

Mathias Weber¹, Niels Hellmers¹

Knochenverluste in der Schulterendoprothetik, was tun?

Bone loss in shoulder arthroplasty, what to do?

Zusammenfassung: Durch die steigende Anzahl an Primäroperationen in der Schulterendoprothetik kommt es auch zu vermehrten Schulter-Revisionseingriffen. Diese Eingriffe sind häufig aufgrund der knöchernen Defektsituation komplexe, risikoträchtige Operationen. Zur Evaluierung der intraoperativ gegebenen knöchernen Ausgangslage ist eine sorgfältige präoperative Planung mittels CT-Darstellung der Schulter und 3D-Rekonstruktion obligat. Dabei zeigt sich häufig im Bereich des Glenoid eine knöcherner Defektsituation. Zur Adressierung des Defekts bietet sich die Verwendung eines Transplantats an. Allogene Transplantate wie Spongiosa-Chips aus einer Knochenbank eignen sich zur Versorgung kleinerer Defekt. Bei komplexer Defektsituation sollten autologe Transplantate wie der Humeruskopf oder Keile aus dem Beckenkamm verwendet werden. Seit einigen Jahren bieten auch einige Hersteller Patientenspezifische Implantate (PSI) an. Hierbei können Defekte gezielt und passgenau versorgt werden. Ist der knöcherner Defekt in der Revision nicht zu rekompensieren, bleibt als operative Rückzugsmöglichkeiten die Verwendung eines Großkopfs oder eines bipolaren Kopfs.

Schlüsselwörter: Schulter, Schulterprothese, Glenoid, Glenoiddefekt, Glenoidaufbau

Zitierweise

Weber M, Hellmers N: Knochenverluste in der Schulterendoprothetik, was tun?
OUP 2017; 11: 562–568 DOI 10.3238/oup.2017.0562–0568

Summary: The growing number of primary procedures in shoulder arthroplasty leads to an increase in shoulder revision surgery. These procedures are often complex, risky operations due to the condition of defective bones. For the evaluation of the existing bone structure during the procedure, a careful preoperative planning by CT scan of the shoulder with 3D reconstruction is obligatory. There is often a defect situation of the bone in the area of the glenoid. The use of a transplant is suitable for addressing the defect. Allogenic transplants such as cancellous bone chips from a bone bank are suitable for supplying smaller defects. In case of a complex defective situation autologous transplants, like the humeral head or wedges from the iliac crest, should be used. For a number of years, some producers have also offered patients specific implants. In this case, defects can be fixed precisely on an individual basis. If the bone defect is not treatable by the procedures previously illustrated, the use of a large head or bipolar head remain as operative alternatives.

Keywords: shoulder, shoulder arthroplasty, glenoid, glenoid defect, glenoid reconstruction

Citation

Weber M, Hellmers N: Bone loss in shoulder arthroplasty, what to do?
OUP 2017; 11: 562–568 DOI 10.3238/oup.2017.0562–0568

Einleitung

Die endoprothetische Versorgung des Schultergelenks bei arthrotischer Deformierung wurde insbesondere durch Neer Anfang der 1970er mit Etablierung der ersten Schulterprothese vorangebracht [10]. Durch die stetige Weiterentwicklung der Implantate und Komponenten, insbesondere durch die Mög-

lichkeit zur modularen und inversen Versorgung des Schultergelenks, konnte die Indikationsstellung immer weiter gefasst werden. Nachuntersuchungen zeigten gute bis sehr gute Ergebnisse für Parameter wie Kraft, Beweglichkeit und Schmerzreduktion in der endoprothetischen Schultergelenkversorgung [22].

Aufgrund von einer dadurch deutlich steigenden Anzahl an Primärim-

plantationen haben auch die Revisions-eingriffe von anatomischen und inversen Schulterprothesen zugenommen [17]. Revisionsoperationen in der Schulterendoprothetik sind aufgrund von knöchernen Defekten und Verletzungen der Rotatorenmanschette komplexe, risikoträchtige Eingriffe [12].

Ein wesentliches Problem bei der revisionsendoprothetischen Versorgung

¹ Allgemeine Orthopädie/Zentrum für Endoprothetik, Schön Klinik Hamburg Eilbek

des Schultergelenks stellt der Verlust der Deltaspannung dar. Bei der Primärimplantation einer inversen Schulterprothese erfolgt eine gewollte Medialisierung des Drehzentrums. Dies bedingt eine Stabilisierung des Schultergelenks durch einen verbesserten Hebelarm des Deltamuskels. Die anatomischen Voraussetzungen in der Revision erzeugen jedoch häufig eine Lateralisierung des Drehzentrums. Neben dem bereits bestehenden Verlust der Rotatorenmanschette wird eine weitere Verschlechterung der Abduktion durch einen ungünstigen mechanischen Hebelarm des Deltamuskels erzeugt [15].

Ein weiterer entscheidender Faktor im Revisionsfall für das postoperative Ergebnis ist die vorhandene Knochenqualität. Doch schaut man sich die einzelnen Kompartimente der Schulter an, ergeben sich unterschiedliche Verteilungsmuster der knöchernen Defekte. So sind sowohl humerale Komponentenlockerung als auch ein humeraler Knochenverlust selten Ursache für Revisionsoperationen [23].

Insgesamt zeigt sich ein Mangel an Daten in der Literatur bezüglich Knochendefekten am proximalen Humerus. Es lässt sich allerdings festhalten, dass der humerale Knochenverlust bei Revisionen nicht im Vordergrund steht.

Der glenoidale Knochenverlust ist jedoch ein deutliches Problem, das adressiert werden muss, da hier eine knöchern Defektsituation eine erhebliche negative Beeinflussung der Primärstabilität und der Gelenkmechanik bedingt.

Für den langfristigen Erfolg der implantierten Schulterprothese ist die exakte Positionierung der Komponenten unerlässlich. Aufgrund fehlender intraoperativer Landmarks ist die korrekte Ausrichtung insbesondere der Glenoidkomponente herausfordernd und erklärt die signifikante Anzahl an Lockerungen [24].

Zur besseren Beurteilung der Glenoid-Inklination, Rotation und der Distanz des Glenoid zur Scapula Notch wird die Durchführung eines CT zur präoperativen Planung empfohlen [7].

Die Beurteilung der Größe der glenoidalen Komponente ist für das Langzeitergebnis der ossären Integration entscheidend [3]. Intraoperativ sollte auf eine stabile Fixierung der Prothese im Knochen geachtet werden. Eine exzessive Medialisierung der Gelenklinie

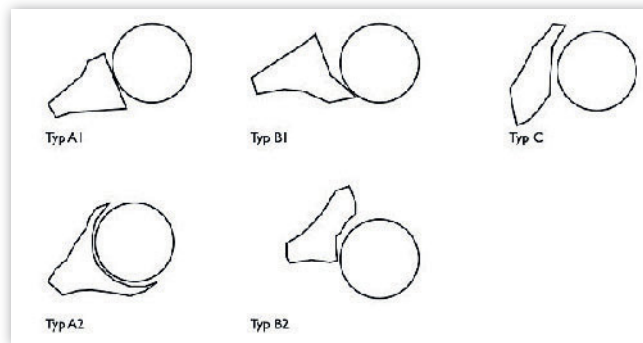


Abbildung 1
Glenoidkonfiguration des Glenoids in der Transversalebene bei Omarthrose [26]



Abbildung 2a Explantiertes humerales Inlay einer inversen Schulterprothese mit deutlichem Defekt des Polyethylen bei 9 Uhr aufgrund eines Notching.

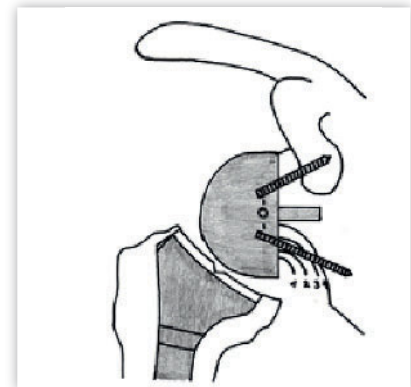


Abbildung 2b Sirveaux-Klassifikation der Knochendefekte durch Scapula Notching [19]
Grad 1: Knochendefekt, der sich auf den knöchernen Scapulapfeiler der Margo lateralis begrenzt. Grad 2: Defektausdehnung bis zur inferioren Spongiaschraube. Grad 3: Defektausdehnung bis superior der inferioren Spongiaschraube. Grad 4: Defektausdehnung bis unter die Metaglene

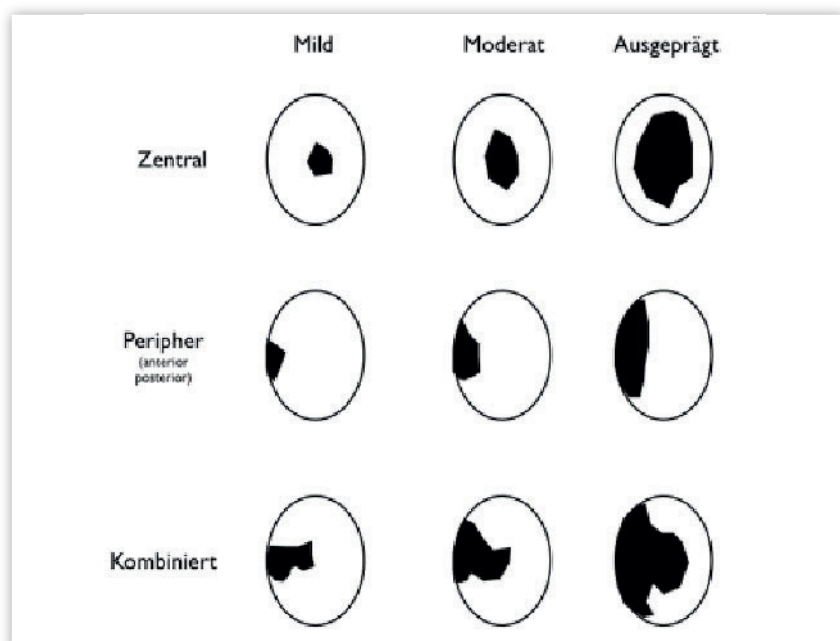


Abbildung 3 Klassifikation der knöchernen glenoidalen Defektsituation bei glenoidaler Implantat-Lockerung oder Osteolyse [1]

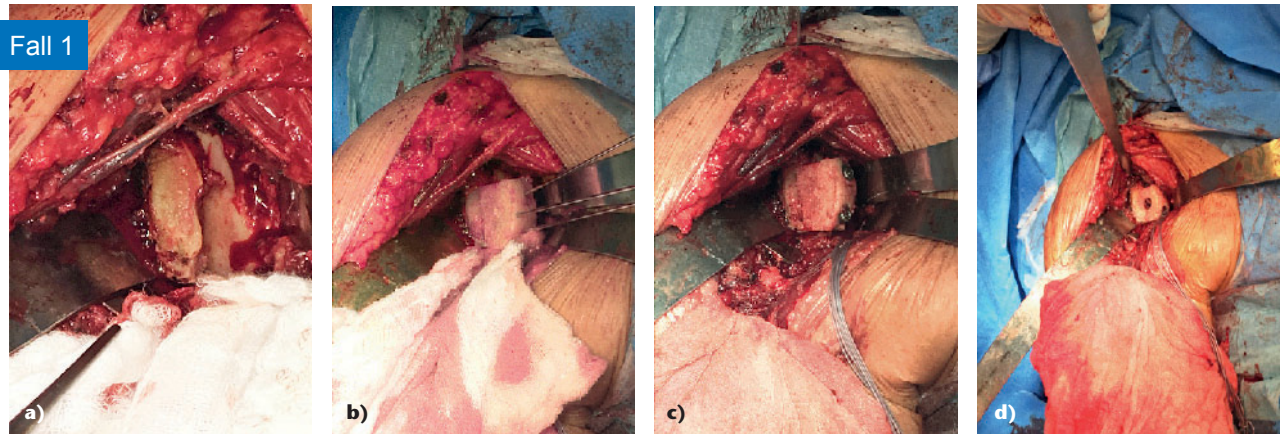
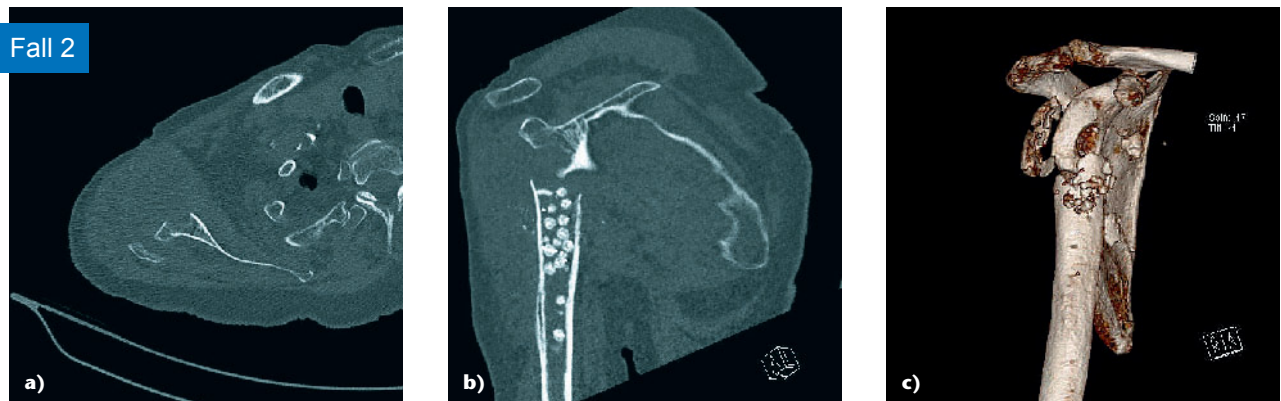


Abbildung 4a–d 75-jährige Patientin mit vorderem Glenoiddefekt von > 50 %. Intraoperative Darstellung des glenoidalen Defekts mit Verwendung eines autologen Transplantats des Humeruskopfs zum Glenoid-Aufbau.



Abbildungen 5a–c Defektsituation der Schulter bei 82-jähriger Patientin bei Osteosyntheseversagen einer Plattenosteosynthese nach subcapitularer Humerusfraktur mit aktuell bestehender Girdlestone-Situation und vorderem Defekt des Glenoids. Planungsaufnahmen der Schulter mittels Dünnschicht CT.

medial der Glenoidbasis, sowie ein superiorer Tilt sollten vermieden werden, denn für die Parameter wie Stabilität, Beweglichkeit und Impingement ist die Positionierung des Glenoids entscheidend [5].

Erschwerend kommt es im Bereich des Glenoids bei arthrotischer Destruktion neben einer begrenzten knöchernen Substanz zu einem erhöhten peripheren glenoidalen Kontaktstress mit posteriorer knöcherner Defektbildung. Dies führt zu einer erhöhten glenoidalen Retroversion und posteriorer Dezentralisierung des Humeruskopfs.

Diese Veränderungen konnten bei bis zu 40 % der Patienten mit Omarthrose gefunden werden [16, 21]. Walch klassifizierte den knöchernen glenoidalen Defekt in 3 Typen (Abb. 1) [26]:
Typ A (konzentrisch),

Typ B (postoperativ subluxierter Humeruskopf) und

Typ C (glenoidale Retroversion).

Eine implantatassoziierte, knöcherne Defektsituation betrifft das Notching. Hierbei kommt es bei der Implantation einer inversen Schulterprothese zu einem konstruktionsbedingten mechanischen Kontakt zwischen der humeralen Gelenkpfanne und dem inferioren Glenoid bzw. dem Skapulahals. Dies tritt typischerweise in Ruheposition und während der Adduktion auf. Durch das Anschlagen des medialen Rands der Humeruskomponente am lateralen Glenoidrand kommt es zu einem massiven Polyethylenabrieb mit vermehrter Osteolyse und Knochenabrieb [19] (Abb. 2a und b), sodass dies langfristig zur Lockerung der glenoidalen Komponente führen kann [6].

Dieses Phänomen wurde in Studien bei 44 % bis 96 % der Patienten beschrieben [18, 27].

Knöcherne Defektsituationen im Falle einer Revision der Schulterprothese sind häufig. Die Arbeitsgruppe um Antuna beurteilte und klassifizierte intraoperativ den glenoidalen Defekt im Rahmen einer Revisionsoperation nach Entfernung der Glenoid Komponente in Ausmaß und Lokalisierung des Defekts (Abb. 3). Dabei zeigte sich, dass die zentrale Defektsituation signifikant am häufigsten ausgeprägt ist [1].

Methoden und Ergebnisse

Zur Beurteilung der glenoidalen Knochenqualität hat sich gezeigt, dass für die Primärstabilität zwischen 50 % und

100 % knöchernen Substanz vorhanden sein muss. Zeigt sich quantitativ weniger Knochen, kommt es zu einer signifikanten Mikromotion der implantierten Komponente. Idealerweise werden also mindestens 50 % des nativen Knochens hinter der Basisplatte benötigt. Bei weniger als 25 % wird ein strukturelles Transplantat empfohlen [4].

Neer und Morrison beschrieben unterschiedliche Möglichkeiten, um den glenoidalen Knochenverlust zu kompensieren. Dabei wurde die Option einer nach dorsal augmentierten Glenoidkomponente mit Verwendung von Knochenzement zum Auffüllen des knöchernen Defekts aufgrund von schlechten Ergebnissen bereits früh in der Studie aufgegeben. Sofern keine Primärstabilität erzielt werden konnte, lautete die Empfehlung, ein Transplantat zu verwenden [11].

Dabei sind für die Wahl des Transplantats die Größe des strukturellen Defekts und die Lokalisation entscheidend. Das primäre Ziel ist es, die glenoidale Komponente zu stabilisieren [16].

Für die Wahl des Transplantats bieten sich sogenannte Allo- oder Autografts (allogene oder autologe Transplantate) an. Bei kleineren Defekten kann zum Beispiel Fremdspongiosa in Form von Knochenchips einer entsprechend verfügbaren Knochenbank als allogenes Transplantat verwendet werden. Bei größeren Defekten in der Primärendoprothetik empfehlen wir die Verwendung von lokalen Transplantaten wie den Humerusköpfen (Abb. 4a–d). In der Revision bietet sich für kleinere Defekte ebenfalls der Humeruskopf an, bei größeren Defekten Transplantate aus dem Beckenkamm.

Im Einzelfall können auch patientenspezifische, augmentierte Implantate (PSI-Implantate) verwendet werden [16] (Abb. 5–8)

Dieses Verfahren bietet sich bei ausgeprägten, aber umschriebenen Defekten an. Hierfür wird je nach Hersteller ein präoperatives Protokoll (z.B. ein CT mit 3D-Rekonstruktion) zur Planung und Produktion der Implantate und Instrumente durchgeführt.

Dabei ist die Wahl des zu verwendenden Transplantats weniger entscheidend als die zu erreichende Primärstabilität. Dabei sollte nach dem Fräsen der Glenoidkomponente 30–50 % Kontaktfläche zwischen dem Graft und der Prothese erreicht

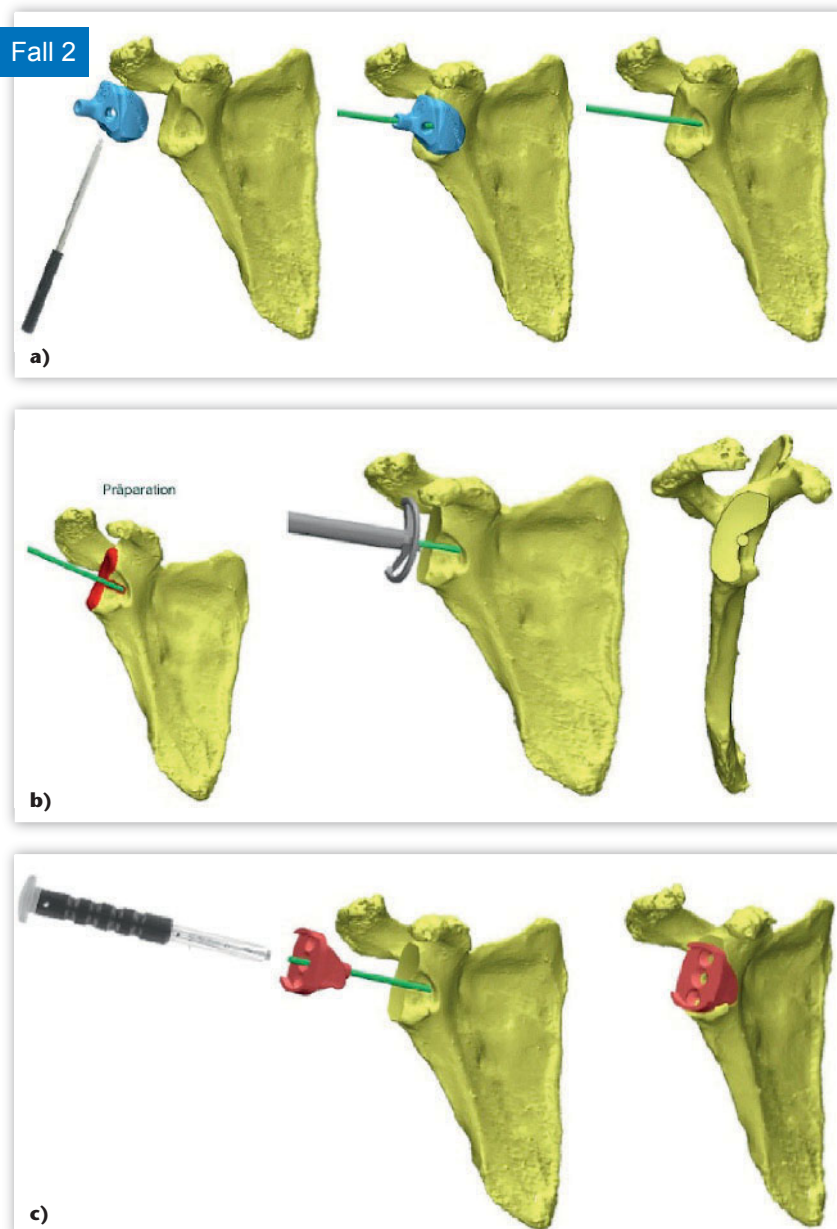


Abbildung 6a–c 3D-Rekonstruktion mit virtueller Positionierung der patientenspezifischen Implantate.

werden. Im Fall eines superioren glenoidalen Defekts ist es wichtig, den inferioren Tilt auszugleichen [25] (Abb. 9a–e).

Diskussion

In einer retrospektiven Studie von Antuna et al. wurden 48 Patienten nach einer schulterendoprothetischen Revision untersucht. Die Indikation zur Revision waren Lockerung der Glenoidkomponente, Instabilität oder eine glenoidale Implantatfehlposition. Dabei wurde aufgrund einer glenoidalen Defektsitua-

tion bei 14 Patienten Fremdspongiosa als allogenes Transplantat verwendet. Bei 3 Patienten musste aufgrund von anhaltenden Beschwerden eine operative Revision erfolgen. Nativ radiologisch zeigte sich ein Remodelling des Transplantats, jedoch mit Migration des Glenoids zur Skapula und Zentralisierung des Humeruskopfs um bis zu 7,5 mm. Nach erfolgter erneuter operativer Revision waren die Patienten nahezu beschwerdefrei [1].

Steinman und Cofield berichteten im Jahr 2000 von 28 Fällen, bei denen ein strukturelles Transplantat mittels Hume-

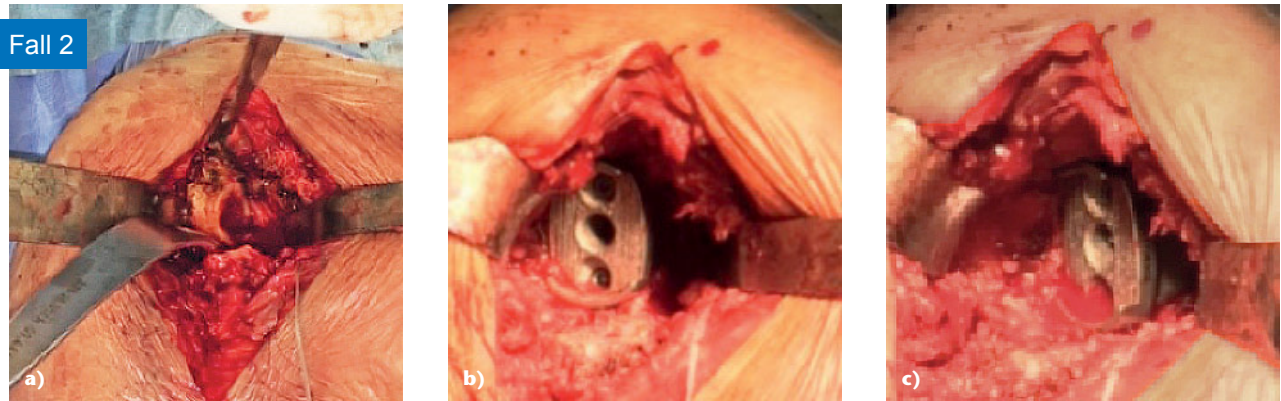


Abbildung 7a-c Intraoperative Darstellung der implantierten Metaglene



Abbildung 8 Postoperative nativ radiologische Darstellung des Schultergelenks

ruskopf bei glenoidaler Defektsituation in der Primärimplantation verwendet wurde. In der postoperativen Evaluation gaben 25 Patienten wenig und 3 Patienten moderaten Schmerz an [20].

Weitere Studien zeigten in der endoprothetischen Revision nach Verwendung eines autologen Transplantats vom Beckenkamm gute Resultate [13].

Die Zeitdauer der knöchernen Integration des Transplantats ist nicht genau bekannt. Postoperative szintigrafische Untersuchungen zeigen jedoch eine beschriebene Mehranreicherung im Bereich des eingebrachten Transplantats bis zu 2–3 Jahre nach erfolgter Implantation [2].

Histopathologische Nachuntersuchungen zeigen ein Jahr nach Implantation von allogener Knochenspongiosa wenig bis keine knöchernen Konsolidierung. Der untersuchte Knochen impo-

nierte nekrotisch ohne wesentliche osteoblastische Aktivität bei reichlich fibröser Weichgewebereaktion. Nativ radiologisch ergab sich eine zufriedenstellende knöchernen Konsolidierung. Die Patienten waren auch nach einem weiteren Jahr ohne erneute operative Revision wenig schmerzgeplagt [14].

Eine weitere, wenn auch selten genutzte operative Möglichkeit ist die zweizeitige Re-Implantation der glenoidalen Komponente nach initialer Implantatentfernung und Verwendung eines Transplantats zur knöchernen Defektversorgung.

Die Indikation hierfür ist zum Beispiel ein ausgedehnter, glenoidaler Defekt, zunächst mit dem Versuch der knöchernen Reintegration und Konsolidierung des Transplantats mit anschließender Implantatversorgung im Verlauf. Dabei werden in der Literatur keine einheitlichen Zeitpunkte für die definitive Versorgung der Schulter angegeben.

Insgesamt zeigt sich jedoch ein Mangel an verfügbarer Literatur zur Bewertung des zweizeitigen Vorgehens, sodass dieses operative Verfahren nach wie vor als Ausnahme und Einzelfallentscheidung des Operateurs anzusehen ist [8].

Insgesamt zeigen sich gute Ergebnisse bezüglich Schmerz und Beweglichkeit nach Verwendung von autologen Transplantaten [25].

Eine operative Rückzugsmöglichkeit bei ausgeprägter Defektsituation ohne Möglichkeit zur Augmentation des Glenoids mit den oben genannten Techniken zur adäquaten Adressierung der primären Stabilität stellt die Verwendung eines Großkopfs oder eines bipola-

ren Kopfs dar (Abb. 10–11). Hiermit lassen sich auch bei desolater knöcherner Ausgangssituation akzeptable stabile Verhältnisse schaffen bei jedoch funktionell schlechtem Outcome [9].

Schlussfolgerung

Insbesondere Revisionsoperationen in der Schulterendoprothetik sind häufig komplexe, risikoträchtige Eingriffe. Dabei ist es wichtig, knöchernen Defektsituationen frühzeitig zu erkennen. Hierfür sollte eine präoperative Durchführung eines CT mit 3D-Rekonstruktion durchgeführt werden.

Besonders die Positionierung der glenoidalen Komponente ist komplex, für die Langzeitprognose der Endoprothese bezüglich Lockerung und patientenspezifischer Zufriedenheit jedoch essenziell. Dabei sollte eine übermäßige Medialisierung der Komponente vermieden werden. Gelingt eine sichere primäre Fixierung der glenoidalen Komponente nicht, sollte die Verwendung eines Auto- oder Allografts erwogen werden. OUP

Interessenkonflikt: Keine angegeben

Korrespondenzadresse

Dr. med. Mathias Weber
Facharzt für Orthopädie
und Unfallchirurgie
Allgemeine Orthopädie/
Zentrum für Endoprothetik
Schön Klinik Hamburg Eilbek
Dehnhaiide 120
22081 Hamburg
mweber@Schoen-Kliniken.de

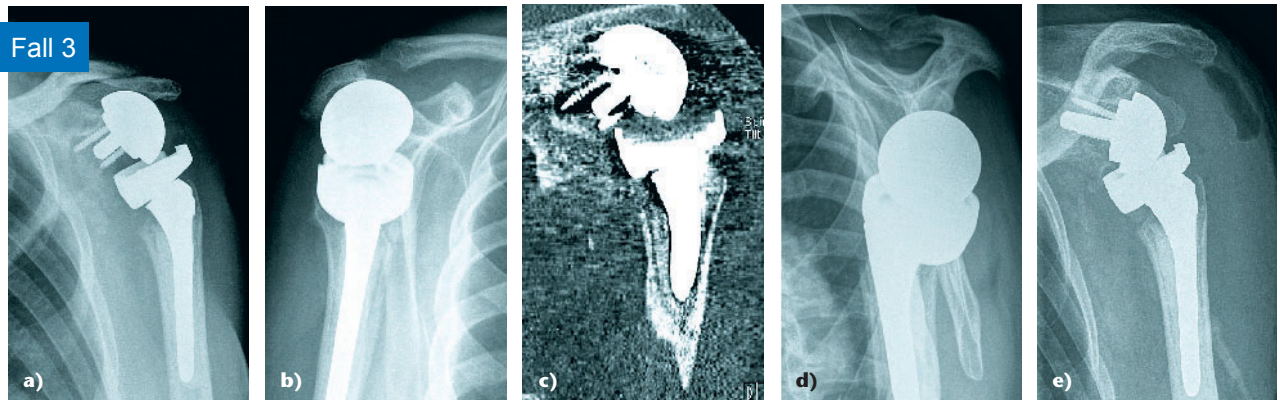


Abbildung 9a-e 81-jähriger Patient mit ausgebrochener Metaglene mit superiorer peripheren Glenoiddefekt. Hier verwendeten wir in der Revision einen verlängerten PEG und interponierten einen Allograft in Form von demineralisierten Knochenchips in den superior gelegenen Defekt bei Vorhandensein von > 50 % nativen Knochen.

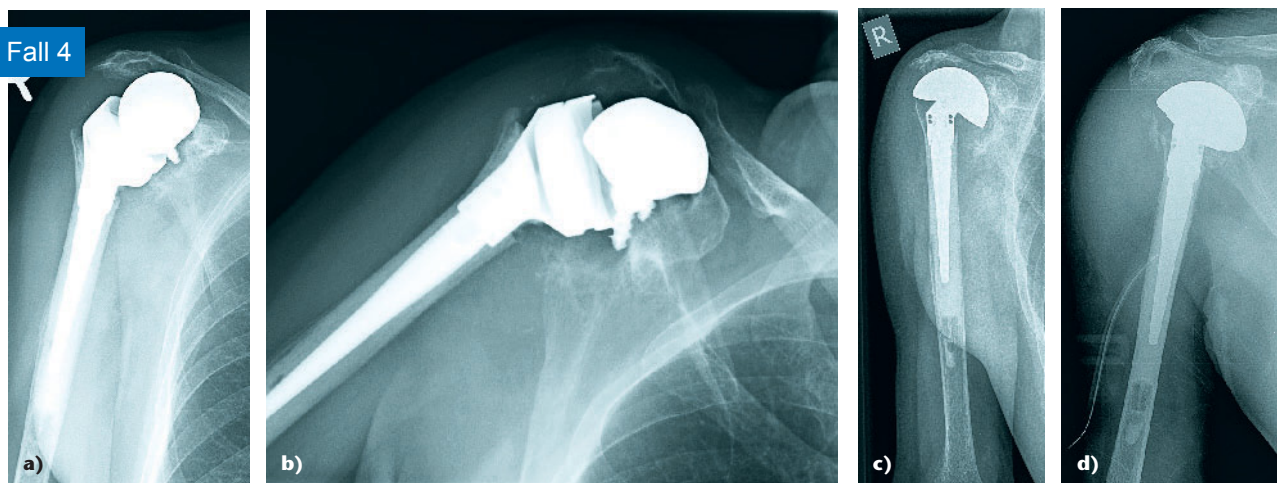


Abbildung 10a-d Sekundäre Dislokation der Metaglene bei inverser Schulterprothese mit ausgeprägter glenoidaler Defektsituation. Postoperative Darstellung nach operativer Revision mit Wechsel auf einen CTA-Kopf.

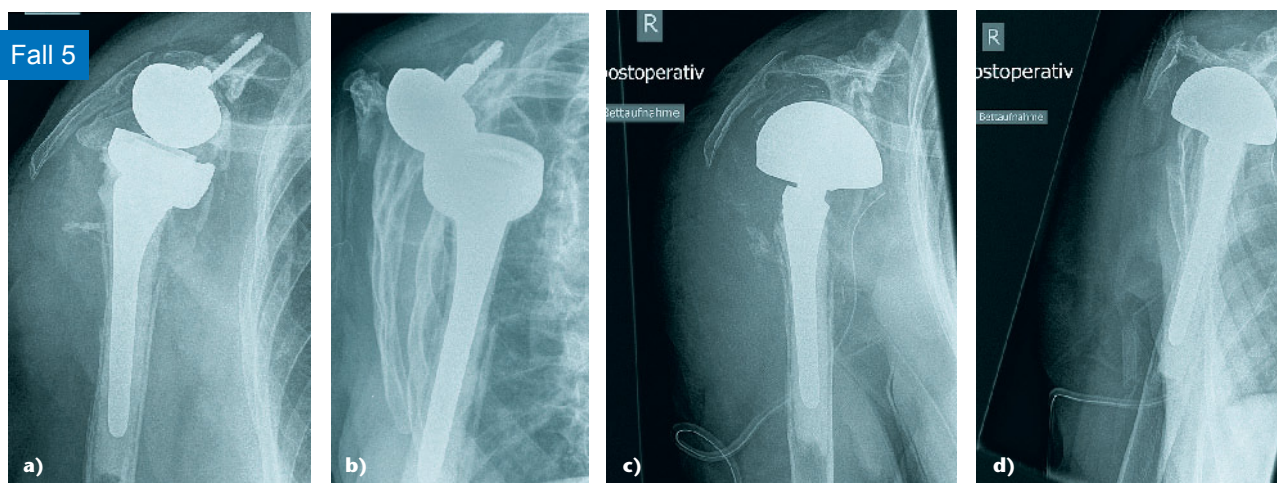


Abbildung 11a-d 80-jährige Patientin mit ausgebrochener Metaglene, kombiniertem oberen-zentralen Glenoiddefekt und antero-superiörem Subluxationsfehlstellung. Entscheidung zur Verwendung eines bipolaren Großkopfs bei intraoperativem Nachweis von weniger als 30 % nativen Knochenkontakts.

Literatur

1. Antuna SA, Sperling JW, Cofield RH, Rowland CM: Glenoid revision surgery after total shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* 2001; 10: 217–24
2. Board TN, Rooney P, Kearney JN, Kay PR: Impaction allografting in revision total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br* 2006; 88: 852–7
3. Chae SW, Kim SY, Lee H, Yon JR, Lee J, Han SH: Effect of baseplate size on primary glenoid stability and impingement-free range of motion in reverse shoulder arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord.* 2014; 15: 417
4. Formaini NT, Everding NG, Levy JC et al.: The effect of glenoid bone loss on reverse shoulder arthroplasty baseplate fixation. *J Shoulder Elbow Surg.* 2015; 24: e312–9
5. Gregory TM, Sankey A, Augereau B et al.: Accuracy of glenoid component placement in total shoulder arthroplasty and its effect on clinical and radiological outcome in a retrospective, longitudinal, monocentric open study. *Plos One.* 2013; 8: e75791
6. Hellmers N, Betthäuser A: Materialabrieb nach Materialumkehr der artikulierenden Gleitpartner einer inversen Schulterprothese im Vergleich zu einer konventionellen inversen Schulterprothese. *Obere Extremität* 2015; 10: 47–54
7. Mathews S, Burkhard M: Glenoid morphology in light of anatomical and reverse total shoulder arthroplasty: a dissection- and 3D-CT-based study in male and female body donors. *BMC Musculoskelet Disord.* 2017; 18: 9
8. Molé D, Roche O, Riand N, Levigne C, Walch G: Cemented glenoid component: results in osteoarthritis and rheumatoid arthritis. In: *Shoulder Arthroplasty.* Berlin: Springer-Verlag; 1999, 163–71
9. Naveed MA, Kitson J, Bunker TD: The Delta III reverse shoulder replacement for cuff tear arthropathy: a single-centre study of 50 consecutive procedures. *J Bone Joint Surg Br* 2011; 93: 57–61
10. Neer CS II, Watson KC, Stanton FJ: Recent experience in total shoulder replacement. *J Bone Joint Surg Am* 1972; 64: 319–37
11. Neer CS II, Morrison DS: Glenoid bone grafting in total shoulder arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 1988; 70: 1154–62
12. Norris TR, Kelly JD, Humphrey CS: Management of Glenoid Bone Defects in Revision Shoulder Arthroplasty: A New Application of the Reverse Total Shoulder Prosthesis Techniques in *Shoulder and Elbow Surgery* 2007; 8: 37–46
13. Petersen SA, Hawkins RJ: Revision of failed total shoulder arthroplasty. *Orthop Clin North Am* 1998; 29: 519–33
14. Peidro L, Segur JM, Poggio D, Fernandez de Retana P: Use of freeze-dried bone allograft with platelet-derived growth factor for revision of a glenoid component. *J Bone Joint Surg Br* 2006; 88: 1228–31
15. Terrier A, Reist A, Merlini: Simulated joint and muscle forces in reversed and anatomic shoulder prostheses. *J Bone Joint Surg Br* 2008; 90: 751–756
16. Sears BW, Johnston PS, Ramsey ML, Williams GR: Glenoid Bone Loss in Primary Total Shoulder Arthroplasty: Evaluation and Management. *J Am Acad Orthop Surg* 2012; 20: 604–13
17. Seybold D, Geßmann J, Königshausen M, Schildhauer T: Glenoidale und humerale Revision nach Schulterendoprothese. *Obere Extremität* 2016; 11: 210–17
18. Simovitch RW, Zumstein MA, Lohri E, Helmy N, Gerber C: Predictors of scapular notching in patients managed with the Delta III reverse total shoulder replacement. *J Bone Joint Surg Am.* 2007; 89: 588–600
19. Sirveaux F, Favard L, Oudet D et al.: Grammont inverted total shoulder arthroplasty in the treatment of glenohumeral osteoarthritis with massive rupture of the cuff. Results of a multicentre study of 80 shoulders. *J Bone Joint Surg Br* 2004; 86: 388–95
20. Steinmann SP, Cofield RH: Bone grafting for glenoid deficiency in total shoulder replacement. *J Shoulder Elbow Surg* 2000; 9: 361–7
21. Stephens BF, Hebert CT, Azar FM, Mihalko WM, Throckmorton TW: Optimal baseplate rotational alignment for locking-screw fixation in reverse total shoulder arthroplasty: a three-dimensional computer-aided design study. *J Shoulder Elbow Surg.* 2015; 24: 1367–71
22. Torchia M, Cofield R, Settergen C: Total shoulder arthroplasty with the Neer prosthesis: long-term results. *J Shoulder Elbow Surg* 1997; 6: 495–505
23. Verborgt O, El-Abiad R, Gazielly DF: Long-term results of uncemented humeral components in shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* 2007; 16 (3 Suppl): S13–8. Epub 2006 Oct 25
24. von Eisenhart-Rothe R, Muller-Gerbl M, Wiedemann E, Englmeier KH, Graichen H: Functional malcentering of the humeral head and asymmetric long-term stress on the glenoid: Potential reasons for glenoid loosening in total shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* 2008; 17: 695–702
25. Wagner E, Houdek MT, Elhassan BT, Sanchez-Sotelo J, Sperling JW, Cofield RH: Glenoid Bone-Grafting in Revision to a Reverse Total Shoulder Arthroplasty: Surgical Technique. *J Bone Joint Surg Am.* 2015; 97: 1653–60
26. Walch G, Boulahia A, Boileau P, Kempf JF: Primary glenohumeral osteoarthritis: clinical and radiographic classification. The Aequalis Group. *Acta Orthop Belg.* 1998; 64 (Suppl 2): 46–52
27. Werner CM, Steinmann PA, Gilbert M, Gerber C: Treatment of painful pseudoparesis due to irreparable rotator cuff dysfunction with the Delta III reverse-ball-and-socket total shoulder prosthesis. *J Bone Joint Surg Am.* 2005; 87: 1476–86
28. Wirth MA, Rockwood CA Jr.: Complications of total shoulder-replacement arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 1996; 78: 603–16