde (Hoferlmhof). Hier ist die Zahnbreite immer konstant (Abb. 6, 11).

Flachgewinde können parabol, konisch oder zylindrisch überdreht sein. Da die Reibung zwischen Zahnflanke und Knochen vom Zahnflankenwinkel abhängt, ist es naheliegend, dass bei kleiner werdenden Flankenwinkeln die Reibung abnimmt und bei einem Flankenwinkel von null auf die Rauigkeitsreibung reduziert ist. Als Bedingung gilt allerdings, dass die Zahnflanken rechtwinklig zur Schalenachse stehen.

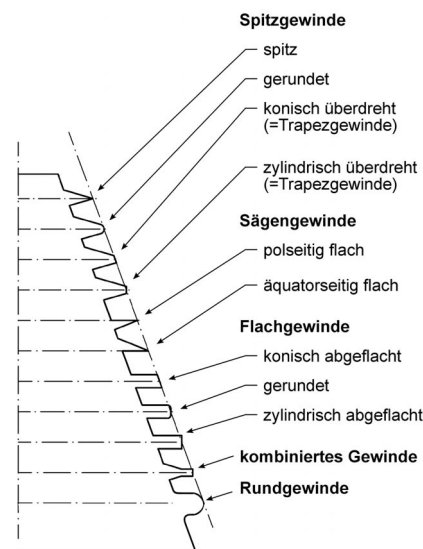


Abb. 7 Gewindeprofile.

Die Definition der Zahnhöhe bzw. Gewindetiefe (Abb. 8) ist bei Schraubpfannen viel komplexer als bei zylindrischen Schrauben und wird rechtwinklig zur Schalenachse gemessen. Das Maß ist bei streng konischem Grundkörper immer gleich. Die mittlere Zahnbreite (Abb. 8) ist der Durchmesser des Gewindezahns der am mittleren Flankendurchmesser gemessen wird. Die Weite des Gewindes wird als Abstand zwischen zwei Gewindegängen definiert und auf der Höhe der mittleren Flankendurchmesser (Abb. 9) gemessen. Die Gangzahl ist eng mit der Steigung (Abb. 9) und dem Steigungswinkel verbunden. Die Steigung eines Gewindes ist der parallel zur Gewindeachse gemessene Abstand aufeinanderfolgender Windungen der gleichen Schraubenlinie.

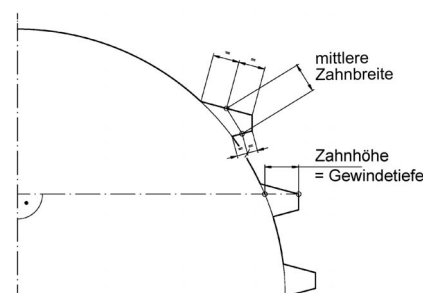


Abb. 8 Zahnhöhe.

Ergebnisse

Schraubpfannen 1. Generation

Die Gewindeprofile weisen vorwiegend ein Spitzgewinde auf. Vier Schalen haben ein Sägewinde (Lindenhof, Lord, Mecring, Mecring B). Die Gewindetiefe beträgt im Durchschnitt 3,1 mm. Die geringste Tiefe liegt bei der PM Pfanne mit 2,3 mm vor. Die größte Tiefe (4,0 mm) weisen die Lindenhof- und Endler-Pfannen auf. Die überwiegende Zahl von Implantaten hat eine konstante Gewindetiefe, beim Mecring ist sie äquatorseitig kontinuierlich zunehmend.

Die mittlere Zahnbreite beträgt durchschnittlich 2 mm und reicht von 1 mm (Mecring) bis 3 mm (Autophor, Lindenhof, Endler). Bei ca. zwei Drittel der Pfannen ist das Gewinde eingängig. Es gibt zwei zweigängige (SHEP, SC titane back), jedoch nur eine drei- (PM) bzw. viergängige (Lord) Schale. Bei den eingängigen Gewinden variiert die Anzahl der Umgänge zwischen drei (Lindenhof) und sieben (Mecring), durchschnittlich sind es 4,2. Die Steigung beträgt bei eingängigen Gewinden im Durchschnitt 4,8 mm. Zweigängige Gewinde weisen eine Steigung von 10,8 mm (SC titane back) bis 13 mm (SHEP) auf. Dreigängige Gewinde (PM) haben eine Steigung von 15,6 mm. Die größte Steigung (20 mm) weist die Lord-Schale auf, die viergängig ist, die geringste der Mecring (3,1 mm). Die Anzahl der Zahnreihen variiert von drei (Lindenhof) bis 16 (Lord). Die Zahnlänge ist im Durchschnitt 17,7 mm. Die längsten Gewindegänge hat die Lindenhof-Pfanne (41 mm), die kürzesten der Mecring (4 mm).

Die Spannbreite reicht von 2 mm (PM) bis 15 mm (Mecring B), durchschnittlich beträgt sie 7,9 mm. Ein durchgehendes Gewinde weist die Endler-Pfanne auf. Der Spannwinkel ist bei ca. drei Vierteln 0° . Der größte Winkel liegt bei der SHEP Pfanne mit 30° vor. Der Spannwinkel ist bei 2 Schalen positiv, bei einer Schale negativ.

Schraubpfannen 2. Generation

Die Profile der Gewinde weisen vorwiegend ein Spitzgewinde auf ($n = 17$). Vier Schalen haben ein Flachgewinde (Abb. 6, 7, 11; Hofer-Imhof) oder nahezu ein Flachgewinde (CST-2, Rotacup, Rotacup 3). Bei den Sägewinden sind die Gewinde entweder polseitig (Bicon Plus, Bicon Plus Porose, Konusring Plasmapore, Schraubring SC, Omnifit) oder äquatorseitig (Schraubpfanne nach Bösch) flach.

Die Gewindetiefe beträgt im Durchschnitt 3,0 mm. Die geringste Tiefe liegt bei der Bicon Porose Schale (2. Gewindegang) mit 1,2 mm vor. Die größte Tiefe (5,1 mm) weist der polseitige Gewindegang der Secos S Schale auf. Die überwiegende Zahl von Implantaten hat eine konstante Gewindetiefe, lediglich bei 4 Schalen ist sie polseitig (Rotacup, Secos S) oder äquatorseitig (ACA, Schraubpfanne nach Bösch) kontinuierlich zunehmend.

Die mittlere Breite beträgt durchschnittlich 1,2 mm, reicht von 0,3 mm (Bicon Plus Porose, 2. Gewindegang) bis 2,2 mm (Konusring Plasmapore) und ist vorwiegend konstant, in wenigen Fällen variabel (ACA 0,6–1,7 mm, Typ K 1,6–2,1 mm). Bei ca. 72% ist das Gewinde eingängig. Es gibt sieben zweigängige Schalen. Bei den eingängigen Gewinden variiert die

Anzahl der Umgänge zwischen zwei (ACA) und fünf, im Durchschnitt sind es vier. Die Steigung beträgt im Durchschnitt 4,5 mm. Die größten Steigungen (6,2 mm) weisen die Typ K und Typ V, die geringste die Omnifit Schale (2,5 mm) auf. Diese ist bis auf Typ K, Typ V und Typ V (Mod. Bramstedt) konstant. Zweigängige Gewinde haben eine Steigung von 6–10 mm. Die Anzahl der Zahnreihen variiert von vier (ALPHA konisphär) bis 24 (Bicon). Die Zahnlänge ist im Durchschnitt 11,6 mm. Die längsten Gewindegänge hat die konische Schraubpfanne n. Wagner (20 mm), die kürzesten die Bicon Schale (5 mm).

Die Spannbreite reicht von 1,5 mm (Rotacup) bis 15 mm (ACA), durchschnittlich beträgt sie 6,5 mm. Der Spannwinkel ist bei ca. 76% der Schalen 0° . Der größte Winkel liegt bei der Ultima-Schale mit 45° vor. Der Spannwinkel ist bei 4 Schalen positiv, bei 2 Schalen negativ. Die Spannform ist bei 32% rund, in 20% rechteckig bzw. dreieckig und in ca. 28% trapezförmig.

Diskussion

Erstmals hat Mittelmeier ein Patent für eine Schraubpfanne angemeldet [7]. Gewinde mit Vorschnitt fanden jedoch nur bei der ersten Schraubpfannengeneration Anwendung. Dies war durch die sehr stumpfe Form des Spitzgewindes (Autophor, PM) und das Material (Endler) erforderlich. Die anfänglich verwendeten großen mittleren Breiten von ca. 3 mm werden heute nicht mehr eingesetzt und verringerten sich auf durchschnittlich 1,2 mm. Die Gewindeprofile weisen sowohl in der ersten wie auch zweiten Generation vorwiegend Spitzgewinde auf. Die derzeit verwendeten Flachgewinde haben eine mittlere Breite von ca. 1,1 mm (Abb. 11).

Die *Gewindetiefe* blieb mit durchschnittlich 3 mm unverändert. Diese Tiefe ist zum Durchdringen der subchondralen Sklerose notwendig, da die Gewindespitzen die Kontaktstellen für neue Knochen trabekel sind.

Die *Gangzahl* hat im Laufe der Entwicklung variiert. Dreigängige und viergängige Gewinde fanden nur bei der 1. Generation Anwendung. Derzeit werden vorwiegend eingängige Gewinde verwendet. Ausnahmen stellen dazu die zweigängige Bicon Plus Porose-, die CLW-, die Secos S Schale und der Schraubring München dar.

Die Schalen der 1. Generation hatten wenig *Zahnreihen* dafür eine größere Zahnlänge. Die Anzahl der Zahnreihen variiert in beiden Generationen erheblich und bedingt auch die Zahnlänge. Sie verringert sich von durchschnittlich 17,7 mm auf 11,6 mm, ebenso wie die Spannbreite (von 7,9 mm auf 6,5 mm). Der große Unterschied der *Spannbreite* ist sowohl bei Schraubpfannen der ersten Generation als auch bei aktuellen Schraubpfannen gegeben.

Das *Eindrehverhalten* einer Schraubpfanne ist von der Gewindegeometrie abhängig. Die Kombination der bei den Schraubpfannen eingesetzten Gewindeformen ist vielfältig. Die einzelnen Variablen eines Gewindes gestalten es schwierig, die Bedeutung der einzelnen Faktoren zu differenzieren. Durch das Aufspreizen bzw. Zusammenpressen des Knochens entsteht beim Einschrauben der spitzen Gewindeformen eine Spannung am Gewinde (Abb. 12). In den Versuchen von Kody

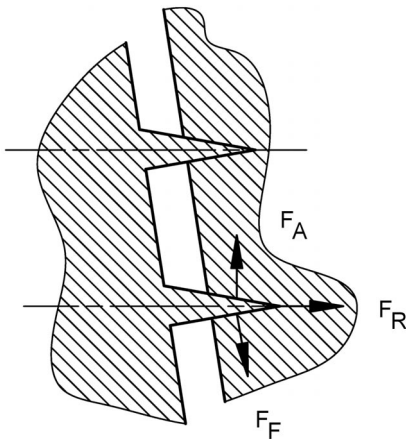


Abb. 12 Kräfte am Gewinde
(F_A = Axiale Kraft,
 F_F = Flankenkraft,
 F_R = Radiale Kraft).

[5] und den dazu selbst durchgeführten Messungen [2] zeigt das Spitzgewinde hohe Eindrehmomente und Kippstabilität. Lokal entsteht Vorspannung an beiden Gewindeflanken. Bei Unterbrechung des Einschraubvorganges entsteht beim Spitzgewinde ein Reibschluss hinsichtlich der Drehbewegung, jedoch nur äußerst reduziert beim Flachgewinde. Nach vollzogener Implantation wirken auf der lateralen Seite des Gewindeganges eine Vorspannung (Einschraubkraft) und unter funktioneller Belastung durch die Gelenkkraft eine Belastung der medialen Seite.

Bei den bekannten Spitzgewinden kommt es zu Knochenverdrängungen, Raspelvorgängen und Reibungseffekten. Das durch die Verdrängungswirkung von Spitzgewinden entstehende Eindrehmoment kann durch eine Änderung der Schneidenanordnung reduziert werden [9]. Beim Flachgewinde gibt es keine Knochenverdrängung [3]. Es hat eine geringere Flankenreibung als andere Gewindeprofile. Zweymüller [10] fand bedingt durch die Gewindegeometrie des Spitzgewindes einen unvollständigen Pfannenboden-Knochen-Kontakt, teilweise wurde die Pfanne verkippt zur Einschraubrichtung eingebracht. Eigene Untersuchungen mit diesem Pfannentyp zeigen analoge Ergebnisse, jedoch keinen Einfluss auf die klinisch-radiologischen Ergebnisse [1]. Die Modifizierung der Pfanne brachte hinsichtlich des Pfannenboden-Knochenkontaktes eine Verbesserung der Ergebnisse [11]. Zur Zeit werden bei den Gewinden Spitzgewinde mit kleiner Gewindebreite, Sägewinde oder Flachgewinde verwendet. Eine Beschreibung hat dazu Witzel [8] angegeben.

Da bei verschiedenen *Sägewinden* die senkrecht zur Schalenachse stehenden Gewindeflanken sowohl äquatorseitig als auch polseitig horizontal ausgerichtet sind, wird der Einfluss auf die Funktion beim Eindrehen, wie auch bei wechselseitiger Belastung, unterschiedlich beurteilt.

Die Bedeutung des *Spannutwinkels* wird verschieden eingeschätzt, da aktuelle Schraubpfannen sowohl ohne als auch mit positivem oder negativem Spannutwinkel konstruiert werden.

Die gerundete *Gewindebasis* vermehrt das Einschraubvolumen und erhöht den Einschraubwiderstand. Der Gewindezahn und die Schale werden zudem versteift. Biologisch muss ein runder Radius günstiger als eine eckige Form angesehen

werden. Da das Eindrehverhalten von Schraubpfannen wesentlich durch die Gewindegeometrie beeinflusst wird, ist diese Kenntnis für den Operateur, Biomechaniker und Medizintechniker entscheidend.

Die einzelnen Gewindegeometrien der Schraubpfannen sind äußerst vielfältig und variabel kombiniert. Aktuelle Schraubpfannen haben eine schmale Spitzgewindeform bzw. ein Flachgewinde mit einer Gewindetiefe bis 3 mm, bis zu vier Umgänge und eine Steigung von ca. 5 mm.

Literatur

- 1 Effenberger H, Ramsauer T, Kisslinger E, Berka J. Konzepte, Ergebnisse mit der Zweymüller Schraubpfanne. In: H. Effenberger (Hrsg.): Schraubpfannen. Steinkopff, Darmstadt 2001
- 2 Effenberger H, Schwarz M, Witzel U, Scheller G, Kisslinger E. Eindrehverhalten und Kippstabilität von Schraubpfannen. In: H. Effenberger (Hrsg.): Schraubpfannen. Steinkopff, Darmstadt 2001
- 3 Imhof M. Endoprothese für eine Hüftgelenkspfanne. Schweizer Patentanmeldung 4364187 vom 9. 11. 1987
- 4 Klein M. Einführung in die DIN-Normen. 7. Auflage. Teubner, Stuttgart 1977
- 5 Kody MH, Kabo JM, Markolf KL, Dorey FJ, Amstutz HC. Strength of initial mechanical fixation of screw ring acetabular components. Clin Orthop 1990; 275: 146–153
- 6 Lintner F, Huber M, Böhm G, Attems J, Wais R. Der Schneid-Schleifeffekt als wichtiger Parameter zur ossären Einheilung zementfreier Pfannen. In: K. Zweymüller, (Hrsg.): 15 Jahre Zweymüller-Hüftendoprothese. III. Wiener Symposium. Huber, Bern 1996
- 7 Mittelmeier H, Karpf K, Moser H. Selbsthaltende Hüftgelenkprothese. Patentschrift CH 568 753. 1973
- 8 Witzel U. Mechanische Integration von Schraubpfannen. Ein Beitrag zur hüftendoprothetischen Versorgung. Thieme, Stuttgart 1996
- 9 Witzel U. Schraubpfanne für ein künstliches Hüftgelenk. Patentanmeldung DE 197 27 846, 9. 1997
- 10 Zweymüller K, Samek V. Radiologische Erkenntnisse der Titaniumpfanne. In: K. Zweymüller (Hrsg.): 10 Jahre Zweymüller-Hüftendoprothese. Huber, Bern 1990; 35–46
- 11 Zweymüller K, Deckner A, Kupferschmidt W, Steindl M. Die Weiterentwicklung der konischen Schraubpfanne. Med Orth Tech 1994; 114: 223–228

Dr. med. Harald Effenberger

Rossmarkt 25
4710 Grieskirchen, Österreich
Tel. 0043 664 2034680
Fax 0043 7248 62903
E-mail: H.Effenberger@telering.at