

Thorsten Gühring, Luis Navas

Komplikationen nach Osteosynthese proximaler Humerusfrakturen

Ein Überblick über Epidemiologie, Diagnostik, Risikofaktoren und Revisionsstrategien

Zusammenfassung:

Proximale Humerusfrakturen zählen zu den häufigsten Frakturen des höheren Lebensalters und entstehen überwiegend durch Niedrigenergiestraumata wie Stürze auf den ausgestreckten Arm [1, 2]. Die operative Versorgung mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese, intramedullärer Nagelung oder minimal-invasiver Verfahren ist insbesondere bei dislozierten oder komplexen Mehrfragmentfrakturen indiziert [3, 4]. Trotz moderner Implantate und verbesserter Operationstechniken bleibt die Komplikationsrate relevant und umfasst unter anderem Schraubenperforationen, sekundäre Dislokationen, avaskuläre Nekrosen, Pseudarthrosen, Infektionen und postoperative Schultersteife [5, 6]. Das vorliegende Manuskript gibt einen strukturierten Überblick über aktuelle Klassifikationen, Risikofaktoren, typische Komplikationen und evidenzbasierte Revisionsstrategien. Darüber hinaus werden Unterschiede zwischen den gängigen Osteosyntheseverfahren dargestellt und klinisch relevante Handlungsempfehlungen für Diagnostik und Therapie abgeleitet.

Schlüsselwörter:

Proximaler Humerusfraktur, Komplikation, Osteosynthese, Orthobiologica

Zitierweise:

Gühring T, Navas L: Komplikationen nach Osteosynthese proximaler Humerusfrakturen. Ein Überblick über Epidemiologie, Diagnostik, Risikofaktoren und Revisionsstrategien

OUP 2026; 15: 175–180

DOI 10.53180/oup.2026.0175-0180

Einleitung

Proximale Humerusfrakturen gehören zu den häufigsten Frakturen des älteren Menschen und entstehen überwiegend durch Niedrigenergiestraumata wie Stürze auf den ausgestreckten Arm [1, 2]. Die demografische Entwicklung mit einer alternden Bevölkerung und der zunehmenden Prävalenz der Osteoporose führt zu einer stetigen Zunahme dieser Verletzungen. Obwohl sich die operative Versorgung in den vergangenen Jahrzehnten deutlich weiterentwickelt hat, bleibt die Behandlung proximaler Humerusfrakturen aufgrund variabler Frakturmorphologien, eingeschränkter Knochenqualität und komplexer Weichteilverhältnisse weiterhin anspruchs-

voll. Ziel der Therapie ist die Wiederherstellung einer alters- und funktionsgerechten Schulterfunktion bei gleichzeitiger Minimierung von Komplikationen, die in der Literatur mit Raten zwischen 14 und 45 % beschrieben werden [3, 4]. Insbesondere Mehrfragment- und Luxationsfrakturen erfordern ein tiefes Verständnis der biologischen und mechanischen Faktoren, die den Heilungsverlauf beeinflussen.

Epidemiologie und Pathophysiologie

Proximale Humerusfrakturen machen etwa 6 % aller Frakturen aus und sind nach distalen Radiusfrakturen und Hüftfrakturen die dritthäufigste Frak-

tur im geriatrischen Patientenkollektiv [1]. Frauen sind aufgrund der höheren Osteoporoseprävalenz etwa doppelt so häufig betroffen wie Männer. Die Pathophysiologie dieser Frakturen ist eng mit der Knochenqualität verknüpft. Osteoporotischer Knochen weist eine reduzierte Trabekelstruktur und verminderte mechanische Stabilität auf, was zu typischen Mehrfragmentfrakturen führt [3]. Besonders betroffen sind die Tuberkula, die metaphysäre Kopfgregion und die mediale Stützstruktur, deren Integrität entscheidend für die Stabilität der Fraktur ist. Die Blutversorgung des Humeruskopfes ist vulnerabel, insbesondere bei Frakturluxationen und bei Frakturen mit geringer metaphysärer Kopfexten-

Complications after osteosynthesis of proximal humeral fractures

An overview of epidemiology, diagnostics, risk factors, and revision strategies

Summary: Proximal humerus fractures are among the most common fractures in older adults and typically result from low-energy trauma such as falls onto the outstretched arm [1, 2]. Surgical treatment using locking plate fixation, intramedullary nailing, or minimally invasive techniques is particularly indicated for displaced or complex multi-fragment fractures [3, 4]. Despite advances in implant design and surgical technique, complication rates remain clinically relevant and include screw perforation, secondary displacement, avascular necrosis, nonunion, infection, and postoperative stiffness [5, 6]. This manuscript provides a structured overview of current classifications, risk factors, common complications, and evidence-based revision strategies. It further outlines the differences between established osteosynthesis techniques and derives clinically relevant recommendations for diagnostic and therapeutic decision-making.

Keywords: Proximal humerus fracture, complication, osteosynthesis, orthobiologics

Citation: Gühring T, Navas L: Complications after osteosynthesis of proximal humeral fractures. An overview of epidemiology, diagnostics, risk factors, and revision strategies
OUP 2026; 15: 175–180. DOI 10.53180/oup.2026.0175-0180

sion, was das Risiko einer avaskulären Nekrose erhöht [7, 8].

Diagnostik

Die Diagnostik proximaler Humerusfrakturen basiert auf einer Kombination aus klinischer Untersuchung und bildgebenden Verfahren. Die konventionelle Röntgendiagnostik in 2 Ebenen bildet die Grundlage, reicht jedoch bei komplexen Frakturen häufig nicht aus. Die Computertomografie mit 3D-Rekonstruktion ermöglicht eine detaillierte Beurteilung der Frakturmorphologie, der Tuberkulabeteiligung, der metaphysären Kopfextension und der medialen Stützstruktur und ist daher für die präoperative Planung essenziell [4]. Die Magnetresonanztomografie spielt eine Rolle bei der Abklärung von Rotatorenmanschettenverletzungen oder bei Verdacht auf pathologische Frakturen [9]. Die präoperative Analyse der Humeruskopfdicke kann zudem helfen, das Risiko für Schraubenperforationen vorherzusagen, wie in biomechanischen Studien gezeigt wurde [10].

Klassifikationen

Die Klassifikation proximaler Humerusfrakturen dient der Therapieplanung und der Prognoseabschätzung.

Die Einteilung nach Boileau unterscheidet zwischen nicht dislozierten Frakturen, dislozierten Frakturen mit erhaltenem Kontakt, dislozierten Frakturen ohne Kontakt und Frakturen mit Verlust der medialen Stützstruktur [11]. Diese Einteilung hat sich klinisch

bewährt, da sie die Stabilität der Fraktur und das Risiko für sekundäre Dislokationen berücksichtigt. Für Komplikationen nach winkelstabiler Plattenosteosynthese hat sich die Klassifikation nach Siebenbürger etabliert, die zwischen milden Fehlstellungen, Va-



Abbildung 1 Insuffiziente Frakturreposi-tion mit intraartikulärer Schraubenlage. Eine Computertomografie ist erforderlich, um zu beurteilen, ob ein kopf- und gelenkerhaltendes Vorgehen möglich ist oder eine endoprothetische Versorgung die sinnvollere Alternative darstellt.



Abbildung 2 Implantatversagen nach zu kurzer, zementaugmentierter Plattenosteosynthese bei reduzierter Knochenqualität. In geeigneten Fällen kann eine Reosteosynthese mit längerem Implantat erwogen werden.

Abb. 1–7: T. Gühring

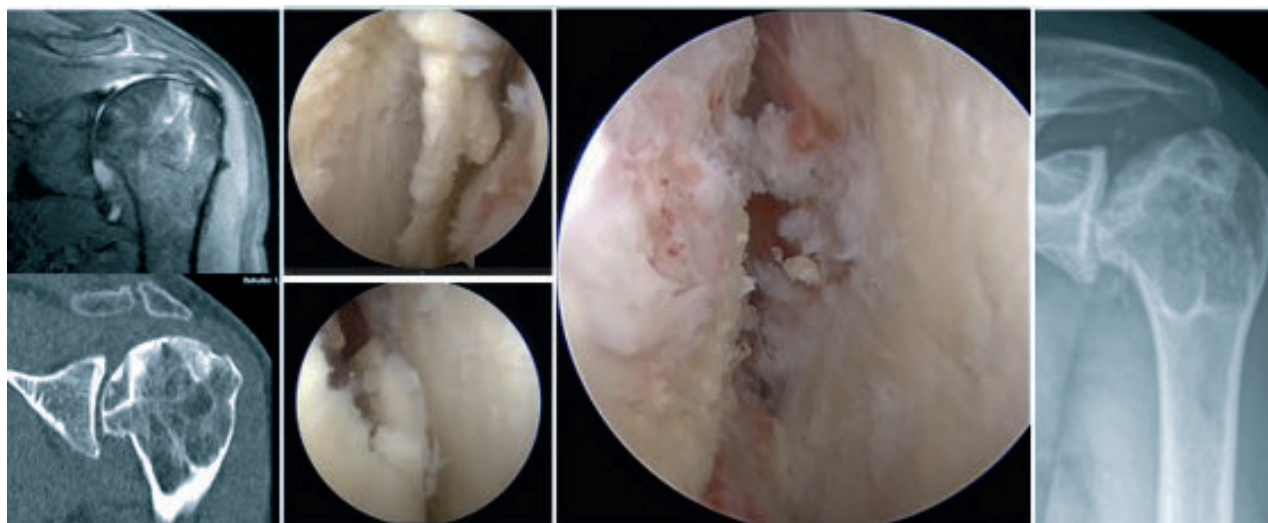


Abbildung 3 Posttraumatisch aufgetretene Humeruskopfnekrose mit sekundärer Arthrose 4 Jahre nach Plattenosteosynthese. Bei Versagen der konservativen Therapie kann eine orthobiologische Behandlung erwogen werden; in fortgeschrittenen Fällen ist eine anatomische Totalendoprothese zu diskutieren.

rusfehlstellungen mit Schraubencutout, Tuberkulaversatz, schweren Varusfehlstellungen und avaskulärer Nekrose unterscheidet [12]. Diese Klassifikation ermöglicht eine standardisierte Beschreibung von Komplikationen und erleichtert die Auswahl geeigneter Revisionsstrategien.

Konservative und orthobiologische Therapieansätze bei posttraumatischer Arthrose

Für die posttraumatische Arthrose nach proximaler Humerusfraktur stehen verschiedene konservative und adjuvante Therapieoptionen zur Verfügung, die im Rahmen dieses Übersichtsartikels nur zusammenfassend dargestellt werden können. Hierzu zählen insbesondere funktionelle Behandlungsansätze einschließlich Physiotherapie sowie orthobiologische Therapien wie Eigenblutverfahren, Hyaluronsäure und ggf. zellbasierte Verfahren wie die stromale vaskuläre Fraktion (SVF). Die SVF ist eine heterogene Zellpopulation, die aus Fettgewebe gewonnen wird und als regenerative Therapie bei Arthrose, einschließlich der posttraumatischen Schulterarthrose, untersucht wurde. Sie enthält mesenchymale Stammzellen, Makrophagen mit überwiegend antiinflammatorischem M2-Phänotyp, endotheliale Vorläuferzellen und weitere Stromazellen, die gemeinsam antiinflammatorische, immunmodulatorische und anabole Ef-

ekte auf das Gelenkgewebe ausüben [13–15].

Klinische und präklinische Studien zeigen, dass die intraartikuläre Gabe von SVF Schmerzen reduzieren, die Gelenkfunktion verbessern, die Knorpelregeneration fördern und katabole Prozesse im arthrotischen Gelenk hemmen kann. Der zugrunde liegende Mechanismus beruht auf parakriner Signalgebung, insbesondere auf einer TGF- β -induzierten Smad2/3-Phosphorylierung, die das Überleben der Chondrozyten und die Matrixsynthese unterstützt sowie inflammatorische Mediatoren und matrixabbauende Enzyme wie MMP-13 reduziert [13, 14]. Die SVF-Therapie gilt insgesamt als sicher und ist im Langzeitverlauf nur mit wenigen Nebenwirkungen assoziiert; die Wirksamkeit scheint jedoch in frühen Arthrostadien höher zu sein und kann nach 2–3 Jahren abnehmen [16].

Obwohl sich die meisten veröffentlichten Studien auf die Kniearthrose konzentrieren, lassen sich die zugrunde liegenden pathophysiologischen und therapeutischen Konzepte in Teilen auch auf die Schulterarthrose übertragen, da vergleichbare degenerative und inflammatorische Prozesse vorliegen. Die SVF stellt derzeit keine Standard-Erstlinientherapie dar; die konventionelle Behandlung mit Physiotherapie, NSAR, Kortikosteroidinjektionen und ggf. Arthroplastik bleibt vorrangig. Entsprechend ist die SVF

derzeit als experimentelle Zusatzoption zu bewerten, während laufende Forschung die Protokolle weiter optimiert und ihre klinische Rolle präzisiert [16–18].

Operative Verfahren

Die operative Versorgung proximaler Humerusfrakturen und der Komplikationen nach proximaler Humerusfraktur umfasst verschiedene Verfahren, deren Auswahl von der Frakturkomplexität, der Knochenqualität und den funktionellen Anforderungen der Patientin bzw. des Patienten abhängt. Die winkelstabile Plattenosteosynthese ist das am weitesten verbreitete Verfahren und ermöglicht eine anatomische Rekonstruktion der Tuberkula, des Humeruskopfes und des Collum-Diaphysen-Winkels. Studien zeigen, dass die korrekte Platzierung von Calcar-Schrauben und die Wiederherstellung der medialen Stützstruktur entscheidend für die Vermeidung eines sekundären Varus-Kollapses sind [3, 4, 19]. Die winkelstabile Verriegelung der Schrauben im Plattenkörper sorgt für eine hohe Stabilität, selbst bei osteoporotischem Knochen, was in mehreren biomechanischen und klinischen Untersuchungen bestätigt wurde [5, 6, 20].

Die intramedulläre Nagelung stellt eine weniger invasive Alternative dar, die insbesondere bei einfachen Frakturen des Collum chirurgicum gute Er-



Abbildung 4 Sekundäre postoperative Schraubendislokation im Bereich des Tuberculum minus. Eine Computertomografie zur Planung einer möglichen Reosynthese ist sinnvoll.

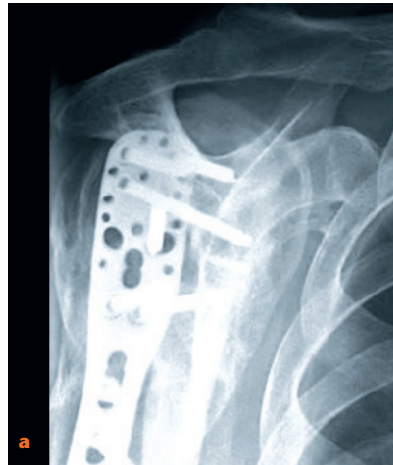


Abbildung 5 Gelenkankylose mit heterotopen Ossifikationen und ausgeprägter Bewegungseinschränkung nach winkelstabiler Plattenosteosynthese bei Pseudarthrose (a seitlich Aufnahme, b ap. Aufnahme)

gebnisse erzielt [21, 22]. Die zentrale Lage des Nagels im Markraum optimiert die Kraftübertragung entlang der Humerusachse. Dennoch bleibt die Nagelung technisch anspruchsvoll, da der Eintrittspunkt durch die Rotatorenmanschette verläuft und eine iatrogene Schädigung der Supraspinatussehne vermieden werden muss, wie mehrere Studien eindrücklich zeigen konnten [23–25].

Die minimal-invasive Plattenosteosynthese (MIPO) kombiniert die Vorteile der winkelstabilen Platte mit einer weichteilschonenden Operationstechnik. Durch kleine Inzisionen und submuskuläre Tunnelung bleibt die periostale Blutversorgung weitgehend erhalten, was das Risiko einer avaskulären Nekrose reduzieren kann [26]. Gleichzeitig erschwert die eingeschränkte Sicht die anatomische Reposition der Tuberkula, was zu einer höheren Rate an Varusfehlheilungen führen kann.

In Fällen, in denen eine anatomische Rekonstruktion nicht möglich ist, etwa bei stark osteoporotischem Knochen, Trümmerfrakturen oder bei Komplikationen nach Osteosynthese, stellt die prothetische Versorgung eine sinnvolle Alternative dar. Die inverse Schulterprothese zeigt in der verfügbaren Literatur, insbesondere bei komplexen Fraktursequelen, konsistent gute klinische Ergebnisse, da sie im Gegensatz zur anatomischen Prothese weniger von der Integrität der Tuberkula abhängig ist [7, 11, 27].



Abbildung 6 Partielle Pseudarthrose mit Kopf-Hals-Sinterung, Verkürzung und metaphysärem Knochensubstanzverlust (a seitlich Aufnahme, b ap. Aufnahme)

Übersicht über typische Komplikationen

Komplikationen nach operativer Versorgung proximaler Humerusfrakturen sind häufig und stellen eine erhebliche klinische Herausforderung dar. Die Literatur beschreibt Komplikationsraten zwischen 14 und 45 %, abhängig von Frakturtyp, Knochenqualität und chirurgischer Technik [1–4]. Zu den häufigsten Komplikationen zählt die Schraubenperforation, die entweder primär intraoperativ oder sekundär durch ein Absinken des Humeruskopfes auftreten kann. Besonders bei osteoporotischem Knochen und bei unzureichender Rekonstruktion der medialen Stützstruktur

kommt es häufig zu einem sekundären Varus-Kollaps, der die Schrauben in Richtung Gelenk drückt und zu einer intraartikulären Perforation führt [5, 6].

Eine weitere bedeutende Komplikation ist die avaskuläre Nekrose des Humeruskopfes. Sie entsteht durch eine Unterbrechung der Blutversorgung, die sowohl traumatisch bedingt als auch iatrogen verursacht sein kann. Besonders gefährdet sind Fracturluxationen und Vier-Fragment-Frakturen, bei denen die metaphysäre Kopfextension reduziert ist [7–9] und die Kalkarintegrität erheblich beeinträchtigt sein kann. Die Nekrose kann Monate bis Jahre nach der Operation

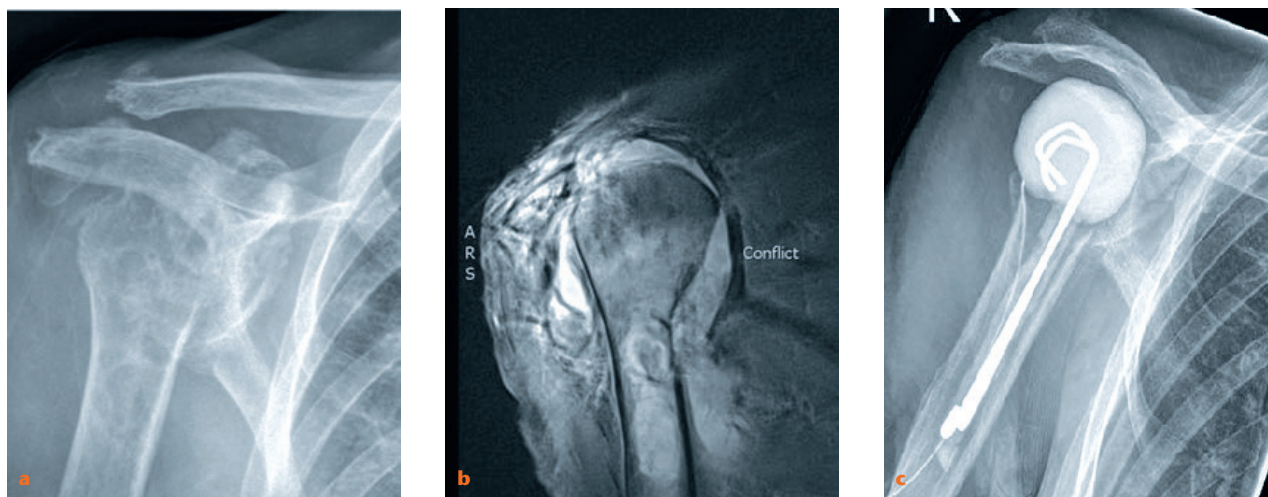


Abbildung 7 Spätinfekt nach Nagelosteosynthese mit bereits entferntem Nagel, mit zweizeitigem Vorgehen mit Humeruskopfresektion, Antibiotika-Spacer Implantation und sekundärer Schulterprothesenimplantation (a Röntgen, b MRT, c nach Humeruskopfresektion und Implantation eines Antibiotika-Spacers)

auftreten und führt häufig zu einer sekundären Arthrose, die eine prothetische Versorgung erforderlich macht.

Die Pseudarthrose stellt eine weitere schwerwiegende Komplikation dar. Sie tritt vor allem bei komplexen Frakturen, bei Frakturluxationen und bei unzureichender Reposition auf. Die fehlende knöcherne Konsolidierung führt zu Schmerzen, Instabilität und Funktionsverlust. Studien berichten Pseudarthrosenraten zwischen 3 und 8% [1, 28, 29].

Infektionen sind vglw. selten, können jedoch erhebliche Konsequenzen haben. Sie treten häufiger bei offenen Operationen als bei minimal-invasiven Techniken auf [26]. Schultersteife ist eine der häufigsten funktionellen Komplikationen und betrifft bis zu einem Viertel der Patientinnen und Patienten. Sie entsteht durch postoperative Schmerzen, Weichteilirritationen oder durch eine zu lange Ruhigstellung und führt häufig zur Implantatentfernung [1, 23].

Komplikationen nach operativen Verfahren

Die Komplikationsprofile unterscheiden sich deutlich zwischen den verschiedenen Osteosyntheseverfahren. Nach intramedullärer Nagelung treten Komplikationen in etwa 19% der Fälle auf, wobei Reoperationen in knapp 7% notwendig sind [21]. Besonders häufig sind Schraubenextrusionen, die durch eine unzureichende Fixation der proximalen Fragmente

oder durch eine sekundäre Dislokation verursacht werden. Rotatorenmanschettenläsionen sind ebenfalls typisch, da der Eintrittspunkt des Nagels durch die Supraspinatussehne verläuft, was in mehreren Studien dokumentiert wurde [23–25]. Die avaskuläre Nekrose tritt nach Nagelung in 13–17% der Fälle auf und ist häufig mit einer unzureichenden Rekonstruktion der medialen Scharnierstelle verbunden [22, 30, 31].

Nach winkelstabiler Plattenosteosynthese liegt die Komplikationsrate zwischen 14 und 15% [3, 4]. Die Schraubenperforation ist die häufigste Komplikation und tritt besonders bei älteren Patientinnen und Patienten mit Osteoporose auf. Die sekundäre Varusfehlstellung ist ein wesentlicher Risikofaktor für das Auftreten eines Cutouts [6, 26]. Die avaskuläre Nekrose tritt in bis zu 21% der Fälle auf, insbesondere bei Frakturluxationen und bei dislozierten valgusimpaktierten Frakturen [7, 8, 11, 27]. Die Schultersteife ist eine der häufigsten funktionellen Komplikationen und führt häufig zur Implantatentfernung [29].

Die minimal-invasive Plattenosteosynthese weist ein eigenes Komplikationsprofil auf. Zwar sind Infektionen und Weichteilirritationen seltener, jedoch kommt es aufgrund der eingeschränkten Sicht häufiger zu Varusfehlheilungen. Implantatirritationen treten ebenfalls häufig auf und machen in vielen Fällen eine Implantatentfernung notwendig [26].

Risikofaktoren für Komplikationen

Die Entstehung von Komplikationen ist multifaktoriell bedingt. Patientenbezogene Risikofaktoren wie ein Alter über 60 Jahre, Osteoporose, Diabetes mellitus und Rauchen erhöhen das Risiko erheblich [3, 29]. Frauen sind aufgrund der höheren Osteoporoseprävalenz häufiger betroffen. Frakturspezifische Risikofaktoren umfassen komplexe Vier-Fragment-Frakturen, Frakturluxationen und Frakturen mit Verlust der medialen Stützstruktur [1, 7, 27]. Radiologische Parameter wie eine eingeschränkte metaphysäre Kopfextension und eine insuffiziente mediale Abstützung sind mit einem erhöhten Risiko für Humeruskopfnekrose und mechanisches Versagen assoziiert [22]. Technische Risikofaktoren spielen eine ebenso entscheidende Rolle. Eine unzureichende Frakturposition, eine Varusfehlstellung, fehlende Calcar-Schrauben und eine unzureichende Schraubenlänge erhöhen das Risiko für Schraubencutout und sekundäre Dislokationen erheblich [5, 10, 19].

Revisionsstrategien

Das Management von Komplikationen nach Osteosynthese proximaler Humerusfrakturen erfordert ein strukturiertes Vorgehen, das biologische, mechanische und patientenspezifische Faktoren berücksichtigt; abhängig vom Befund reichen die Therapieoptionen von konservativen Maßnah-

men und orthobiologischen Verfahren über die Reosteosynthese bis hin zur hemiarthroplastischen, anatomischen oder inversen Endoprothese.

Bei milden Fehlstellungen oder funktionellen Einschränkungen können konservative Maßnahmen wie Physiotherapie oder Schmerztherapie ausreichend sein. Bei mechanischem Versagen, Pseudarthrosen oder ausgeprägten Fehlstellungen kann bei adäquater Weichteilsituation und ausreichendem Knochenbestand eine Reosteosynthese sinnvoll sein, wobei moderne Implantate, Knochenersatzmaterialien oder autologe Spongiosa eingesetzt werden können [4, 29]. In Fällen, in denen eine erneute Osteo-

synthese nicht erfolgversprechend ist, stellt die prothetische Versorgung eine wichtige Behandlungsoption dar. Die inverse Schulterprothese zeigt insbesondere bei Tuberkulaversagen, avaskulärer Nekrose und komplexen Fraktursequelen konsistent gute klinische Ergebnisse [7, 8, 11, 27].

Interessenkonflikte:

Keine angegeben.

Das Literaturverzeichnis zu diesem Beitrag finden Sie auf:
www.online-oup.de.



Foto: privat

Korrespondenzadresse
Prof. Dr. Thorsten Gühring
Schulter- und Ellenbogenchirurgie
Orthopädische Klinik und
Praxis Stuttgart-Botnang
70195 Stuttgart
thorsten.guehring@oksb.de

Vereinigung Süddeutscher Orthopäden und Unfallchirurgen e.V.

VSOU



Herausragende Autoren, Veröffentlichungen & verdiente Mitglieder

werden im Rahmen der Jahrestagung
der VSOU e.V. geehrt.



Der Nachwuchs wird durch die
Vergabe von Stipendien
besonders gefördert.

Mehr Infos zu Preisen,
Stipendien und den
Vergabeverfahren unter:



vsou.de/vsou-preise-stipendien

 vsou.de

 facebook.com/VSOU.Tagung

 instagram.com/vsou.tagung

 linkedin.com/showcase/vsou-tagung