

Robert Hudek, Lars Victor von Engelhardt

Gescheiterte inverse Prothese und Glenoidaufbau im Revisionsfall

Zusammenfassung:

Die inverse Schultertotalendoprothese (RSA) hat sich als sehr wirksame Behandlungsoption sowohl bei primären als auch sekundären knöchernen Defekten im Revisionsfall erwiesen. Nach einer gescheiterten inversen Prothese können ausgeprägte Defekte im Glenoid vorliegen. Diese Übersichtsarbeit fasst rekonstruktive Optionen zum Wiederaufbau eines glenoidalen Knochendefekts und knöcherne Aufbautechniken mit Auto- oder Allografts zusammen. Auch der Einsatz metallisch augmentierter Basisplatten sowie moderne patientenindividuelle Implantate aus dem 3D-Druck sind möglich. Unter dem Einsatz einer präzisen, präoperativen 3D-Planung kann eine zuverlässige Rekonstruktion mit guten klinischen Ergebnissen, sowohl einzeitig, als auch zweizeitig gelingen.

Schlüsselwörter:

Schulterprothese, Revision, Glenoidaufbau, 3D-Planung, Allograft, patientenindividuelle Implantate

Zitierweise:

Hudek R, von Engelhardt LV: Gescheiterte inverse Prothese und Glenoidaufbau im Revisionsfall
OUP 2026; 15: 159–168
DOI 10.3238/oup.2026.0159-0168

Revision einer inversen Schulterprothese

Mit der steigenden Zahl implantierter inverser Schulterprothesen (reverse shoulder arthroplasty, RSA) nimmt zwangsläufig auch die Zahl der erforderlichen Revisionsoperationen zu [1]. Die inverse Schulterprothese zeigt heute sehr gute funktionelle Ergebnisse bei Defektarthropathie, Omarthrose und Frakturfolgen und hat sich als „working horse“ in der Revisionsendoprothetik etabliert. Sie wird unter anderem zur Revision von Hemiprothesen, anatomischen Totalprothesen und auch gescheiterten inversen Prothesen verwendet. Entsprechend ist in den letzten 20 Jahren die Zahl der Revisionen fast parallel zur Zahl der Primärimplantationen gestiegen [2]. Da man in der primären Schulterendoprothetik mit einem weiteren Anstieg rechnet, ist analog mit einem weiteren Anstieg von Revisionsendoprothetik zu rechnen [3].

Eine multizentrische Studie berichtet, dass in 48 % aller Schulterrevisionen eine inverse Prothese verwendet wird und in 75 % der RSA-Revisionen wieder mit einer RSA versorgt wird [2]. Historische Alternativen nach gescheiterter inverser Prothese sind die Resektionsarthroplastik oder die Hemiprothese. Beide Verfahren zeigen aber schlechtere Ergebnisse, die maßlich auf die verloren gegangenen Weichteile, die fehlende Rotatorenmanschette und die hieraus resultierende fehlende Stabilität zurückgeführt werden können. Die Zuverlässigkeit der RSA bei der Revision von Hemiprothesen und anatomischen Totalendoprothesen wird ihrer Fähigkeit zugeschrieben, sowohl knöcherne Defizite als auch Weichteilinsuffizienzen auszugleichen. Wird eine RSA zur Revision einer bereits implantierten RSA eingesetzt, lassen sich ebenfalls gute funktionelle Ergebnisse erzielen, sodass dieses Vorgehen als sinnvolle

Behandlungsoption gilt [4]. Trotz der in den vergangenen Jahren deutlich verbesserten Operationstechniken bleibt die Komplikationsrate jedoch hoch. Dies gilt insbesondere für die Revision der fehlgeschlagenen RSA, da diese Fälle häufig mit ausgeprägten knöchernen und weichteiligen Defekten einhergehen und in der Regel eine Rekonstruktion mittels Allograft erfordern. Komplikationsraten von bis zu 25 % unterstreichen die hohe Komplexität dieses Verfahrens [4]. Ein wesentlicher Vorteil der inversen Prothese im Revisionsfall ist deren stabile glenoidale Fixation, die auch knöcherne Augmentationen ermöglicht und zugleich die Funktion über den Deltamuskel sichert. Voraussetzung für eine erfolgreiche Revisionsoperation sind neben einem suffizienten Weichteilmantel vor allem eine stabile Verankerung der Basisplatte am Glenoid. Diese wird maßgeblich durch das Ausmaß des knöchernen Defekts, die da-

Failed reverse implant and glenoid reconstruction in revision shoulder arthroplasty

Summary: Reverse shoulder arthroplasty (RSA) has proven to be a highly effective treatment option for both primary and secondary osseous defects in the revision setting. Following failure of a reverse prosthesis, substantial glenoid defects may be present. This review summarizes reconstructive options for the management of glenoid bone loss, including bony reconstruction techniques using autografts or allografts. The use of metal-augmented baseplates as well as modern patient-specific 3D-printed implants is also feasible. With the aid of precise preoperative 3D planning, reliable reconstruction with good clinical outcomes can be achieved in both one-stage and two-stage procedures.

Keywords: Shoulder arthroplasty, revision, glenoid reconstruction, 3D planning, allograft, patient-specific implants

Citation: Hudek R, von Engelhardt LV: Failed reverse implant and glenoid reconstruction in revision shoulder arthroplasty

OUP 2026; 15: 159–168. DOI 10.3238/oup.2026.0159-0168

raus resultierenden Verankerungsmöglichkeiten, die Ausrichtung der Komponenten sowie das mögliche Vorliegen eines Low-grade-Infekts bestimmt.

Glenoiddefekte

Pathologien des Glenoids zählen sowohl bei anatomischen als auch bei inversen Schulterprothesen zu den häufigsten Ursachen für eine Revisionsoperation. Bei der Revision inverser Prothesen mit Glenoiddefekten erfolgt der Defektaufbau abhängig von Defektgröße und Begleitpathologie, beispielsweise einem Infekt, ein- oder zweizeitig sowie entweder knöchern oder mithilfe metallischer endoprothetischer Augmentation. Mehrere Klassifikationssysteme glenoidaler Defekte bei inversen Prothesen wurden bisher veröffentlicht [5–9]. Bisher gibt es aber kein standardisiertes Klassifikationssystem. Alle bisherigen Klassifikationen berücksichtigen leider nicht die Knochenqualität der verbleibenden Scapula, deren Einfluss auf die kurz- und langfristige Stabilität der Glenoidkomponente noch nicht hinreichend untersucht ist. Im Jahr 2001 entwickelten Antuna et al. ein Klassifikationssystem zur Beurteilung von Glenoiddefekten bei der Revision anatomischer Schultertotalprothesen [10]. Dieses System unterteilt die Defekte in zentrale, periphere und kombinierte Formen, die jeweils nach ihrem Schweregrad als leicht, mittel-

schwer oder schwer klassifiziert werden.

Williams und Iannotti [11] modifizierten diese Einteilung und ergänzten sie um die Beurteilung der Intaktheit des Glenoidkelchs. Die Klassifikation nach Seebauer et al. [9] (Abb. 1b) bewertet zudem die erhaltene Substanz des gesamten Glenoidkelchs, um dessen Eignung für die Verankerung einer Basisplatte zu beurteilen und daraus therapeutische Empfehlungen abzuleiten. Sie unterscheidet vier zentrische, sogenannte „contained“ Defekte (C-Defekte) und vier exzentrische Schweregrade, „uncontained“ Defekte (E-Defekte) und differenziert exzentrische Defekte zusätzlich nach ihrer Hauptrichtung [9]. Für die Beurteilung der C-Defekte sind die zentrale Defekttiefe und das Ausmaß der medialen Erosion relevant. Zusätzlich werden der laterale und mediale Ansatzpunkt des Korakoids, die Integrität des peripheren knöchernen Rings der Glenoidwand sowie der Erhalt des Glenoidkelchs („glenoid vault“ [11]) berücksichtigt. Beim C4-Defekt ist der gesamte Knochensockel inklusive Korakoidbasis nach medial bis zum Abgang der Spina scapulae erodiert und es verbleibt lediglich Restknochen des Schulterblatts. Kombinierte Defektformen sind nicht selten [9]. Gohlke et al. haben 2017 eine weitere Defektklassifikation am Glenoid vorgestellt [12]. Diese unterteilt die Defekte in fünf Schweregrade

(Abb. 1a). Auf Grundlage ihrer Erfahrungen mit inversem Gelenkersatz bei chronisch verhakten Luxationen empfehlen die Autoren eine Verankerung des zentralen Zapfens von mindestens 10 mm im nativen Knochenlager sowie eine Auflage von mindestens 40% der Basisplatte. Dies steht im Einklang mit biomechanischen In-vitro-Studien, die zeigen, dass mindestens 50 % der Basisplattenfläche in Kontakt mit dem nativen Knochenlager stehen sollten und wenigstens ein Drittel des zentralen Zapfens im nativen Knochen verankert sein sollte [13]. Bei der Beurteilung des knöchernen Defekts in der Differenzialtherapie der Operationsstrategie (knöcherner Aufbau, „Composite-graft-Technik“, metallischer Aufbau, „Custom-made-Implantat“, ein- oder zweizeitiges Vorgehen) sind folgende Faktoren entscheidend:

- Ist die Glenoidwand zirkumferentiell vorhanden?
- Wie viel Volumen hat der knöcherne Defekt?
- Wie weit ist der Defekt nach medial ausgedehnt? (Medialisierung der Gelenklinie)
- Wo ist die Hauptrichtung des exzentrischen Glenoiddefektes?

Präoperative Bildgebung

Eine Röntgenaufnahme in drei Ebenen ist die Standardmethode zur Erkennung einer gescheiterten Endoprothese. Für eine präzise Analyse und

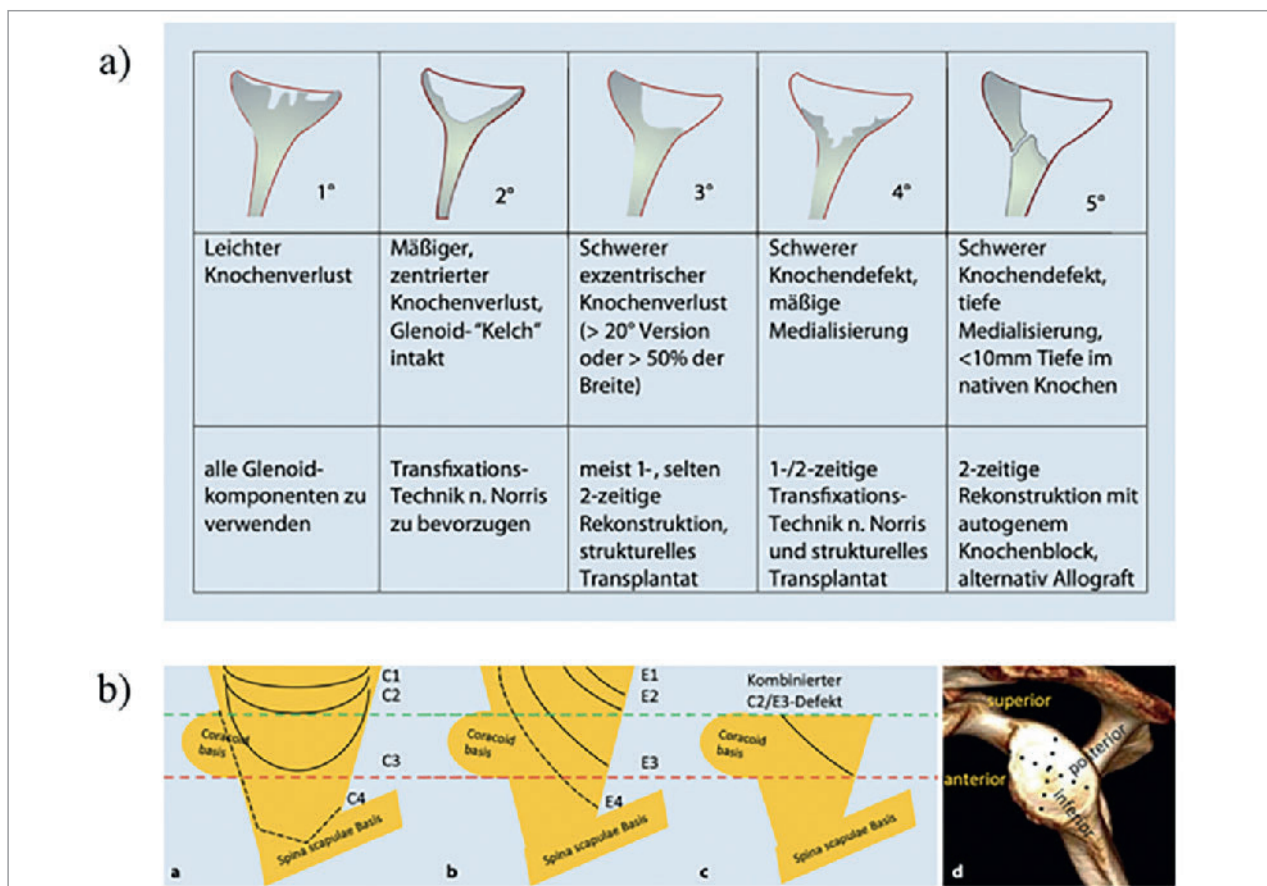


Abbildung 1 Zusammenfassung der Klassifikationen der Glenoiddefekte: **a** nach Gohlke et al. [12]; **b** nach Seebauer [9]

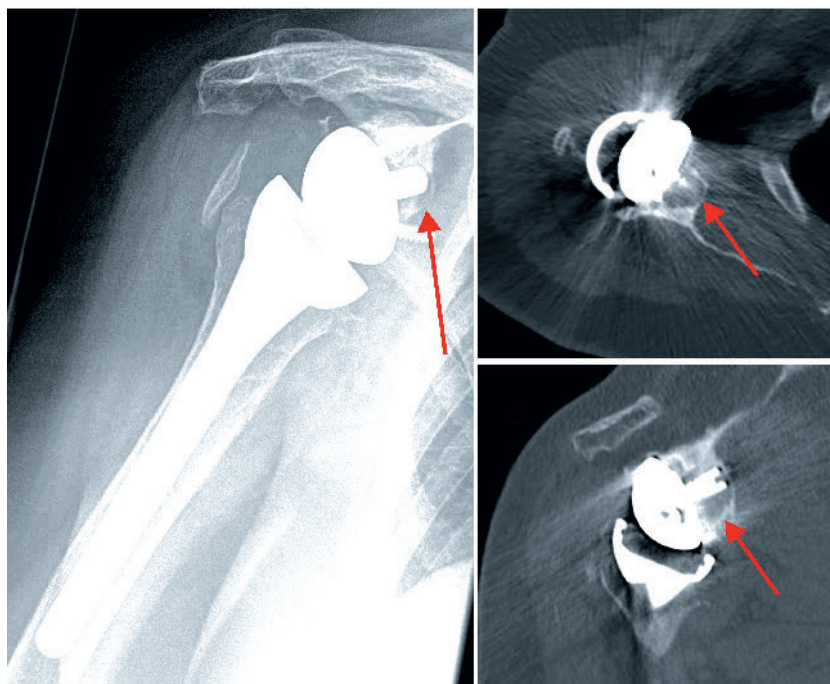


Abbildung 2 Links Röntgenbild einer inversen Prothese mit gelockerter Basisplatte. Der Saum rund um den Zapfen der Basisplatte (Pfeil) ist im Röntgen kaum zu sehen. Klinisch war die Funktion sehr gut, die Patientin hatte allerdings seit etwa 6 Monaten chronische Schmerzen im gesamten Bewegungsumfang. Rechts Die CT zeigt dann die völlig ausgehöhlte Zone rund um den Zapfen der Basisplatte. Hier liegt eine erhebliche Lockerung vor, die im Röntgen kaum sichtbar war. Die Vorderwand des Glenoidkelches besteht nur noch einer dünnen „Eierschale“.

Planung reicht sie jedoch nicht aus. Bei Verdacht auf eine Lockerung oder unklaren, anhaltenden Schmerzen ist daher grundsätzlich eine Computertomografie (CT) erforderlich. Sie ist allein schon deshalb erforderlich, da glenoidale Lockerungen im Röntgenbild oft übersehen werden können (Abb. 2). Das einliegende Metall kann bei der CT zu Artefakten führen, daher sollten spezielle Techniken wie „Dual-Energy“ zum Einsatz kommen [14], um diese zu reduzieren. Bei zweizeitigem Vorgehen kann die CT bei einliegendem Zementspacer durchgeführt werden, der in der Regel kaum Artefakte erzeugt, was die Einspeisung der Bilder in eine 3D-Planungssoftware erheblich vereinfacht (Abb. 3). Eine präoperative 3D-Planung gilt heute bereits bei Primäreingriffen als Standard, bei Revisionseingriffen ist sie unerlässlich. Sie ermöglicht die virtuelle Platzierung des Revisionsimplantats am Computer im Vorfeld, sodass Zapfenlänge und -position sowie Schraubenvektoren bereits vor dem Eingriff bestimmt werden können. Intraoperative

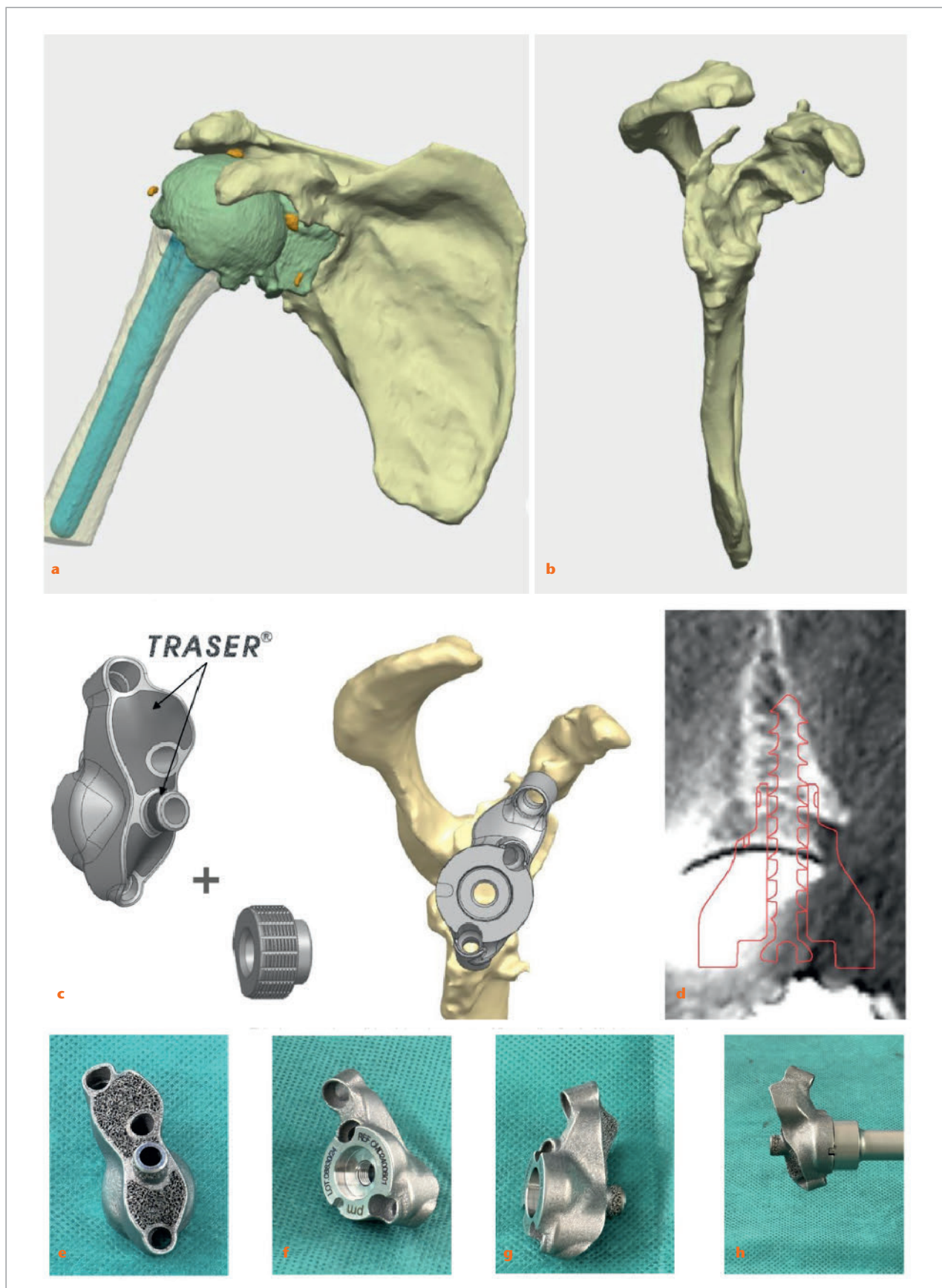


Abbildung 3 a, b 3D-Modell bei einliegendem Zementspacer. Der Glenoiddefekt wurde mit Knochenzement aufgefüllt. Nach Subtraktion der Zementanteile ist eine exakte Darstellung des verbliebenen Knochenlagers möglich, man erkennt die Defektgröße, die Vorderwand des Glenoidkelches fehlt vollständig, die Korakoidbasis ist nahezu vollständig erodiert (C4- bzw. Typ 5-Defekt). Ein zweizeitiges Vorgehen wird empfohlen, da durch die fehlende Vorderwand kaum Primärstabilität erreicht werden kann. c–h Beispiel einer Custom-made-Basisplatte bei massivem Glenoiddefekt. Die virtuelle 3D-Planung der custom-made-Basisplatte ist zu sehen. e–h Die fertige im Metalldruck gefertigte individuelle Basisplatte.

Abb. 3 a, b: © Permedica S.p.A., I-Merate; e–h: Mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. med. Ralf Dieckmann, Krankenhaus der Barmherzigen Brüder Trier und ATOS Orthopädie Klinik Köln

Navigation und patientenspezifisches Instrumentarium sind mittlerweile routinemäßig verfügbar [15]. Eine weiterführende Navigation durch „Augmented Reality“ ist technisch bereits möglich und soll die teilweise komplexe intraoperative Platzierung der Komponenten in Zukunft erleichtern [16].

Operationsstrategie und -technik

Grundsätzlich muss bei jeder Revision nach Entfernung der Komponenten der verbliebene Knochen und die Weichteile gründlich debridiert werden. Nekrotischer Knochen und Fremdkörper sollten nach Möglichkeit immer entfernt werden, um Biofilme möglichst vollständig zu entfernen. Zum Ausschluss eines Low-grade-Infekts sollten immer mindestens fünf periprotektische Gewebeproben entnommen werden. Der Transport erfolgt in geeigneten Medien, in denen auch Anaerobier zuverlässig einer Kultur zugeführt werden können [17]. Neben den mikrobiologischen Kulturen sind auch histopathologische Untersuchungen von repräsentativem Gewebe aus dem Prothesen-Knochen/Zement-Interface zu empfehlen, da im Zweifel über die Anzahl neutrophiler Granulozyten das Vorliegen einer Infektion evaluiert werden kann. Nach jeder Probenentnahme sollte eine gründliche Jet-Lavage zur Desinfektion mit einem geeigneten Medium (z. B. Lavanid, anschließend Spülen mit mind. 3 l Ringer-Lösung) erfolgen.

Die Revision der Glenoidkomponente ist in der Regel der technisch anspruchsvollste Teil der Revisionsendoprothetik. Ursache hierfür sind der durch das Versagen früherer Komponenten teils stark reduzierte verbliebene Knochen sowie die häufig erschwerte Exposition, da sich anatomische Landmarken oft nur unzuverlässig identifizieren lassen. Jede operative Planung und Technik sollte darauf ausgerichtet sein, die ursprüngliche, dreidimensionale Glenoidanatomie – also Gelenklinie, Retroversion und Inklination – wiederherzustellen, um eine zuverlässige Primär- und Langzeitfixation der Basisplatte zu gewährleisten. Für die Entfernung einer fehlpositionierten Glenoidkomponente sollten zunächst alle Schrauben vollständ-

ig entfernt und die Rückseite der Basisplatte vom darunterliegenden Glenoid von ventral nach dorsal gelöst werden. Zum Instrumentarium gehören Meißel verschiedener Breiten und schmale Klingenmeißel. Nach der Komponentenentfernung stellen sich folgende Fragen:

1. Ist ein einzeitiges Vorgehen noch möglich oder muss zweizeitig rekonstruiert werden?
2. Gibt es Hinweise für eine infektbedingte Lockerung? (im Zweifel immer Arthroskopie vor der Revision zur Probengewinnung)
3. Welcher zentrale Kraftträger findet im Glenoidhals (glenoid vault) noch ausreichenden Halt? (Zapfen, Schraube, Zapfen und Schraube)?
4. Kann autologer Knochen (z.B. Beckenkamm) verwendet werden oder muss aufgrund der Defektgröße auf allogenen Knochen zur Füllung zugegriffen werden?
5. Können patientenspezifische („custom made“) Implantate zur metallischen Defektfüllung verwendet werden? (Kostenklärung mit Versicherungsträger)

Zur Vermeidung eines inferioren Notchings sollte die Gelenklinie in der Koronarebene ausreichend weit nach lateral rekonstruiert werden. Dies trägt insbesondere zur adäquaten Spannung aller Anteile des Deltamuskels und der verbliebenen Rotatorenmanschette sowie zur intrinsischen Stabilität bei adduziertem Arm bei [18]. Auch in der Revision sollte der RSA-Winkel der Basisplatte daher unter 5° liegen und die Glenosphäre einen inferioren Überhang von mehr als 5 mm aufweisen, um diese mechanischen Grundprinzipien zu erfüllen [18].

Die Wahl der Technik richtet sich nach dem Glenoiddefekt, der nach Ausbau des Primärimplantats besteht. Die Primärstabilität im Revisionsfall wird durch das „3-Säulen-Modell“ erreicht, also durch das Zusammenspiel von Basisplatte, winkelstabilen Schrauben und der sogenannten „Concavity compression“ des transfixierten Knochenblocks [5] (Abb. 4c). Abhängig von Defekttiefe und mechanischer Stabilität der Glenoidwand kann in einzelnen Fällen bereits eine Auffüllung („impaction grafting“) mit Spongiosa oder kortikospongiossem Knochen ausreichen. Bei fortgeschrit-

ten Defekten mit partiellen Wanddefekten und fraglicher Stabilität empfiehlt sich jedoch zusätzlich die Einbringung eines kortikospongiosen Spans. Der zentrale Zapfen der Basisplatte sollte dabei ausreichend lang im nativen Knochen des verbliebenen Glenoids verankert sein. Seebauer et al. empfehlen, dass 50 % der Zapfenlänge im nativen Glenoid liegen sollten [9], während Gohlke et al. eine Mindestverankerung von 10 mm fordern [5]. Komplexe und asymmetrische Defekte können mittels „Composite-graft“ versorgt werden. Dabei wird der Knochenblock auf den Zapfen der Basisplatte aufgesetzt und das Konstrukt als Ganzes in das Glenoid eingeschlagen (Abb. 4a, b).

Bei exzentrischen Defekten (Typ 3–5 nach Gohlke, Typ E nach Seebauer) sollten grundsätzlich strukturelle kortikospongiosse Allografts oder Autografts zum Einsatz kommen. Leider steht der Humeruskopf bei der Revision nicht mehr zur Verfügung, sodass bei großen Defekten oft nur noch allogener Fremdknochen verwendet werden kann.

Einzeitiges vs. zweizeitiges Vorgehen

Wann einzeitig und wann zweizeitig vorgegangen werden sollte, richtet sich nach der Defektgröße und der Integrität der verbliebenen Vorder- und Rückwand des Glenoides. In der Literatur existieren hierzu lediglich Empfehlungen; eine Leitlinie gibt es nicht. Der Typ 4 nach Gohlke wird als Endstadium mit weitgehendem Verlust der vorderen und hinteren Kortikalis des Glenoidkelchs definiert. Dieser Typ hat aber noch verankerungsfähige Substanz in der Tiefe der Pfanne [5]. Hingegen ist bei Typ 5 der verbliebene Sockel des nativen Knochens zu schwach und selbst eine beschichtete Basisplatte mit langem Revisionszapfen kann hier nicht mehr mit ausreichender Primärstabilität verankert werden. Bei diesem Typ wird immer ein zweizeitiger Aufbau oder ein patientenindividuelles Sonderimplantat empfohlen [5].

Eine einzeitige Revision ist grundsätzlich bis zu E3- und C3-Defekten bzw. bis Grad 4 möglich. Für den knöchernen Aufbau kann ein bi- oder trikortikaler Beckenkammspan verwen-

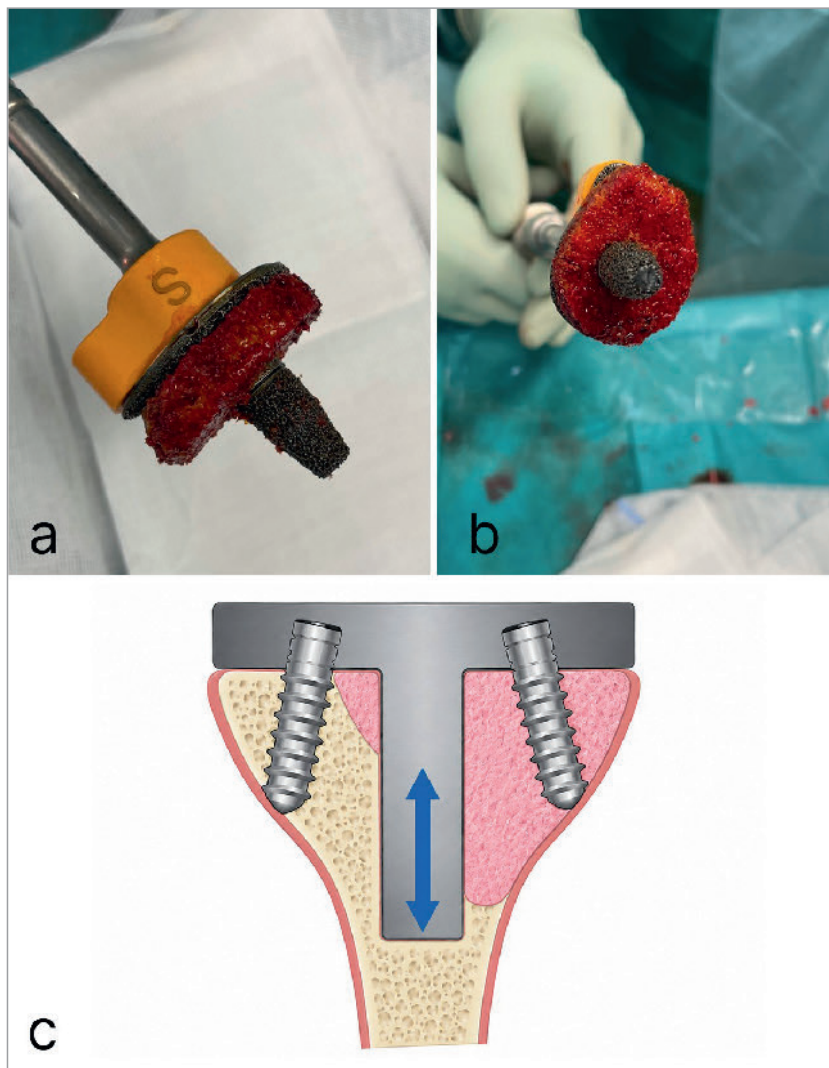


Abb. 4–6: R. Hudek

Abbildung 4 a, b Composite Allograft, das auf die Basisplatte aufgesteckt wird. Der Knochenblock augmentiert den Defekt und wird zuvor passend zurecht gesägt. Das Einschlagen der Basisplatte erfolgt dann mit aufgestecktem Graft in die vorbereitete Zapfenbohrung im Glenoid. **c** Schemazeichnung eines Querschnitts einer Basisplattenverankerung mit exzentrischem Glenoiddefekt. Der Knochenblock (rosa) augmentiert den exzentrischen Defekt im Glenoid. Der zentrale Zapfen sollte mindestens 10 mm, bzw. 50 % der Zapfenlänge (blauer Pfeil) im nativen Knochen verankert sein (Zeichnung modifiziert nach [5]).

det werden. Wir füllen alle Defekte zunächst mit autologer Spongiosa vom Beckenkamm auf. Bei kleineren Defekten nutzen wir in der Regel einen ipsilateralen, L-förmig zugeschnittenen Beckenkammspan. Bei größeren Defekten verwenden wir ein thermodesinfiziertes, gefrierkonserviertes Allograft aus humanen Femurköpfen, das bei -20°C gelagert wird. Das Graft wird aus der Femurspongiosa passend zugesägt und kann bei Bedarf zusätzlich mit der Fräse modelliert werden. Verbleibende Spongiosa wird üblicherweise mit einer Knochenmühle zerkleinert, mit Blut aus dem Situs vermischt und anschließend

peripher um das Graft impaktiert. Je nach Defektsituation kann das Graft entweder als „Composite-Graft“ impaktiert oder bei hoher Passgenauigkeit zunächst direkt in den Defekt eingebracht und temporär fixiert werden. Anschließend wird bei liegendem Graft der Zapfenkanal für die Basisplatte angelegt, bevor die Basisplatte eingeschlagen oder verschraubt wird. In den meisten Fällen bevorzugen wir die Verwendung als „Composite-Graft“. Ein L-förmig geformter Beckenkammspan eignet sich bei exzentrischen Defekten insbesondere dann, wenn noch ausreichend Knochensubstanz vorhanden ist – etwa

30 % des glenoidalen Knochenblocks – und der zentrale Fixationsanteil ausreichend tief in der nativen Scapula verankert werden kann.

Falls Zweifel an der Primärstabilität bestehen, wird der Span bzw. das Allograft in einem ersten Eingriff zunächst im Defekt mit kanülierten Schrauben unter Kompression mit Unterlegscheiben fixiert. Eine der zuvor kanülierten Schrauben sollte dabei idealerweise schon den Vektor des Führungsdrahtes, über den der Zapfenbohrer schließlich im zweiten Eingriff geführt wird, einnehmen. Dies erleichtert das Auffinden der korrekten Zapfenlage sehr. Nach etwa 3 Monaten kann bei hinreichender knöcherner Durchbauung die Implantation der Revisionsbasisplatte erfolgen. Falls die Gelenklinie nach dem Knochenaufbau noch nicht ausreichend medialisiert sein sollte, kann eine zusätzlich metallisch augmentierte Basisplatte oder eine lateralisierte Glenosphäre verwendet werden (Abb. 5).

Sofern noch native knöcherne Orientierungspunkte zur Verfügung stehen, können diese zur Orientierung und zur Anpassung an die ursprüngliche Gelenklinie verwendet werden. Dann wird der kortikospongiose Span dreidimensional geformt und in den Defekt eingepasst. Als Hilfsmittel zur Zurichtung des Spans oder Allografts kann mit Knochenzement intraoperativ ein Abdruck der Kavität erfolgen. Dieser Abdruck hilft als Matrize bei der Zurichtung des Spanes (Abb. e). Vor dem finalen Einpassen des Spanes oder Allograft wird in unserem Hause aus dem Beckenkamm geerntete weiche Spongiosa in Unebenheiten des nativen Glenoides gepresst, um einerseits kleinere Unebenheiten der Auflagefläche auszugleichen und andererseits, um die knöcherne Integration eines Allograft zu fördern.

In der „Composite-graft-Technik“ wird nach Präparation der passgenaue kortikospongiose Span auf die metallische Basisplatte aufgebracht und gemeinsam mit dieser in das vorbereitete zentrale Fixationsloch der Scapula eingeschlagen bzw. verschraubt. Die Fixation erfolgt mit winkelstabilen Schrauben. Wenn aufgrund der Defektgröße zweizeitig vorgegangen wird,

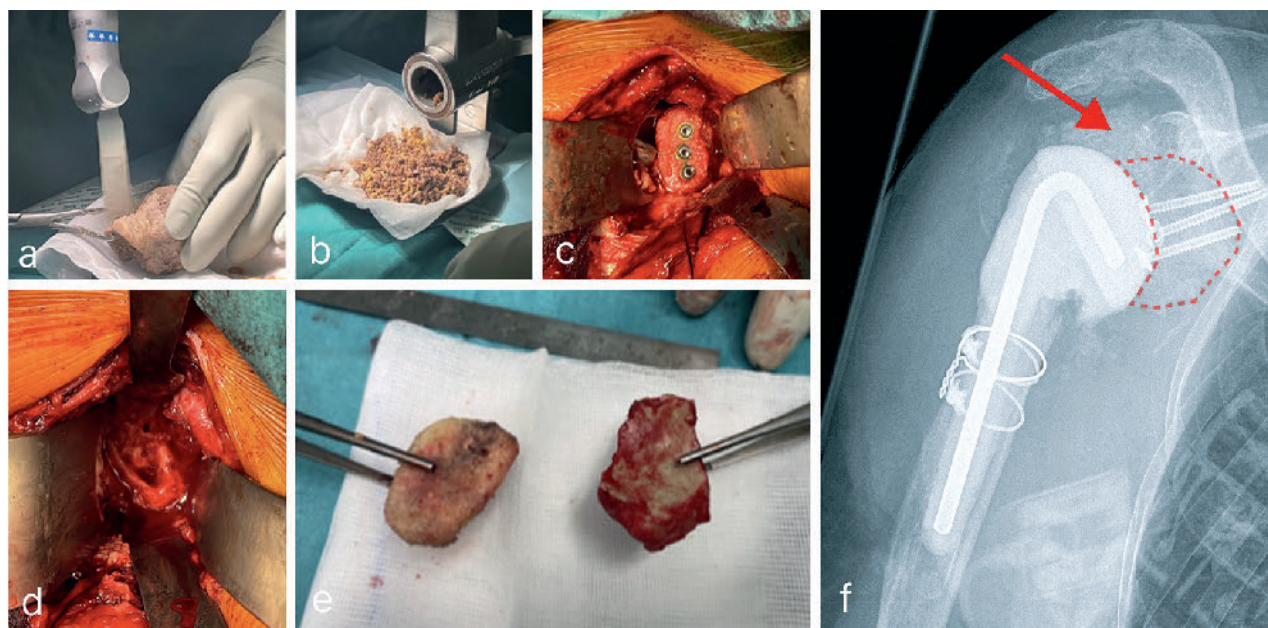


Abbildung 5 Zurichtung eines Allografts bei zweizeitigem Vorgehen. **a** Aus einem thermodesinfizierten Femurkopf (TELOS GmbH, Marburg) wird der aufgetaute Femurkopf mit der Säge zugeschnitten, **b** restliche Knochenteile des Allografts werden mit der Knochenmühle zerkleinert, um nach der Graftfixation rund um das Glenoid impaktiert zu werden. **c** Mit 3 kanülierten Schrauben fixiertes Allograft. Die zentrale Schraube antizipiert bereits die spätere Bohrrichtung des zentralen Zapfens der Basisplatte. So kann der Vektor der Zapfenbohrung bei Implantation der Revisionsprothese leicht aufgefunden werden. **d** Knöcherner Glenoiddefekt Typ 5, bzw. C4. **e** Links im Bild der zugeschnittene Knochenblock, rechts der Abdruck des Defektes aus Zement, was beim Zurichten des Graftes sehr hilfreich ist. **f** Röntgenbild nach Glenoidaufbau mit Einlage eines Spacers im Humerus. Der Pfeil zeigt den gemahlenen Transplantatknochen, die gestrichelte Linie den Knochenblock, der mit 3 Schrauben fixiert wurde.

wird das Transplantat zunächst mit kanülierten Schrauben fixiert.

Falls superiore oder inferiore Defekte am Glenoid vorliegen, können diese meist durch die superiore, bzw. inferiore Schraube der Basisplatte ausreichend fixiert werden.

Für die Primärstabilität ist die Verwendung winkelstabiler Schrauben entscheidend. Es werden mindestens 2 winkelstabile Schrauben empfohlen [9]. Wir verwenden in der Regel 4 Schrauben, die zunächst kompressiv eingebracht und anschließend sekundär winkelstabil verriegelt werden können. Die Verfügbarkeit entsprechender Schrauben hängt aber vom jeweiligen Implantatsystem ab. Grundsätzlich sollte die inferiore Schraube im Margo lateralis und die superiore Schraube in der Korakoidbasis verankert werden [19, 20].

Bei stabilem Schaft ohne Hinweise auf eine Low-grade Infektion (Probenentnahme durch Arthroskopie vor dem Revisionseingriff) kann der Schaft belassen werden [17]. Um den knöchernen Aufbau zu schützen, sollte der metaphysäre Teil des einlie-

genden Schaftes mit einer Kappe aus Knochenzement abgedeckt werden. In der Regel lässt sich der so eingebrachte Zement beim zweiten Eingriff rückstandslos heraus schlagen (Abb. 6).

In Ausnahmefällen, in denen ein Zementspacer im Humerus nicht eingesetzt werden kann, kann die Humeruskomponente entfernt und das Gelenk in einer Sine-sine-Situation belassen werden. Obwohl die Einheilung des Aufbaus in solchen Fällen möglich ist, fehlt der Artikulationsdruck, was zu einer empfindlichen Verkürzung der Weichteile während der Graftheilung führen kann. Daher verwenden wir in der Regel einen schmalen, handgeformten Zementspacer, der den Aufbau leicht komprimiert.

Autograft oder Allograft

Gefriergetrockneter Knochen, der eine geringe strukturelle Integrität aufweist, eignet sich nicht als strukturelles Transplantat und kann deshalb nur für die Knochenimpaktion „impaction-bone-grafting“ bei umschlossenen Defekten verwendet werden. Ein wesentlicher Vorteil liegt aber in

seiner sofortigen Verfügbarkeit, da er bei Raumtemperatur gelagert werden kann und keine Vorbereitung erfordert. Er ist für die Behandlung von umschlossenen Defekten (C-Defekte, bzw. Gohlke Grad 1–2) geeignet.

Strukturelle Allografts werden von Spendern gewonnen und tiefgefroren gelagert. Das einzige in Deutschland zugelassene Verfahren zur Herstellung ganzer Femurköpfe ist das Thermodesinfektionsverfahren (z. B. Marburger Knochenbanksystem, TELOS GmbH), das ausschließlich mit Hitze arbeitet. Diese Grafts behalten zwar ihre mechanischen Eigenschaften, verfügen jedoch weder über osteoinduktive noch über osteogene Eigenschaften. In der Regel werden sie vorab bestellt und müssen während der Operation aufgetaut werden. Knochentransplantate werden meist als Ganzknochen, beispielsweise als Femurkopf, bezogen und während der Operation freihändig zugeschnitten. Typische Transplantatformen sind konzentrische Scheiben, Keile und L-förmige Transplantate.

Bei älteren Patientinnen und Patienten mit Osteoporose, insbesondere

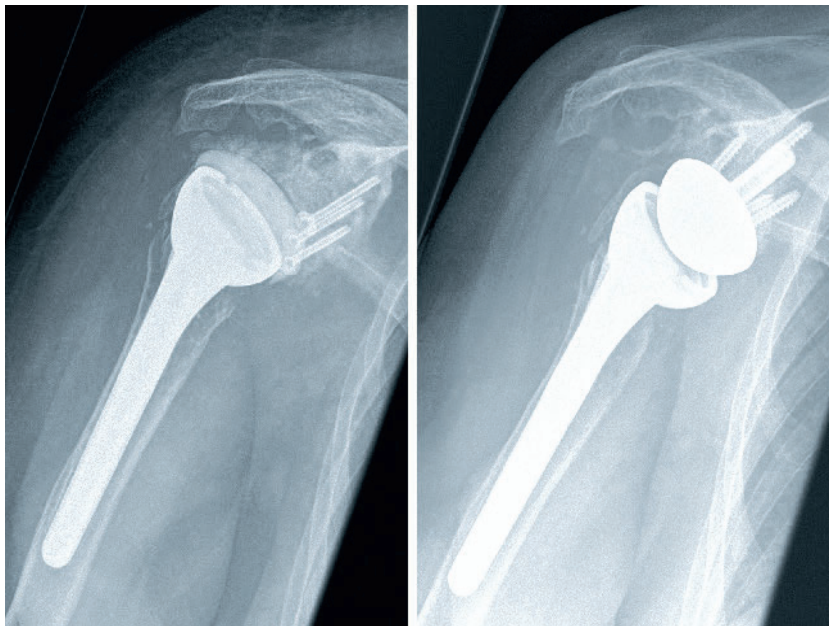


Abbildung 6 Links Postoperatives Röntgenbild eines knöchernen Glenoidaufbaus mit Allograft bei zweizeitigem Vorgehen. Der Schaft war in diesem Fall fest und konnte beibehalten werden. Eine Low-grade Infektion wurde zuvor ausgeschlossen (Arthroskopie zur Probenentnahme vor der Revision). Die Metaphyse des Schaftes wurde hier mit einer schmalen Zementkappe abgedeckt, um den Glenoidaufbau nicht zu gefährden. So bleibt der Artikulationsdruck für die Einheilung erhalten und der Zement rund um den metaphysären Prothesenkelch kann in der Regel beim zweiten Eingriff mühelos wieder herausgeschlagen werden. **Rechts** Revisionsbasisplatte und Glenosphäre, die im zweiten Eingriff ca. 3 Monate nach der Allograft-Rekonstruktion des Glenoides größtenteils im Graft verankert sind.

re bei Frauen mit kleiner Körpergröße und rheumatoider Arthritis kann die Qualität und verfügbare Menge eines Beckenkammspanes oft nicht optimal sein. Durch die Entnahme größerer Späne entsteht zudem ein bruchgefährdeter Hebedefekt an der Entnahmestelle [21]. Von einigen Autoren wird daher bei der Entnahme grundsätzlich eine überbrückende prophylaktische Verplattung der Crista iliaca empfohlen [9]. Auch wenn die Einheilung autologer Beckenkammspanen denen der Allgrafts überlegen erscheint und überwiegend sehr gute Ergebnisse zeigt, ist die Morbidität des Hebedefektes sowie die verfügbare Menge limitiert. Zum Aufbau großer Defekte ist daher oft nur ein Allograft möglich.

Patientenindividuelle Implantate

Patientenindividuelle Glenoidimplantate sind metallisch augmentierte Implantate, die speziell an einen Defekt angepasst werden. Sie ermöglichen die Wiederherstellung der Gelenklinie und eine adäquate Fixation im verbliebenen nativen Glenoidknochen. Grundlage für ihre Herstellung ist ein CT-basiertes Knochenmodell. Wenn Metallartefakte eine virtuelle Planung verhindern, kann auch zweizeitig vorgegangen werden, da die Planung bei einliegendem Spacer in der Regel problemlos mög-

lich ist. Auf Basis eines präoperativen 3D-Modells wird gemeinsam mit einem Servicetechniker des Herstellers ein Konstruktionsplan erstellt, der sich an den noch vorhandenen knöchernen Abstützungen des Glenoides orientiert. Anschließend wird das Implantat an den Defekt angepasst und im additiven Metalldruckverfahren gefertigt. Auch Schraubenverläufe und mögliche Abstützungen der Basisplatte am verbliebenen Knochen können virtuell frei geplant werden. Zur Erleichterung der intraoperativen Schraubenpositionierung wird in der Regel zusätzlich ein patientenspezifisches Instrumentarium mit Bohrschablonen bereitgestellt (Abb. 3).

Grundsätzlich können diese individuellen Implantate bis hin zum vollständigen Skapulaersatz erweitert werden. Trotz der präzisen Anpassung an das verbliebene Knochenlager ist aufgrund des Implantatvolumens und der hohen Steifigkeit mit einer unphysiologischen Krafteinleitung zu rechnen. Ob hieraus tatsächlich erhöhte Komplikationsraten wie Ermüdungsfrakturen am Skapulahals und an der Spina scapulae, Infektionen oder Lockerungen resultieren, ist bislang nicht abschließend geklärt. Angesichts der begrenzten Rückzugsmöglichkeiten sollte ihr Einsatz daher streng indiziert werden. Ein weiterer Nachteil sind die

derzeit sehr hohen Kosten individueller Implantate. Die Kostenträger lehnen deren Übernahme häufig ab, obwohl bei großen Defekten alternativ oft mehrzeitige Eingriffe erforderlich sind, die insgesamt deutlich höhere Kosten verursachen können, als der Einsatz eines individuellen Implantats. Scheitert ein solches Implantat, bestehen praktisch kaum noch Rückzugsmöglichkeiten.

Postoperativ erfolgt für sechs Wochen eine Ruhigstellung im Abduktionskissen. In diesem Zeitraum sind ausschließlich passive, assistiv geführte Flexions- und Abduktionsübungen bis maximal 60° erlaubt. Die Außenrotation bleibt aufgrund der hohen Torsionsbelastung des Glenoids für sechs Wochen eingeschränkt.

Diskussion und Literaturübersicht

Die Verwendung eines knöchernen Glenoidaufbaus bei primärer inverser Endoprothetik wurde maßgeblich von Boileau et al. eingeführt [22]. Zur Wiederherstellung einer neutralen Glenoidversion und -inklination bei exzentrischen Defekten diente ein kortikospongiöser autologer Span aus dem Humeruskopf. Dieser wurde auf eine Glenoidbasisplatte mit langem Zapfen aufgebracht. Die Inkorporation des Transplantates bei Primäreingriffen war hoch: 91 % heilten bei 54 Patientinnen und Patienten nach 36 Mona-

ten komplett ein [22]. In einem Fall (1,8 %) kam es zu einer Basisplattenlockerung. Mildes inferiores Notching trat aber in 25 % der Fälle auf.

Bei einer kürzlich publizierten Arbeit von Sholtis et al. wurden 18 Revisions-Fälle bei gescheiterter inverser Prothese mit Glenoiddefekten untersucht, die mit strukturellen Allografts oder Autografts versorgt wurden. Der Follow-up lag bei 4.4 ± 3.9 Jahren [23]. Während die klinische Funktion und der Bewegungsumfang deutlich verbessert werden konnten, war eine Reoperationsrate von 19 % und eine Gesamtkomplikationsrate von 27 % berichtet worden. Allerdings standen 86 % dieser Komplikationen nicht im Zusammenhang mit einem Versagen der Glenoidrekonstruktion.

Die Inkorporation der Grafts, unabhängig davon, ob sie als Autograft (Beckenkamm) oder Allograft zum Einsatz kommen ist in der Literatur gut dokumentiert: Chamberlain et al. hatten 35 Patientinnen und Patienten mit strukturellen Autografts oder Allografts zur Glenoidrekonstruktion in der Revisionsendoprothetik untersucht [24]. Nach 2 Jahren konnten die Autoren keine Unterschiede hinsichtlich der Inkorporation beider Grafttypen (Allograft oder Autograft) feststellen [24]. Selbst extreme Defekte zeigten in einer eigenen Untersuchung mit einer Defektgröße Typ 5 nach Gohlke in allen Fällen ein stabiles und vollständiges Einwachsen eines allogenen Grafts, welches unter Verwendung von Beckenkammpongosa als Zwischenschicht zwischen nativem Knochen und Graft zweizeitig eingebracht wurde [25].

Auch Ingoe et al. berichten von einer hohen Heilungsrate (92 %) bei 16 Patientinnen und Patienten, die mit einem Femurkopf-Allograft bei einem Revisionseingriff überwiegend einzeitig (75 %) versorgt wurden. Bei Klein et al. [26] wurde bei Primärimplantationen die sogenannte „scapular spine centerline“ verwendet, wenn die „standard centerline“ keine ausreichende Verankerungstiefe im Glenoidkelch ermöglichte. Die Einheilung der Glenoidkomponente war in beiden Gruppen, mit oder ohne Knochenaufbau, vergleichbar. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Baturan et al. [27] die sowohl Femur-

Allografts als auch autologen Beckenkamm Knochen kombinierten. Spätestens nach sechs Monate nach der Implantation zeigte sich schon eine feste Einheilung des Konstrukts im CT. Jones et al. [28] berichten aber darüber, dass Patientinnen und Patienten mit Knochentransplantation insgesamt ungünstigere Ergebnisse erzielten, als eine nach Alter und Geschlecht gematchte Kontrollgruppe ohne Knochentransplantat. Die präoperativen Ausgangswerte unterschieden sich zwischen beiden Gruppen nicht signifikant.

Während Femurkopf-Allografts in der Literatur gute Heilungsraten zeigen, raten Ozgur et al. von der Verwendung überwiegend kortikal abgestützter femoraler Transplantate ab. In ihrer retrospektiven Untersuchung von 24 Wechseloperationen mit Glenoidaufbau bei medialisiertem Glenoid bei Knochenverlust erfolgte die Rekonstruktion meist einzeitig. Zur Unterstützung der Knochenheilung wurde rekombinantes humanes Knochenmorphogenetisches Protein-2 (BMP2) eingesetzt. Bis auf einen Fall versagten jedoch alle überwiegend kortikal abgestützten Femur-Allografts frühzeitig; als mögliche Ursache wurden Infraktionen an den Bohrungen der peripheren Schrauben festgestellt [29].

In einer retrospektiven Analyse von Gupta et al. [30] konnte auch bei exzentrischer Defektconfiguration in 93 % der Fälle der Aufbau einzeitig vorgenommen werden. Eine frühzeitige Lockerung der Basisplatte wurde hier auf einen zu kurzen zentralen Zapfen zurückgeführt. Die Gesamtkomplikationsrate lag dort bei 13 %. Auch Gohlke et al. [5] berichten über hohe Einheilungsraten der Transplantate. In ihre Auswertung gingen insgesamt 145 Fälle mit großen Glenoiddefekten (58 % Typ 2 und 3) sowie sehr großen Defekten (42 % Typ 4 und 5) ein. In 56 Fällen wurde autologer Beckenkamm, in fünf Fällen ein Allograft verwendet. Bei 25 % der Patientinnen und Patienten erfolgte das Vorgehen zweizeitig. Die Erfolgsrate, definiert als Einheilung des Transplantats ohne Lockerung der Glenoidkomponente, lag sowohl nach einzeitigem als auch nach zweizeitigem Vorgehen bei über 90 %. Ob ein

strukturelles autogenes (Beckenkamm) einem allogenen Transplantat überlegen ist, untersuchten Mahylyis et al. [7]. Auch wenn in den Fällen mit strukturellem Autograft die Defekte signifikant größer waren, zeigten sich nach mindestens zwei Jahren keine Unterschiede hinsichtlich Transplantatintegration und -resorption, Glenosphärenposition sowie Notching-Rate. Auch bei den klinischen Ergebnissen gab es keinen Unterschied. Eine deutlich höhere Resorptionsrate zeigte sich hingegen in einer retrospektiven Studie von Ho et al. mit 44 Patientinnen und Patienten [31]. Davon waren nur sieben Revisionsindikationen. Während 25 % der autologen Späne nach einem Median von 20 Monaten lockerten, waren es bei den Allografts mit 50 % doppelt so viele. Die Autoren vermuten, dass Korrekturen zu großer Retroversionen ungünstig auf die Resorptions- und Lockerungsrate einwirkt [31]. Dass eine biologische und metallische Augmentation gut kombiniert werden kann, berichten Nabergoj et al. [32]. Sie verglichen die Ergebnisse einer rein knöchernen Augmentation und kombinierter knöcherner mit metallischer Augmentation, wobei der ausgleichende Defekt bei der kombinierten Gruppe größer war. Weder in der rein knöchernen, noch in der kombinierten Gruppe kam es nach 2 Jahren zu einer signifikanten Spanresorption. Die Flexion war sogar in der kombinierten Gruppe besser. Bei 37,5 % der Fälle mit alleinigem Knochenaufbau war eine partielle inferiore Spanresorption zu beobachten [32].

Gute Ergebnisse werden auch bei individuell gedruckten Implantaten berichtet. Rangarajan et al. untersuchten nach 1 Jahr 19 Patientinnen und Patienten, die mit einem individuellem Glenoid versorgt wurden über eine gute Einheilung und Funktion, aber auch über eine Komplikationsrate von 21 % von denen aber keine in Zusammenhang mit dem Glenoidimplantat stand [33]. Bei Ortmeier et al. gab es 12 Monate postoperativ bei einer Untersuchung von 9 Patientinnen und Patienten mit individuell gedrucktem Glenoid keine Komplikationen, weder eine Lockerung, noch inferiores Notching oder ein Revisions-eingriff waren nötig [34].

Zusammenfassung

Die Rekonstruktion knöcherner Glenoiddefekte nach gescheiterter inverser Prothese stellt zählt zu den komplexesten Eingriffen in der Schulterchirurgie. Eine sorgfältige präoperative Planung und ein geschultes Team sind unerlässlich, um die Defektmorphologie zu verstehen und um eine geeignete Behandlungsstrategie zu bestimmen. Ist das verbleibende glenoidale Knochengewebe ausreichend stabil, kann eine einzeitige Rekonstruktion mit strukturellen Knochentransplantaten erfolgen. Sowohl autologes als auch allogenes Knochengewebe zeigt eine zuverlässige Einheilung, selbst bei ausgedehnten Glenoiddefekten. Die Kombination aus knöchernem Wiederaufbau des Glenoides und Inverser Prothese führt in der Regel zu guten Ergebnissen. Auch wenn die klinischen Erfolge bei knöchernen Aufbauten überzeugend sind, erreichen sie nicht die Ergebnisse Inverser Prothesen ohne strukturellen Knochenaufbau. Bei schweren Defekten bieten metallische, patientenindividuell gedruckte Glenoidkomponenten eine alternative Lösung. Die kurzfristigen Überlebens- und klinischen Nach-

beobachtungsdaten sind derzeit vielversprechend, jedoch müssen aufgrund der fehlenden Rückzugsmöglichkeiten und möglichen Komplikationen die Ergebnisse im Langzeitverlauf abgewartet werden.

Interessenkonflikte:

Beide Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht. Die Präsentation des Themas ist unabhängig und die Darstellung der Inhalte produktneutral.

R. Hudek weist auf folgende Beziehung hin: Aufwandsentschädigungen für Vorträge, Einsätze als Instruktor bei Operationskursen, Hospitationskursen, dem fachlichen Austausch und Beratungen von den Firmen Conmed und Permedica.

L.V. von Engelhardt weist auf folgende Beziehung hin: Aufwandsentschädigungen für Vorträge, Einsätze als Instruktor bei Operationskursen, Hospitationskursen, dem fachlichen Austausch und Beratungen von den Firmen Corin, Microport, Fx Solutions und Arthrex.



Foto: privat

Korrespondenzadressen
Priv.-Doz. Dr. med. Robert Hudek
 Sektion Schulter- und
 Ellenbogenchirurgie
 ATOS Klinik Fleetinsel Hamburg
 20459 Hamburg
 robert.hudek@atos.de



Foto: Klinikum Peine

**Prof. Dr. med. Lars Victor
 von Engelhardt**
 Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie
 und Sportmedizin am Klinikum Peine
 Akademisches Lehrkrankenhaus der Me-
 dizinischen Hochschule Hannover
 31226 Peine &
 Universität Witten/Herdecke
 58455 Witten
 larsvictor@hotmail.de

OUP



OUP online

Wussten Sie, dass Sie die OUP auch im Internet lesen können?

Ab dem ersten Erscheinungstag steht die jeweilige aktuelle OUP-Ausgabe unter www.online-oup.de im Netz. Nach einmaliger Registrierung können Sie sich jederzeit einloggen.

Ein besonderer Vorteil:

Nach Registrierung stehen Ihnen unsere CME-Artikel direkt zur Verfügung und Sie können wertvolle Punkte erwerben.

www.online-oup.de