

## Moderne Zementiertechnik: Grundlage für den erfolgreichen Kniegelenkersatz

Die zementierte Verankerung von Knie-Totalendoprothesen gilt als Standard bei der Versorgung mit Kniegelenkersatz. Voraussetzung für den Therapieerfolg ist die Anwendung moderner Verfahren der Zementiertechnik, die unter anderem das Eindringen des Zements in den Knochen verbessern und so die Primärstabilität der Prothese erhöhen. Mit der Kombination der verschiedenen Elemente der modernen Zementiertechnik sind optimale Zementierungsergebnisse und lange Prothesen-Standzeiten erreichbar.

Insbesondere skandinavische Registerdaten belegen, dass die zementierte Endoprothese im Vergleich zur zementfreien Verankerung einer Knie-Totalendoprothese (Knie-TEP) das Revisionsrisiko vermindert und die Standzeit der Prothese verlängert. Die Überlegenheit der zementierten Knie-TEP hat dazu geführt, dass in Skandinavien und Großbritannien seit Mitte der 1980er Jahre Knie-TEP fast ausschließlich zementiert werden. Daten des schwedischen Knieendoprothesen-Registers zeigen ein um den Faktor 1,4 signifikant erhöhtes Revisionsrisiko der unzementierten

gegenüber der zementierten Knie-TEP (Abb. 1) (95 % Konfidenzintervall: 1,1–1,9;  $p=0,01$ ) (1). Auch im finnischen Register zeigte sich, dass die Kombination aus zementierter Knie-TEP mit lokaler und systemischer Antibiotikaphylaxe das Revisionsrisiko senkt (2).

Als weitgehend gesichert gilt, dass sich ein geringeres Revisionsrisiko günstig auf die Standzeiten von Knie-TEP auswirkt. Darauf weisen nicht zuletzt die Ergebnisse einer Reihe von präklinischen und klinischen Studien hin. Eine Metaanalyse von

### Elemente der modernen Zementiertechnik am Knie

- Blutsperre
- Anbohren der sklerotischen Knochenflächen
- Pulse-Lavage
- Trocknen der Knochenfläche vor der Zementierung
- Verwendung eines Vakuummischsystems
- Zweizeitige Zementierung der beiden Knie-TEP-Komponenten
- Einpressen des Knochenzements in die Spongiosa
- Entfernen aller überschüssigen Zementreste

15 randomisierten Studien und Beobachtungsstudien ergab längere Standzeiten für Knie-TEP mit zementierter Verankerung im Vergleich mit zementfrei verankerten Prothesen (95 % Konfidenzintervall: 2,7–6,5,  $p<0,0001$ ) (3).

### Vorteile der modernen Zementiertechnik

Die eingesetzte Zementiertechnik entscheidet wesentlich über den nachhaltigen Operationserfolg. Zu den Vorteilen der zementierten Verankerung von Knie-Prothesen zählt für den Patienten vor allem die von Beginn an gegebene Stabilität der sofort voll belastbaren Prothese. Knochenzement gleicht Unebenheiten

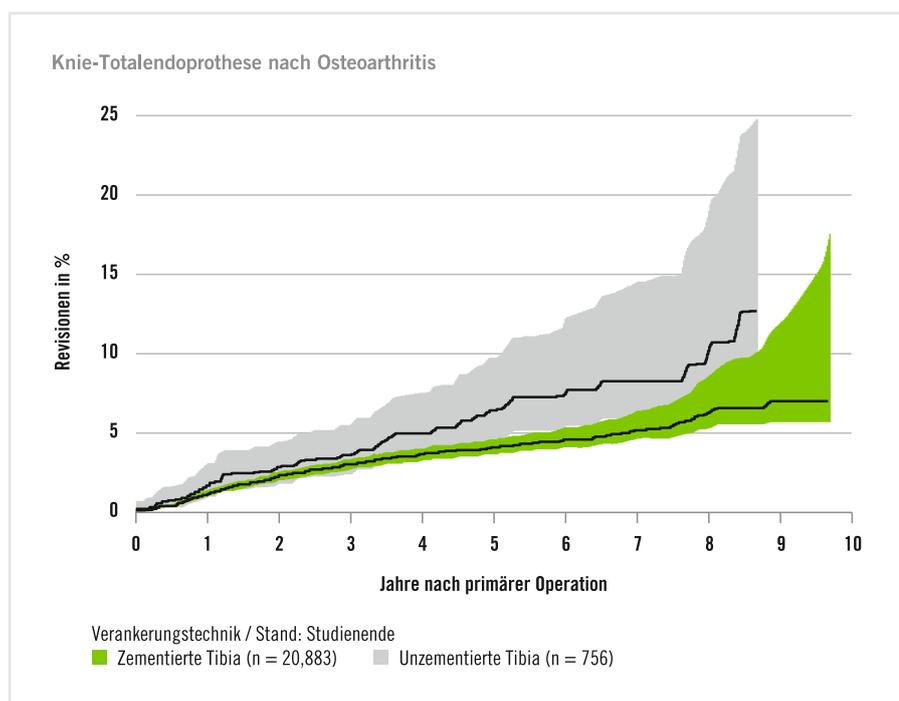


Abb. 1: geringeres Revisionsrisiko bei zementierter Knie-TEP (1)

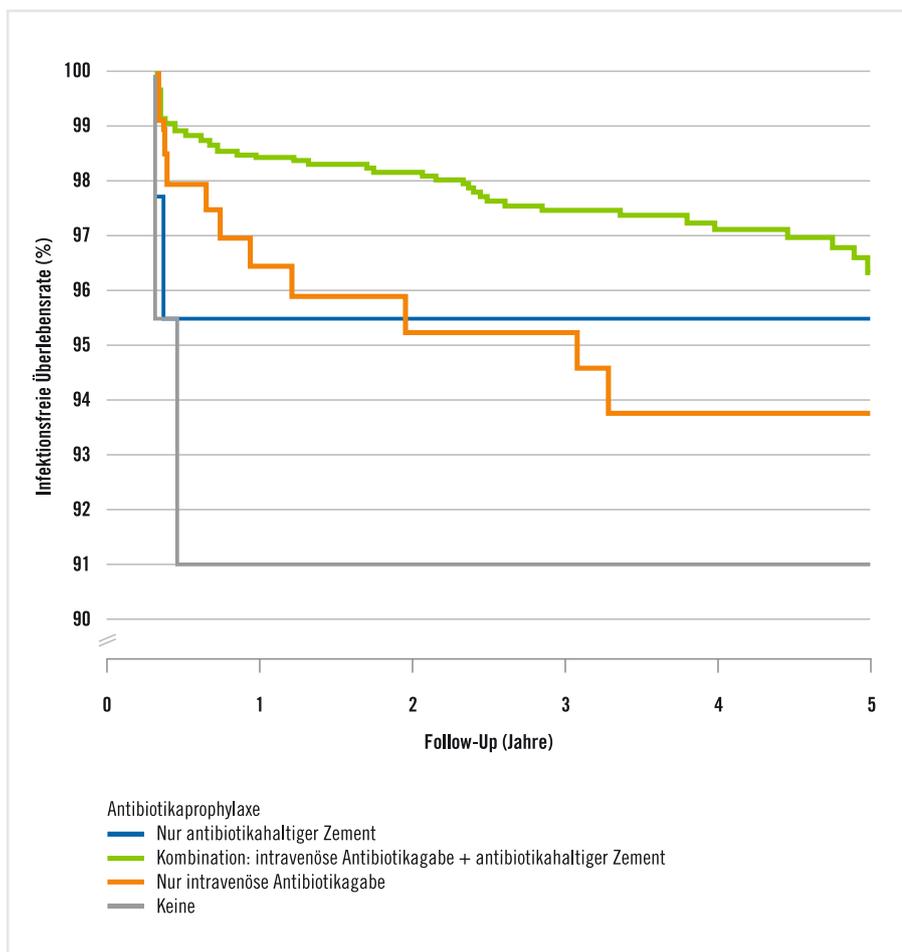


Abb. 2: Senkung des Revisionsrisikos bei Knie-TEP durch Kombination von lokaler und systemischer Antibiotikaphylaxe (2)

umgebender Strukturen aus, verbindet das Implantat fest mit dem Knochen und verteilt die Drucklast (4). Der Einsatz antibiotikahaltigen Knochenzements vermindert zudem die Gefahr einer aseptischen oder septischen Lockerung der Knie-TEP durch Reduktion des Infektionsrisikos (Abb. 2) (2, 5–7).

Wie die Entwicklung der Hüftendoprothetik eindrucksvoll zeigt, lässt sich das Ergebnis des Gelenkersatzes durch moderne Verfahren der Zementiertechnik hinsichtlich Standzeit und Revisionsrisiko klar verbessern. Dies gilt es auch in der Knieendoprothetik konsequent umzusetzen. Entscheidendes Ziel ist die bessere Verzahnung von Knochen und Knochenzement durch das ausreichende Eindringen des Zements in die Spongiosa.

Im Folgenden werden die Elemente der modernen Zementiertechnik beschrieben:

### Knochenflächen vorbereiten

#### Blutsperranlage

Viele Chirurgen legen intraoperativ eine Blutsperranlage an, um ein blutleeres Operationsfeld zu erzielen (8). Dies erleichtert die Platzierung des Implantats und hilft, einen besseren Kontakt zwischen Knochen und Zement zu erreichen (9). Selbst wenn die Blutsperranlage nicht für die gesamte Dauer der Operation eingesetzt wird, etwa bei Patienten mit hohem Thromboembolierisiko oder wenn postoperative Paresen und Schmerzen vermieden werden sollen (10, 11), sollte für die eigentliche Zementierung

eine Blutsperranlage angelegt werden. Diese Maßnahme verfolgt zwei Ziele: Zum einen tritt kein Blut mehr aus der Spongiosa aus, das ein tiefes Eindringen des Knochenzements in den Knochen beeinträchtigen könnte. Zum anderen besteht keine Gefahr einer Vermischung von Zement mit Blut und damit einer Beeinträchtigung der mechanischen Eigenschaften des Knochenzements.

#### Sklerotische Flächen anbohren

Die gerade im Rahmen der Gonarthrose typischen sklerotischen Knochenflächen können die Verzahnung des Zements mit dem Knochen beeinträchtigen. Diese Flächen müssen daher mit dem Bohrer angefrischt werden. Dabei sollten mehrere Bohrlöcher angelegt werden, die eine bessere Verzahnung gewährleisten (12). Hierbei ist weniger die Tiefe der Bohrlöcher entscheidend als vielmehr das Verhältnis von Dicke des Bohrers zur Tiefe des Bohrlochs. Amiryfez et al. konnten an bovinen Femora nachweisen, dass eine höhere Porosität des Knochens mit einer höheren Scherfestigkeit einhergeht (13). Entsprechend zeigte sich, dass das Bohren von Löchern im Bereich des Acetabulums vor der Zementierung die Widerstandsfähigkeit des Knochens gegenüber Torsionen erhöht (14).

### Knochenbett reinigen und trocknen

#### Pulse-Lavage

Die Knochenbettreinigung mit einem Pulse-Lavage-System hat sich zu einem ausschlaggebenden Aspekt der modernen Zementiertechnik entwickelt (15). Die Pulse-Lavage entfernt Blut, Debris und Fett sicher und schafft durch das tiefere Eindringen des Zements in die Spongiosa das Fundament für ein stabiles Interface zwischen Zement und Knochen (16–19). Dies belegen auch Daten einer experimentellen Studie an präparierten Tibiae, nach denen für die Knie-TEP eine Zunahme der Eindringtiefe des Zements

nach Pulse-Lavage gegenüber einer Spülung mit der Spritze dokumentiert werden konnte (20). Daraus resultiert eine signifikant erhöhte Festigkeit der zementierten Komponenten. Weitere Untersuchungen unterstreichen die Bedeutung der Pulse-Lavage anhand radiologischer Kriterien. So zeigten sich die für Prothesenlockerungen typischen Aufhellungslinien bei 22% der Patienten, deren tibiales Knochenbett mit Spritzen gespült wurde, aber nur bei 4% der Patienten, bei denen eine Pulse-Lavage eingesetzt wurde (21). Die radiologisch bestimmte mediane Eindringtiefe des Zements in den Knochen betrug in dieser Studie 2,6 mm gegenüber 1,5 mm ohne Pulse-Lavage. Wie für die Hüfte gezeigt werden konnte, reduziert die Knochenbettreinigung mit Pulse-Lavage zudem das mit der Zementkompression verbundene Risiko von Embolien und kardiorespiratorischen Komplikationen (22).

### *Trocknen des Knochenbetts*

Ist das Knochenbett trocken, dringt Knochenzement tiefer in die Spongiosa ein (23). Nach dem Einsatz einer Pulse-Lavage und dem Absaugen der Spülflüssigkeit sollte das Knochenbett daher zusätzlich trocken getupft werden. Auch das Trocknen des Knochenbetts zählt zu den etablierten Elementen der modernen Zementiertechnik, wie eine Umfrage unter britischen Orthopäden verdeutlicht (24). In jedem Fall sollte das Knochenbett erst direkt vor Anwendung des Zements gereinigt, gespült und trockengeputt werden (25).

### **Wahl, Vorbereitung und Mischen des Knochenzements**

Der Qualität des Knochenzements als kraftübertragendes Material zwischen Prothese und Knochen kommt im Rahmen der zementierten Endoprothetik eine wichtige Rolle zu (26). Lufteinschlüsse können den Zement schwächen oder Mikrofrakturen und deren Ausbreitung begünstigen.

Die Qualität und die infektophylaktische Wirksamkeit von antibiotikahaltigem Knochenzement kann durch den Einsatz von Verfahren der modernen Zementiertechnik verbessert werden (5, 27). Dazu zählen unter anderem die Auswahl eines Knochenzements mit geeigneter Viskosität, die Verwendung geeigneter Antibiotika sowie der Einsatz der Vakuum-Mischtechnik. Ziel der Maßnahmen ist es, die Standzeit des Gelenkersatzes weiter zu erhöhen.

### *Antibiotika*

Der Einsatz von Knochenzementen mit lokal wirkenden Antibiotika reduziert die Infektions- und Revisionsraten (28). Daten der skandinavischen Endoprothesenregister zeigen, dass die lokale Antibiotikaprophylaxe neben der systemischen entscheidend zur Verlängerung der Standzeit der Prothesen beiträgt (7). Während in der Primärendoprothetik dem Knochenzement in der Regel ein Antibiotikum zugesetzt wird, enthalten Revisionszemente meist zwei Antibiotika, die sich synergetisch ergänzen (29). Industriell hergestellte Knochenzemente weisen dabei in der Infektophylaxe deutliche Vorteile auf, die Antibiotikazumischung erfolgt hochstandardisiert. Dieses Verfahren ermöglicht gleichbleibend gute mechanische Eigenschaften und eine reproduzierbare Antibiotikafreisetzung (30). Daneben zeichnen sich industriell hergestellte Knochenzemente durch eine kontrolliert hohe Qualität mit konstanten Material- und Verarbeitungseigenschaften aus (31–33).

### *Anmischen des Zements unter Vakuum*

Das Mischen des Zements unter Vakuum stellt eine verlässliche Methode dar, um homogene Knochenzemente mit einer optimalen Konsistenz und niedriger Porosität ohne Lufteinschlüsse zu erzeugen (34, 35). Die durch Vakuummischen hergestellten Zemente weisen im Vergleich zur manuellen Anmischung in der Schale verbesserte mechanische Eigenschaften auf, z. B. in Bezug auf die Ermüdungsfestigkeit.

Somit ist das Risiko einer Zementfraktur geringer (36–38). Von Vorteil ist auch, dass die Mischung des Zements beim Vakuummischen unter standardisierten Bedingungen erfolgt und die Qualität des fertigen Zements weniger von der anmischenden Person abhängt.

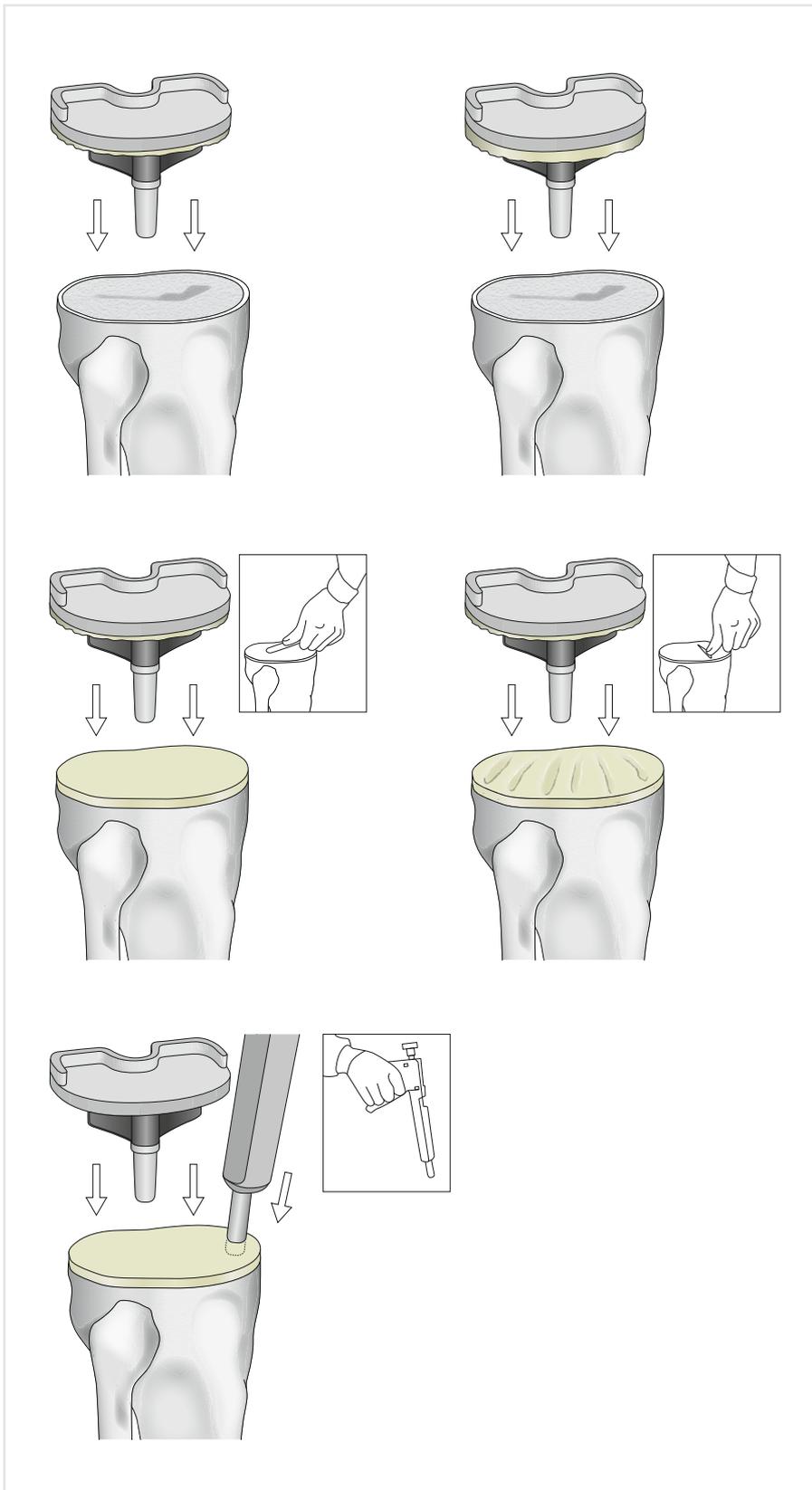
### *Spülungen zum Kühlen des Zements vermeiden*

Bei der Verankerung einer Totalendoprothese wird während der Polymerisation des Knochenzements Wärmeenergie freigesetzt. Es hat sich aber gezeigt, dass trotz Operation in Blutleere, die den Abtransport von Wärme über den Blutstrom limitiert, keine thermische Schädigung des Knochens mit Bildung von Hitznekrosen durch die Polymerisationswärme auftritt (39). Als Gründe für die nur geringe Wärmeentwicklung werden der dünne Zementmantel und die gute Ableitung der Wärme über die Prothese diskutiert (39, 40). Was den Kniegelenkersatz betrifft, so sprechen sich manche Autoren allerdings für die Verwendung gekühlter Prothesen bei Operation in Blutleere aus, um eine thermische Gewebsschädigung sicher zu vermeiden (41).

Es wird empfohlen, das Operationsfeld und den Zement nicht mit Flüssigkeit zu kühlen. Es besteht die Gefahr, dass sich Antibiotika aus dem Zement herauslösen und die prophylaktische antibakterielle Wirkung des Zements beeinträchtigt wird.

### **Zementierung der Knie-TEP-Komponenten**

Die Zementierung der Komponenten kann ein- oder zweizeitig durchgeführt werden (42). Die einzeitige Zementierung, bei der alle Komponenten mit einer einzigen Zementanmischung fixiert werden, ist wesentlich anspruchsvoller als die zweizeitige und geht mit einer höheren Wahrscheinlichkeit einer nicht optimalen Positionierung der Komponenten einher (42).



Bei der zweizeitigen Zementierung wird Zement in einem Abstand von etwa 2–3 Minuten angemischt.

Bei der Zementierung ist darauf zu achten, dass die Knochenflächen korrekt belegt werden, damit der Zement ausreichend tief in das Knochenbett eindringen kann (4). Zunächst werden die patellaren und femoralen Komponenten zementiert. Dabei wird Knochenzement in der Regel sowohl auf die anterioren und distalen Knochenflächen als auch auf die posterioren Kondylen der femoralen Komponente platziert (42, 43). Die femorale Komponente wird in der Position eingeschlagen und alle überschüssigen Reste des Knochenzements entfernt. Der resultierende Zementmantel hat eine Dicke von ca. 1 mm (42).

Mit der zweiten Zementmenge wird anschließend die tibiale Komponente der Knie-TEP fixiert. Um Primärstabilität zu erzielen, reicht es hier aus, den Knochenschnitt zu zementieren, vorausgesetzt eine Eindringtiefe des Zements von mindestens 3 mm bis ca. 5 mm ist gewährleistet (44–46). Dazu werden Prothese und Knochen mit Zement belegt und der Zement manuell fest in den Knochen eingedrückt (Abb. 3). Bei der Zementierung der proximalen Tibia mittels Zementpistole ist darauf zu achten, dass der Knochenzement nicht zu tief in den Knochen eindringt (Eindringtiefe < 5mm) (46). Ob der Prothesenschaft ebenfalls zementiert werden soll oder nicht, ist umstritten. Dies scheint unter anderem auch vom Design des Schafts abzuhängen (4, 47). Im Allgemeinen erhöht die Zementierung des Schafts die Stabilität höchstwahrscheinlich nicht und erschwert eine möglicherweise später folgende Revisionsoperation (Abb. 4). Die Zementierung des Prothesenschaftes im Tibiamarkraum ist daher in der Regel nicht erforderlich. Eine experimentelle Studie kam mittels Röntgen-Stereo-Analyse sogar zu dem Ergebnis, dass die zusätzliche Zementierung des Schafts im Hinblick auf die Primärstabilität der

Abb. 3: Verschiedene Zementiertechniken bei einer Knie-TEP (46)

Prothese einen Nachteil darstellt (48). Wie bei der Zementierung der femoralen Komponente müssen alle überstehenden Zementpartikel entfernt werden, um nicht zwischen die Gelenkflächen zu gelangen und dort Abrieb induzieren (42).

Als Komplikation im Rahmen der Zementierung gilt die Einklemmung von Zementresten, die sich im posterioren Anteil der femoralen Komponente bei starker Beugung heraus gedrückt haben können. Diese Komplikation ist dadurch zu vermeiden, dass auf die hinteren Knochenschnitte kein Zement aufgetragen wird. Einer Studie zufolge ist die Eindringtiefe am größten, wenn der distale und anteriore Knochenschnitt sowie der anteriore Schrägschnitt der femoralen Komponente mit Knochenzement belegt werden und dieser fest in die Spongiosa eingedrückt wird (43).

## Fazit

Die Elemente der modernen Zementiertechnik tragen wesentlich zum Erfolg der Knieendoprothetik bei. Bisher vorliegende Daten weisen darauf hin, dass die moderne Zementiertechnik auch am Knie mit niedrigeren Lockerungs- und Revisionsraten und längeren Standzeiten der Prothesen einhergeht. Darüber hinaus lässt sich mit der zementierten Knie-TEP eine vollbelastbare Primärstabilität erzielen. Neben den intraoperativen Maßnahmen trägt die Verwendung von Knochenzementen mit industrieller Antibiotikazumischung wesentlich zum Therapieerfolg bei. Diese Zemente, insbesondere bei Anwendung von Vakuum-Mischsystemen, gewährleisten einen gleichbleibend hohen Qualitätsstandard, der für eine effiziente Knieendoprothetik zum Wohl der Patienten notwendig ist.

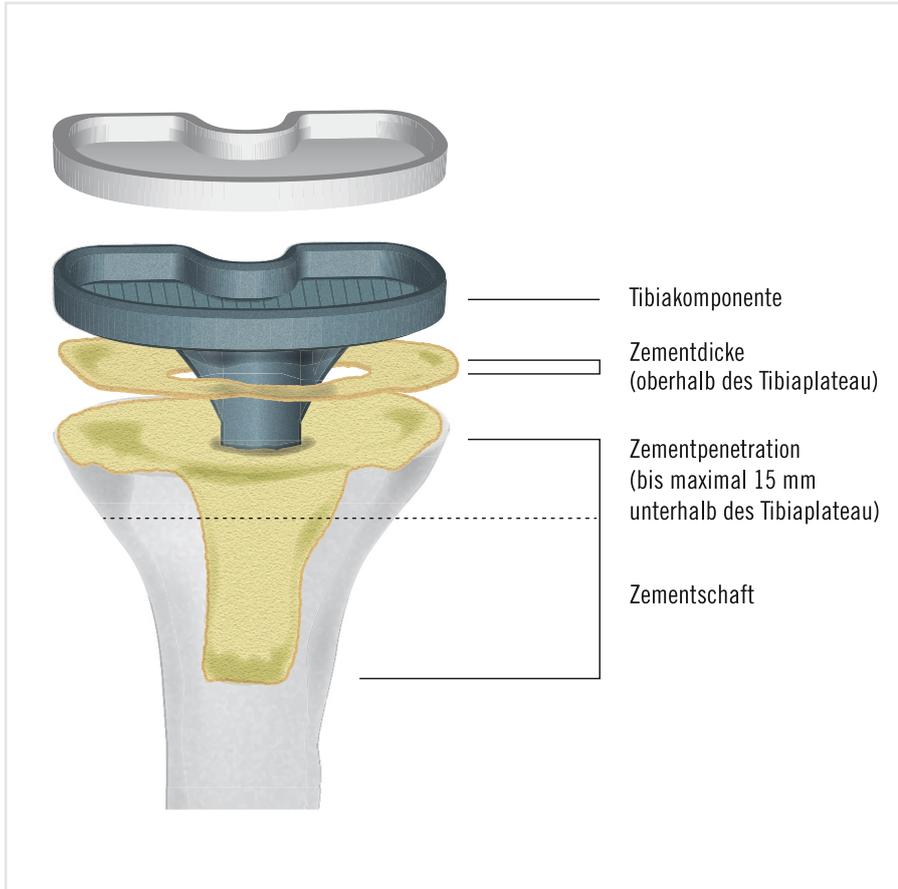


Abb. 4: Querschnitt einer zementierten Knie-TEP (49)

## Literatur

1. Robertsson O et al. The Swedish Knee Arthroplasty Register 1975–1997: an update with special emphasis on 41,223 knees operated on in 1988–1997. *Acta Orthop Scand.* 2001; 72(5): 503–13.
2. Jansen E et al. Risk factors for infection after knee arthroplasty. A register-based analysis of 43,149 cases. *J Bone Joint Surg Am.* 2009; 91(1): 38–47.
3. Gandhi R et al. Survival and clinical function of cemented and uncemented prostheses in total knee replacement: a meta-analysis. *J Bone Joint Surg Br.* 2009; 91(7): 889–95.
4. Cawley DT et al. Cementing techniques for the tibial component in primary total knee replacement. *Bone Joint J.* 2013; 95-B(3): 295–300.
5. Bourne RB. Prophylactic use of antibiotic bone cement: an emerging standard in the affirmative. *J Arthroplasty.* 2004; 19(4 Suppl 1): 69–72.
6. Australian Orthopaedic Association. National Joint Registry. Annual Report. Adelaide. 2009.
7. Namba RS et al. Outcomes of routine use of antibiotic-loaded cement in primary total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2009; 24(6 Suppl): 44–7.
8. Waddell J et al. Orthopaedic practice in total hip arthroplasty and total knee arthroplasty: results from the Global Orthopaedic Registry (GLORY). *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2010; 39(9 Suppl): 5–13.
9. Hernandez-Castanos DM, Ponce VV, Gil F. Release of ischaemia prior to wound closure in total knee arthroplasty: a better method? *Int Orthop.* 2008; 32(5): 635–8.
10. Horlocker TT et al. Anesthetic, patient, and surgical risk factors for neurologic complications after prolonged total tourniquet time during total knee arthroplasty. *Anesth Analg.* 2006; 102(3): 950–5.
11. Tai TW et al. Tourniquet use in total knee arthroplasty: a meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010; DOI: 10.1007/s00167-010-1342-7.
12. Miskovsky C, Whiteside LA, White SE. The cemented unicompartmental knee arthroplasty. An in vitro comparison of three cement techniques. *Clin Orthop Relat Res.* 1992(284): 215–20.
13. Amirfeyz R, Bannister G. The effect of bone porosity on the shear strength of the bone-cement interface. *Int Orthop.* 2009; 33(3): 843–6.
14. Reading AD, Miles AW, Bannister GC. Keyholes in acetabular preparation. *Hip Int* 2002; 12: 163–5.
15. Röhrig H. Operation der Kniegelenksendoprothese In: Wirtz DC, ed. *AE-Manual der Endoprothetik Knie.* Berlin: Springer, 2011; p. 127–41.
16. Breusch SJ et al. Lavage technique in total hip arthroplasty: jet lavage produces better cement penetration than syringe lavage in the proximal femur. *J Arthroplasty.* 2000; 15(7): 921–7.
17. Breusch SJ et al. [Significance of jet lavage for in vitro and in vivo cement penetration]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 2001; 139(1): 52–63.
18. Breusch SJ, Malchau H. *Bone preparation: femur. The well-cemented total hip arthroplasty.* Berlin: Springer, 2005; p. 125–40.
19. Seeger JB et al. The effect of bone lavage on femoral cement penetration and interface temperature during Oxford unicompartmental knee arthroplasty with cement. *J Bone Joint Surg Am.* 2013; 95(1): 48–53.
20. Schlegel UJ et al. Pulsed lavage improves fixation strength of cemented tibial components. *Int Orthop.* 2010; (im Druck).
21. Clarius M et al. Pulsed lavage reduces the incidence of radiolucent lines under the tibial tray of Oxford unicompartmental knee arthroplasty: pulsed lavage versus syringe lavage. *Int Orthop.* 2009; 33(6): 1585–90.
22. Breusch SJ et al. Cemented hip prosthesis implantation decreasing the rate of fat embolism with pulsed pressure lavage. *Orthopäde.* 2000; 29(6): 578–86.
23. Norton MR, Eyres KS. Irrigation and suction technique to ensure reliable cement penetration for total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2000; 15(4): 468–74.
24. Phillips AM, Goddard NJ, Tomlinson JE. Current techniques in total knee replacement: results of a national survey. *Ann R Coll Surg Engl.* 1996; 78(6): 515–20.
25. British Orthopaedic Association and British Association for Surgery of the Knee. *Knee Replacement: A Guide to Good Practice.* London: British Orthopaedic Association, 2011.
26. Kuehn KD, Ege W, Gopp U. Acrylic bone cements: mechanical and physical properties. *Orthop Clin North Am.* 2005; 36(1): 29–39, v-vi.
27. Smeds S, Goertzen D, Ivarsson I. Influence of temperature and vacuum mixing on bone cement properties. *Clin Orthop Relat Res.* 1997(334): 326–34.
28. Dunbar MJ. Antibiotic bone cements: their use in routine primary total joint arthroplasty is justified. *Orthopedics.* 2009; 32(9).
29. Ensing GT et al. Copal bone cement is more effective in preventing biofilm formation than Palacos R-G. *Clin Orthop Relat Res.* 2008; 466(6): 1492–8.
30. Neut D et al. The effect of mixing on gentamicin release from polymethylmethacrylate bone cements. *Acta Orthop Scand.* 2003; 74(6): 670–6.
31. Lewis G. Properties of antibiotic-loaded acrylic bone cements for use in cemented arthroplasties: a state-of-the-art review. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2009; 89B(2): 558–74.
32. Frommelt L, Kühn KD. Antibiotic-loaded cement. In: Breusch SJ, Malchau M, eds. *The well-cemented total hip arthroplasty.* Heidelberg: Springer, 2005; p. 86–92.
33. Jiranek W. Antibiotic-loaded cement in total hip replacement: current indications, efficacy, and complications. *Orthopedics.* 2005; 28(8 Suppl): s873–7.
34. Dunne NJ, Orr JF. Influence of mixing techniques on the physical properties of acrylic bone cement. *Biomaterials.* 2001; 22(13): 1819–26.
35. Wang JS et al. Porosity of bone cement reduced by mixing and collecting under vacuum. *Acta Orthop Scand.* 1993; 64(2): 143–6.
36. Wixson RL, Lautenschlager EP, Novak MA. Vacuum mixing of acrylic bone cement. *J Arthroplasty.* 1987; 2(2): 141–9.
37. Geiger MH et al. The clinical significance of vacuum mixing bone cement. *Clin Orthop Relat Res.* 2001(382): 258–66.
38. Lidgren L, Bodelind B, Moller J. Bone cement improved by vacuum mixing and chilling. *Acta Orthop Scand.* 1987; 58(1): 27–32.
39. Eitenmuller J, Wolbert R, Eisen E. [The effect of circulation on the polymerizing temperature of Palacos. An experimental study (author's transl)]. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1981; 98(1): 61–7.
40. Toksvig-Larsen S, Franzen H, Ryd L. Cement interface temperature in hip arthroplasty. *Acta Orthop Scand.* 1991; 62(2): 102–5.
41. Biehl G, Harms J, Hanser U. [Experimental studies on heat development in bone during polymerization of bone cement. Intraoperative measurement of temperature in normal blood circulation and in bloodlessness]. *Arch Orthop Unfallchir.* 1974; 78(1): 62–9.

42. Scuderi GR, Clarke H. Optimizing cementing technique. In: Bellemans J, Ries MD, Victor JMK, eds. Total knee arthroplasty. Berlin Heidelberg, : Springer, 2005; p. 223–7.
43. Vaninbroux M et al. Cementing the femoral component in total knee arthroplasty: which technique is the best? *Knee*. 2009; 16(4): 265–8.
44. Walker PS et al. Control of cement penetration in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 1984(185): 155–64.
45. Kopec M et al. Effect of hand packing versus cement gun pressurization on cement mantle in total knee arthroplasty. *Can J Surg*. 2009; 52(6): 490–4.
46. Vanlommel J et al. Cementing the tibial component in total knee arthroplasty: which technique is the best? *J Arthroplasty*. 2011; 26(3): 492–6.
47. Bert JM, McShane M. Is it necessary to cement the tibial stem in cemented total knee arthroplasty? *Clin Orthop Relat Res*. 1998(356): 73–8.
48. Skwara A et al. Primary stability of tibial components in TKA: in vitro comparison of two cementing techniques. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2009; 17(10): 1199–205.
49. Uhlenbrock, A et. al. Influence of time in-situ and implant type on fixation strength of cemented tibial trays – A post mortem retrieval analysis. *Clinical Biomechanics*. 2012; (27): 929–935

