

## Möglichkeiten der präoperativen Prothesenplanung

# Totalendoprothetik der Schulter anatomisch und invers

Wolfgang Vogt<sup>1</sup>, Johann Wasmaier<sup>1</sup>, Stefan Buchmann<sup>1,2</sup>

Eine detaillierte präoperative Planung der Schulterprothese sowie die exakte intraoperative Umsetzung können eine bessere Prothesenpositionierung erzielen und Implantationsfehler vermeiden. Durch eine optimale Prothesenposition werden günstigere klinische Ergebnisse erzielt und Komplikationen wie Notching, Abrieb und Lockerung reduziert.

Die Prothesenplanung in der Hüft- und Knieendoprothetik besitzt seit vielen Jahren einen hohen Stellenwert. Neben der Größen- und Implantattypen-Planung wird hierbei insbesondere Wert auf die Beinlänge beziehungsweise -achse gelegt. Die Bedeutung einer exakten Prothesenplanung im Bereich der Schulter wurde in den vergangenen Jahren teilweise unterschätzt. Aktuelle Studien zeigen sowohl in der anatomischen als auch in der inversen Schulterendoprothetik einen signifikanten Einfluss der präoperativen Planung und der Implantatpositionierung auf die Beweglichkeit und das funktionelle postoperative Ergebnis. Ebenso werden Auswirkungen auf die Lockerungsraten, die mögliche Protheseninstabilität und den Abrieb beschrieben [1, 2]. Mit diesem Wissen gilt es nun, insbesondere die Präzision der Erstoperation zu verbessern und das Risiko eines Implantationsfehlers zu minimieren.

Neben der konventionellen zweidimensionalen Planung am Röntgenbild stehen auch modernere Verfahren zur Verfügung. Zusätzlich zur dreidimensionalen Prothesenplanung am Computertomografie(CT)-Modell gibt es seit einiger Zeit auch die Option, die Schulterbeweglichkeit dreidimensional präoperativ zu simulieren. Einige Hersteller bieten zudem individuell maßangefertigte Schnittblöcke an, um die präoperative Prothesenplanung möglichst exakt intraoperativ umzusetzen. All diese Schritte sind sinnvolle Entwicklungen in Richtung der optimalen Implantatpositionierung.

## Implantatpositionierung

Um die Möglichkeiten der präoperativen Schulterprothesenplanung beurteilen zu können, ist es primär wichtig zu wissen, welche Parameter für die exakte Planung relevant sind und wie die optimale Positionierung aussehen würde.

Bei der anatomischen Endoprothese orientiert man sich an der physiologischen Anatomie: Die Variablen Implantatgröße, Version, Resektionshöhe und Inklination sollten an diese an-

gepasst werden. In der mediolateralen Positionierung ist eine Lateralisierung mit konsekutivem Overstuffing zu vermeiden. Ziel ist es, die ehemalige anatomische Gelenklinie möglichst zu rekonstruieren. Die anatomischen Richtwerte sind **Tab. 1** zu entnehmen.

Die gleichen Variablen sind in der inversen Prothetik relevant, jedoch sind noch nicht alle Faktoren in ihrer biomechanischen Konsequenz abschließend verstanden und werden somit je nach Prothesentyp und Operateur unterschiedlich favorisiert. Humeralseitig bietet die inverse Prothese mehrere Möglichkeiten. Be-

**Tab. 1: Kriterien der humeralen Implantatpositionierung**

	anatomische Prothese	inverse Prothese
Version	anatomisch + 10° bis -70°	0°, 10°, 20°, 30°, anatomisch
Inklination	anatomisch Richtwert 145° posttraumatisch (individuell)	135°, 145°, 155°, schaftabhängig, schaftunabhängig
Resektionshöhe/ Implantathöhe	anatomisch (RM erhaltend)	Rest-RM berücksichti- gend
mediale/laterale Position Onlay- oder Inlay- System, Schaft- design	anatomische Gelenklinie rekonstruieren, kein Overstuffing	Deltamuskelspannung, Spannung Rest-RM Spannung auf Nervus axillaris und Plexus brachialis
Zentrierung Offset zwischen Kopf und Schaft	Resektion bedeckend	Bedeutung? Orientierung am Tuberculum minus?
Implantatgröße	anatomisch tendenziell eher „under- sizing“, (Spannung Rota- torenmanschette [RM])	36, 39, 40, 41, 42 mm

<sup>1</sup> Orthopädisches Fachzentrum Weilheim – Garmisch – Starnberg – Penzberg  
<sup>2</sup> Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie, Klinikum rechts der Isar, München

züglich der Inklination kann bei neueren Modellen zwischen 135° und 155° ausgewählt werden; die schafffreien Systeme sind frei platzierbar. Die richtige Auswahl der Inklination richtet sich hier besonders nach den Faktoren subacromiales Impingement versus Stabilität der Prothese. Die Implantatgröße muss den jeweiligen anatomischen Gegebenheiten angepasst werden (Tab. 1).

Auf der glenoidalen Seite richtet man sich bei der anatomischen Prothese ebenso nach der Anatomie, aber auch nach dem Knochenstock. Hierbei ist auf eine anatomische Inklination sowie auf die Implantatgröße (nach Resektion der Osteophyten), Zentrierung und Rotation zu achten. Die Retroversion ist je nach Glenoidtyp und -arrosion nicht immer komplett anatomisch zu rekonstruieren, sodass eine minimal vermehrte Retroversion (nicht > 10°) um den Preis einer stabilen Glenoidfixation akzeptabel ist [3, 4].

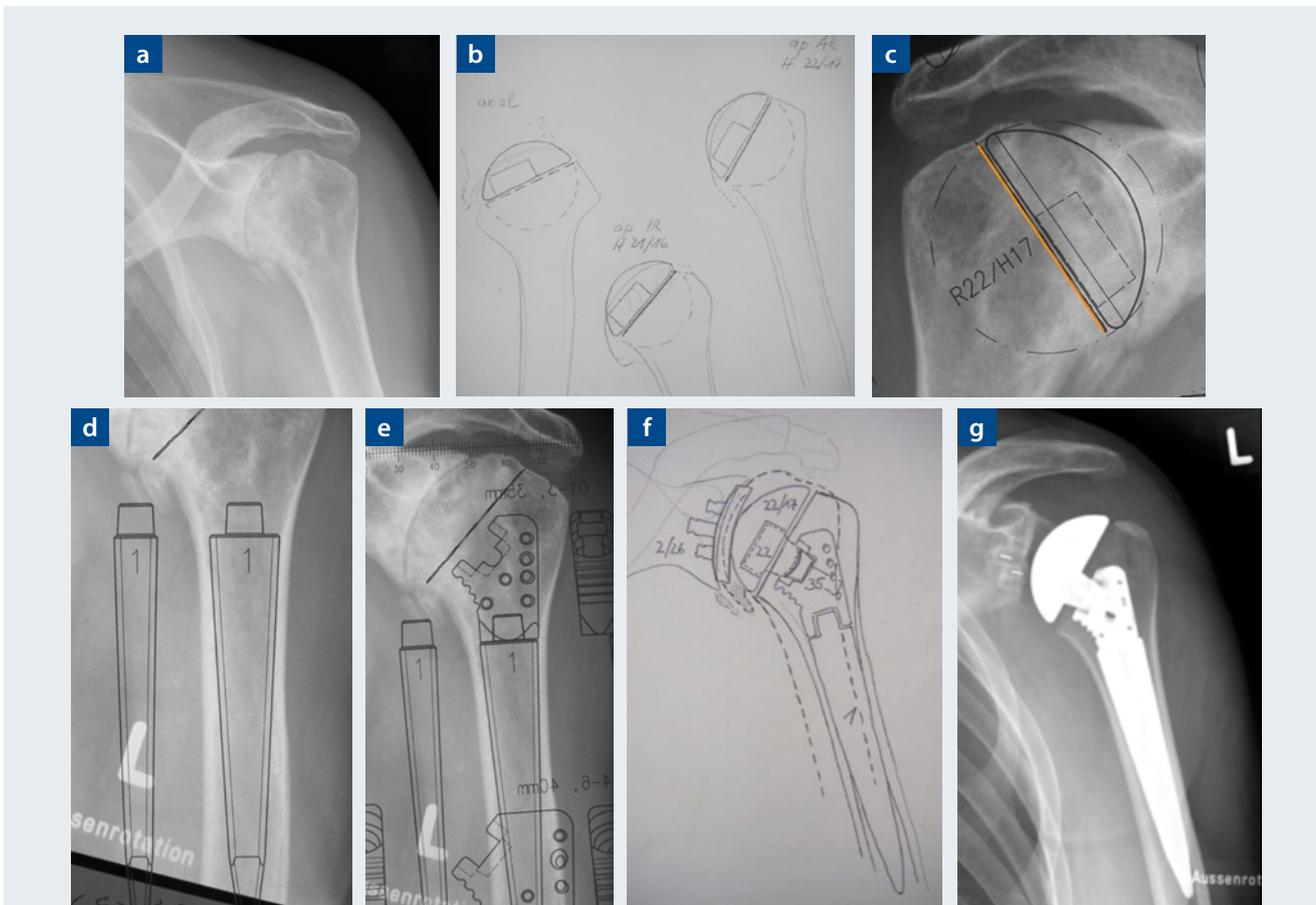
In der inversen Endoprothetik ist die optimale Positionierung der Glensphäre noch nicht in Stein gemeißelt. Aktuelle Entwicklungen tendieren zu einer knöchern zentrierten Baseplate mit exzentrischer Glensphäre, einer möglichen Latera-

lisierung und tendenziell größeren Durchmessern, um somit eine bessere Beweglichkeit zu erzielen und Notching sowie subacromiales Impingement zu reduzieren (Tab. 2).

Zusammenfassend ist die Planung einer anatomischen Schulterendoprothese in der Hinsicht einfacher, dass man versucht, die individuelle physiologische Anatomie wiederherzustellen. In der inversen Endoprothetik ist dies nicht möglich, da die Anatomie komplett verändert wird, sodass eine 3-D-animierte interaktive Planung der Prothese zur Beurteilung der Beweglichkeit, der Stabilität und des Notching (Scapula und subacromial) sinnvoll wäre.

### Planung am konventionellen Röntgenbild

Entsprechend der präoperativen Planung in der Hüft- und Knieendoprothetik kann die Prothese an Röntgenbildern in zwei Ebenen (true a. p. in leichter Außenrotation [ARO], axial) mittels Prothesenschablonen zeichnerisch oder digital geplant werden (Abb. 1). Um eine exakte Größenbestimmung zu ermöglichen, sind standardisierte Röntgenbilder mit entsprechender Größenmesskugel notwendig. Jedoch besteht



**Abb. 1:** Planung am konventionellen Röntgenbild (Beispiel: Promos anatomisch, Firma Smith&Nephew): (a) a.p.-Röntgenbild einer primären Omarthrose mit komplett aufgehobenem Gelenkspalt; (b) zeichnerische Kopfplanung am axialen und a.p.-Röntgenbild; (c) Kopfgrößenmessung mittels Folie; (d) Schaftbemessung am a.p.-Röntgenbild; (e) Bemessung des metaphysären Aufbaus; (f) Komplettplanung mit Glenoid; (g) postoperatives a.p.-Röntgenbild.

**Tab. 2: Kriterien der Glenoid-Positionierung**

	anatomische Prothese	inverse Prothese
Retroversion	anatomisch 0–10°	stabile PEG- und Schraubenposition, wichtiger als Version? Glenosphere teilgekoppelt!
Inklination	anatomisch	kaudale Inklination, um knöchere Einheilung zu fördern (Scherkräfte werden zu Kompressionskräften), Reduktion des Notching
Zentrierung kranio-kaudal und antero-posterior	anatomisch zentraler Drehpunkt	besten Knochenstock oder beste implantatabhängige Position? Implantatdesign abhängig!
Rotation	anatomisch	Basisplatte: optimiert für periphere Schraubenposition (Länge, Anzahl, Orientierung) Glenosphere zentrisch/exzentrisch: Vermeidung von Notching inferior, anterior und posterior
Implantatgröße	anatomisch (nach Resektion der Osteophyten)	Bewegungsumfang, Größe und Insertion der Rest-Rotatorenmanschette, neuromuskuläre Spannung

hier auch ein hohes Fehlerpotenzial aufgrund von Vergrößerungsfehlern bei unterschiedlichem Folienabstand. Hierbei ist die Größenmessung und Planung der Implantation im Bereich des Humeruskopfes im Vergleich zum Glenoid deutlich einfacher, da eine standardisierte Darstellung des Glenoids im konventionellen Röntgen bei symptomatischer Omarthrose schwierig ist. In der axialen Aufnahme ist das Glenoid häufig verkippt und nur bis zum Scapulahals dargestellt, mit körperpositionsbedingter Fehlstellung in der koronaren und sagittalen Ebene. Zusätzlich hat die Scapularrotation einen signifikanten Einfluss auf die Beurteilung der Glenoidversion [5]. Daher ist eine präzise präoperative Einschätzung der realen, in der Regel pathologischen Glenoidversion bei Omarthrose nur mit erheblichen Fehlerquellen möglich und wird demzufolge häufig auch falsch beurteilt. Humeral beeinflusst neben der Rotation auch die Ventral- oder Dorsalkippung des Schaftes die Inklinationsmessung in der Standard-a.p.-Aufnahme signifikant. Zusätzlich ist die exakte Grö-

ßenbestimmung der Implantate eingeschränkt und wesentlich weniger zuverlässig als eine Messung digital im DICOM-Planungssystem an CT- beziehungsweise MRT-Datensätzen.

Aus dieser Kenntnis lässt sich schlussfolgern, dass durch eine zweidimensionale Prothesenplanung am konventionellen Röntgenbild nur limitierte Daten für die intraoperative Prothesenpositionierung generierbar sind. Neben der Abschätzung der erforderlichen Prothesengröße humeral (Schaft und Kopf) kann ausgeschlossen werden, dass Sondergrößen (sehr klein oder sehr groß) benötigt werden. Zudem lassen sich der glenoidale Bone-Stock und die proximo-distalen Ausmaße des Glenoids für die Größenplanung einschätzen (Tab. 3).

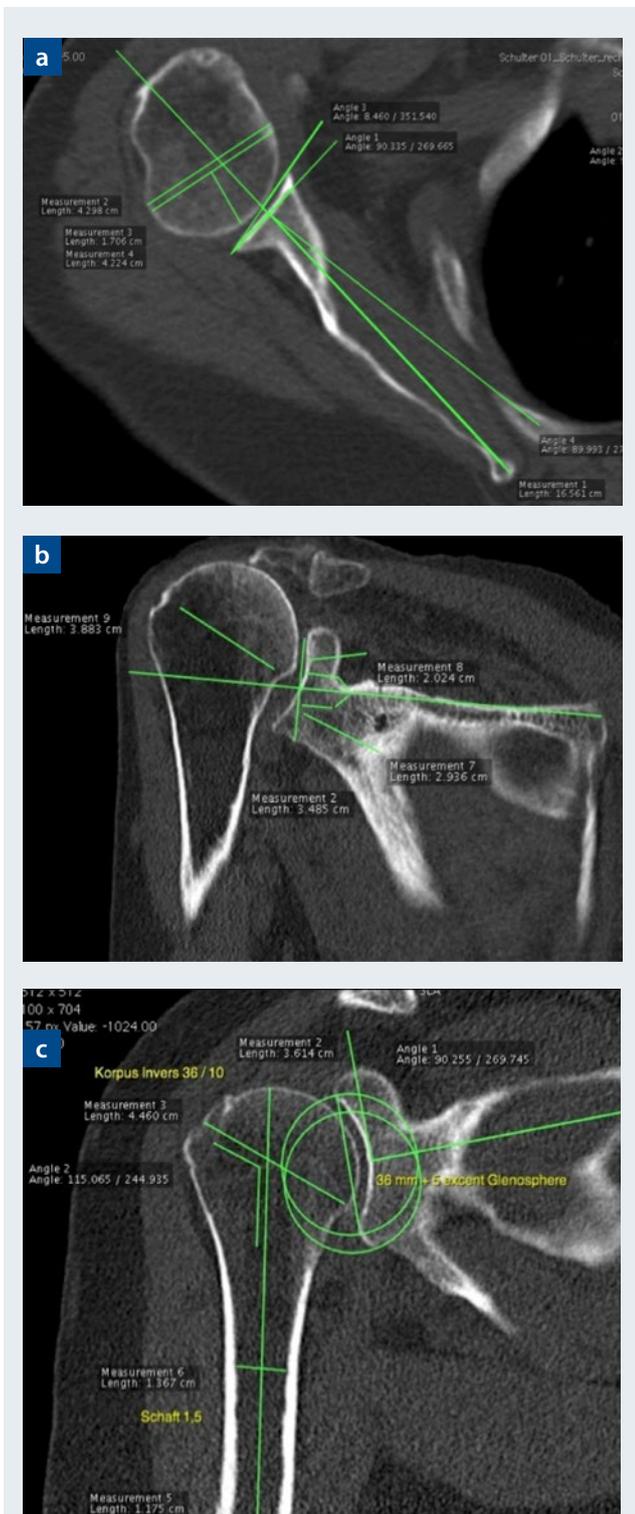
Zusammenfassend ist durch die reine zweidimensionale Beurteilung keine suffiziente Positionierung der Komponenten in der anatomischen und inversen Endoprothetik planbar.

**Planung am CT-Datensatz**

Eine Schnittbildgebung ist in der präoperativen Planung und Indikationsstellung unabdingbar. Der wichtigste Punkt ist die exakte Beurteilung des Glenoids von Seiten des Glenoidtyps nach Walch in der primären Omarthrose beziehungsweise die Beurteilung der glenoidalen Arrosion in der Defekarthropathie [6]. Hierbei ist die CT-Diagnostik zu bevorzugen, da es sich um eine Fragestellung zu den knöchernen Verhältnissen handelt. Jedoch ist zur abschließenden Beurteilung der periartikulären Weichteile eine MRT-Untersuchung aussagekräftiger. Wichtig ist die Darstellung des gesamten Schulterblattes mit standardisierten Schnittebenen parallel zur Glenoidzentrumlinie. Die Planung kann nun per Hand an den Schnittbildern erfolgen (Abb. 2) oder der Datensatz (DICOM) kann in eine dreidimensionale Planungssoftware geladen werden. Aktuell befinden sich unseres Wissens fünf unterschiedliche Planungssysteme auf dem Markt: Zimmer PSI Shoulder System (Firma ZimmerBiomet), Signature Personalized Patient Care (Firma ZimmerBiomet), Blueprint 3D Planing and PSI (Firma Wright),

**Tab.3: Beurteilbare Messgrößen durch zweidimensionale Prothesenplanung**

Beurteilbare Größen 2D	
humeral	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Prothesengröße Schaft (a. p. und axial abgleichen)</li> <li>— Kopfgröße</li> <li>— Resektionshöhe</li> <li>— Inklination (cave: Fehler durch Rotation und Flexion/Retroversion)</li> </ul>
glenoidal	<ul style="list-style-type: none"> <li>— proximo-distale Ausmaße des Glenoids (Überlagerung mit Coracoid)</li> <li>— Bone-Stock des Glenoid (grob)</li> <li>— Schraubenrichtung inferior (bei inverser Prothese)</li> </ul>



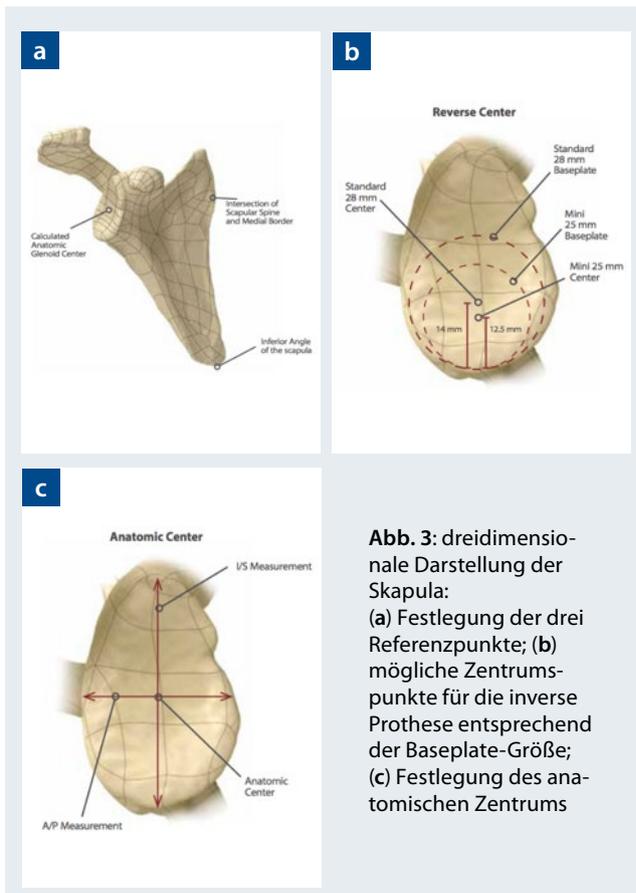
**Abb. 2:** Manuelle Planung an CT-Schnittbildern: (a) Festlegen der humeralen und glenoidalen Resektionsebene in der axialen Schicht; (b) Planung der glenoidalen Basisplatte in der koronaren Schicht; (c) Planung des Schaftes und der Glensphere in der koronaren Schicht

© W. Vogt

Match Point System (Firma DJO Global) und Personal Fit (Firma Aston Medical).

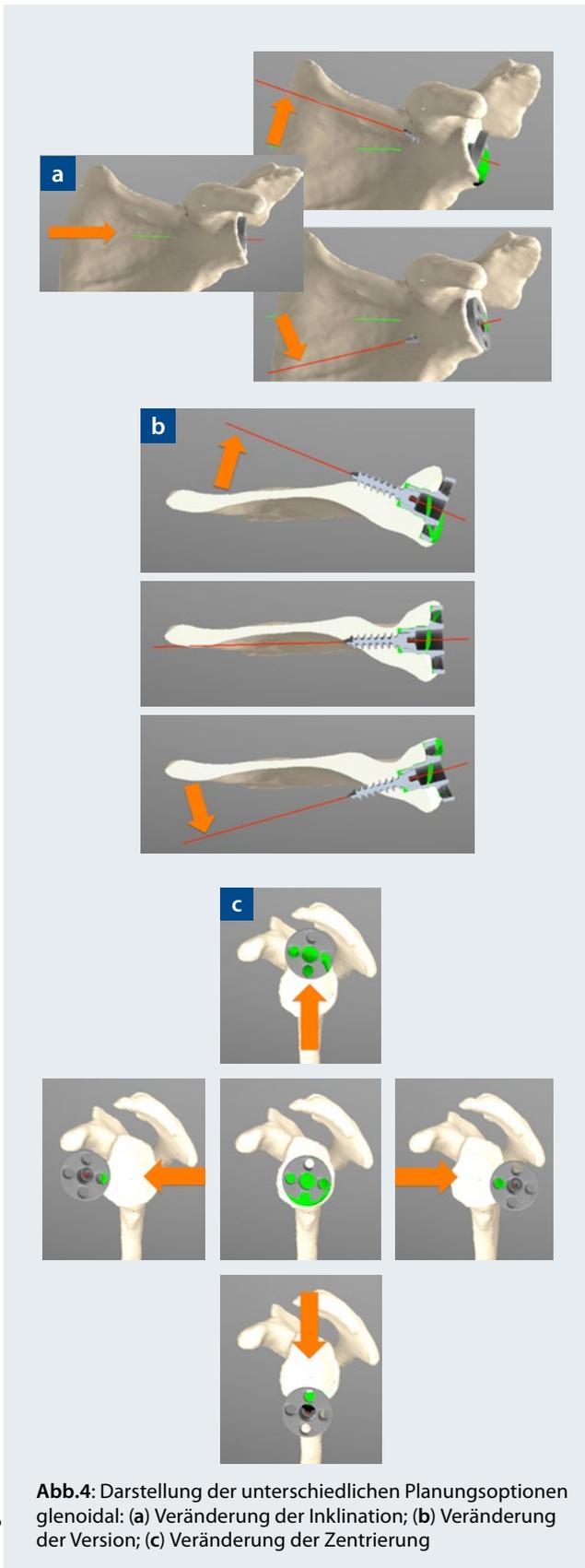
Exemplarisch sei hier anhand des Prothesen-Planungssystems Biomet OS 3D Schulter der Ablauf einer patientenindividuellen Operationsplanung gezeigt. Zunächst wird eine standardisierte axiale Dünnschicht-Computertomografie der betroffenen Schulter (Scapula plus Humerus) mit einer Schichtdicke von 0,75 mm angefertigt. Anhand dieses Datensatzes erfolgt die 3-D-Rekonstruktion der Scapula und des Humerus inklusive der Segmentation der einzelnen Knochen, sodass die Glenoid- und die Humeruskomponente zunächst unabhängig voneinander planbar sind. Danach werden glenoid-/scapula-seitig anhand der drei Referenzpunkte Glenoidzentrum, Schnittpunkt der Spina scapulae mit dem medialen Scapularand und dem inferioren Scapulapol die Scapulaebenen und die Glenoidzentrumlinie definiert (**Abb. 3**). Dies ist erforderlich, um eine reproduzierbare, von Radiologen und deren Schnittebenen unabhängige Beurteilung der Glenoidinklination und -version sowie den knöchernen arthrosebedingten Defekten zu erhalten.

Humerusseitig werden die Ebenen durch die Epikondylenachse und den anatomischen Hals definiert. Danach beginnt, darauf aufbauend, die eigentliche Planung durch Integration der herstellerabhängigen und vom Operateur bevorzugten Im-



**Abb. 3:** dreidimensionale Darstellung der Skapula: (a) Festlegung der drei Referenzpunkte; (b) mögliche Zentrumsunkte für die inverse Prothese entsprechend der Baseplate-Größe; (c) Festlegung des anatomischen Zentrums

© BiometZimmer



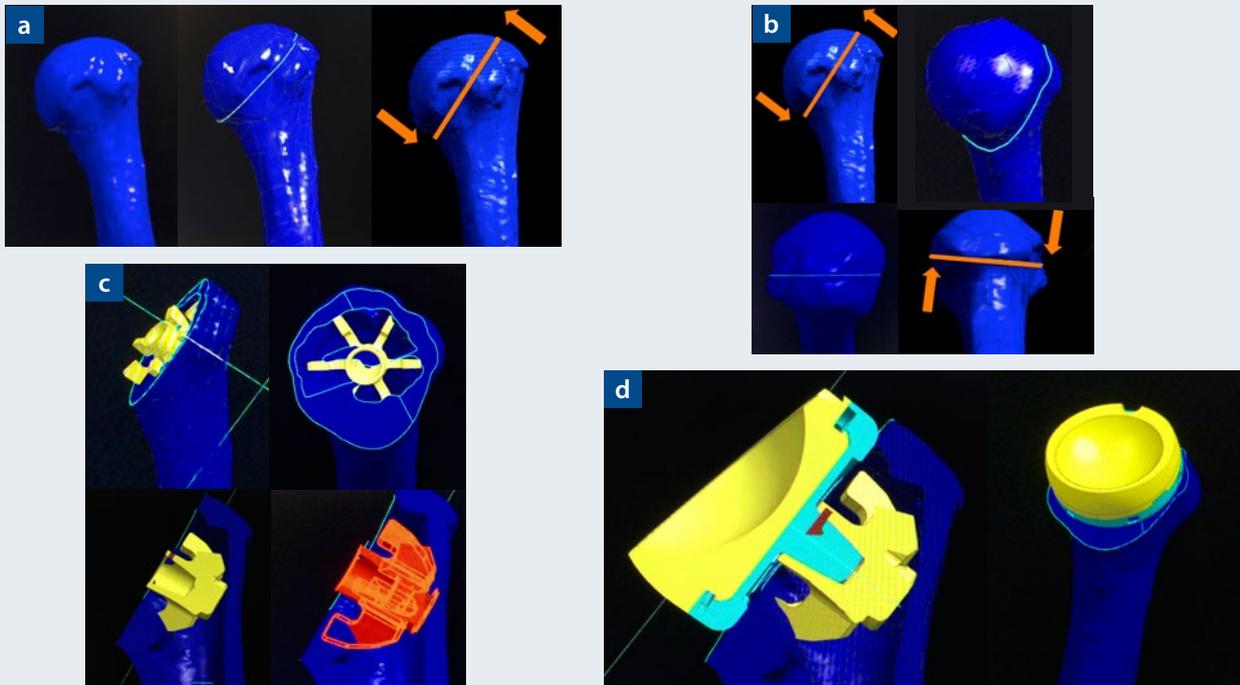
© W. Vogt

plantate. In unserem Planungsbeispiel handelt es sich um das Inverse Prothesenmodell Comprehensive Nano der Firma ZimmerBiomet. Auf einem geschützten Online-Portal hat der Operateur Zugriff auf den aufbereiteten Datensatz und kann verschiedene „Planungstools“ nutzen.

Die Scapula kann frei im Raum in allen Ebenen rotiert werden, um einen besseren Eindruck der knöchernen Voraussetzungen/Defekte zu bekommen. Das bevorzugte Implantat kann dann bezüglich Inklination, Version, Zentrierung, Tiefe und Rotation positioniert werden, und zwar angepasst an Referenzwerte für die optimierte Implantatausrichtung, Operateur-spezifische Wünsche und den verfügbaren Knochenstock. Diese Anpassung geschieht, indem das Implantat millimeter- oder gradweise unmittelbar sichtbar verändert wird, bis die gewünschte Position mit ausreichend Knochenkontakt, minimalem Knochenverlust sowie korrekter Position in den verschiedenen Ebenen erreicht ist (**Abb. 4**). Die aktuell verfügbaren fünf Systeme sind vorerst noch überwiegend auf die Planung des zentralen Kirschnerdrahtes begrenzt, der dann die weiteren Operationsschritte wesentlich bestimmt. Nur beim PSI der Firma Zimmer sind bereits weitere Schritte (Frästiefe, Rotation, Schraubenposition) in dem Patienten-spezifischen Schnittblock umgesetzt, der aus der Planung resultiert.

Alle Hersteller arbeiten aber intensiv daran, das gesamte Implantat glenoid- und auch humerusseitig in das Planungssystem zu integrieren. Denn die modulare moderne Schulterprothese hat mehrere verschiedene „Spielmöglichkeiten“ um eine optimierte Prothesenposition für den Patienten zu erzielen. Glenoidseitig gibt es zum Beispiel bei der Comprehensive-invers-Prothese noch Anpassungsmöglichkeiten mittels verschiedener Glensphärengrößen und -höhen sowie Versa-Dial-Adapter-Positionen, welche die Exzentrizität von 0,5–4,5 mm stufenlos verändern. Mittels Rotationsausrichtung der dann exzentrischen Glensphäre kann man nicht nur das inferiore Scapulanotching beeinflussen, sondern auch zum Beispiel das dorsale Scapulanotching reduzieren (**Abb. 5** und **6**).

Humerusseitig finden sich besonders in der Literatur zur inversen Endoprothetik sehr variable Aussagen zur optimierten Prothesenpositionierung. Zukunftsorientiert ist die patientenindividuelle bewegungsanimierte 3-D-Planung des gesamten glenohumeralen Gelenkersatzes inklusive der Implantatkomponenten beider Gelenkpartner. Ähnlich wie bei der Glenoidplanung sind humerusseitig ebenfalls die Inklination, Version und Zentrierung der Humeruskopf-Komponente (anatomisch und invers) im Bereich der Humerusmetaphyse von Bedeutung. Zunächst wäre idealerweise der anatomische Humerushals (Varus- oder Valgus-Typ) ähnlich der Hüftendoprothetik zu identifizieren, inklusive der individuellen Version des anatomischen Halses in Relation zur Epikondylenachse, um einen Ausgangsreferenzwert zu haben. Gegebenenfalls ist das Scapulothorakalgelenk bei erheblichen Abweichungen von der Norm (kyphoskoliotische Fehllhaltung) bei der Ausrichtung der Prothesenkomponenten mitzubedenken. Danach können die Humerusresektion und die Implantatpositionierung sowie die Implantatgröße mit den „Planungstools“ online ähnlich der Glenoidpositionierung interaktiv ausgetestet werden (**Abb. 5**). Humerusseitig sind bei vielen Implantaten – mit Aus-



**Abb.5:** Planung der humeralen Komponente (Comprehensive Nano invers, Firma ZimmerBiomet): (a) Planung der Resektionshöhe; (b) Planung der Version und Inklination (Resektionsebene); (c) Positionierung des schaftfreien Implantats; (d) Planung des Inlays

© W. Vogt

nahme der schaftfreien Systeme – die Inklinationswinkel festgelegt oder in einem bestimmten Bereich stufenweise definiert und somit vorgegeben. Die Version und die Resektionshöhe hingegen sind demgegenüber häufig schwierig einzuschätzen sowie festzulegen und auch oft ursächlich für postoperative Probleme (Overstuffing, sekundäre Rupturen der Rotatorenmanschette [RM], Überspannung des Deltoids mit der Gefahr von Akromionermüdungsfrakturen, Notching und subacromiales Impingment).

Aus diesem Grund sind unserer Meinung nach insbesondere in der inversen Prothetik die einzelnen Gelenkkomponenten nicht unabhängig voneinander zu planen, sondern aufeinander abgestimmt mit einem modernen Planungssystem, das sich die beiden Gelenkpartner entsprechend der „neu geschaffenen“ Anatomie gegenseitig beeinflussen (Tab. 4, 5; Abb. 6).

### Präzision der intraoperativen Umsetzung

Wesentlicher Bestandteil der modernen optimierten Schulterendoprothetik ist es, im nächsten Schritt die Planung mit einer akzeptablen Genauigkeit intraoperativ umzusetzen. Die Implantatwahl (Größe, Art) ist problemlos umsetzbar, Schwierigkeiten bereitet eher die Positionierung der Endoprothese. Klinische und biomechanische Studien bewerten eine Abweichung der Version und Inklination von maximal  $\pm 10^\circ$  und der Zentrierung von  $\pm 4$  mm als akzeptabel.

Die gängige Möglichkeit der intraoperativen Ausrichtung sind Ausrichtungshilfen wie zum Beispiel Retroversionsricht-

stäbe oder Inklinationsvorgaben, jedoch ist die intraoperative Orientierung glenoidal deutlich schwieriger als humeral. Im Fall einer dreidimensionalen präoperativen Planung kann zur

**Tab. 4: Vergleich der zwei- und dreidimensionalen Prothesenplanung in der anatomischen Schulterendoprothetik**

	zweidimensional	dreidimensional
Version	+	+++
Inklination	++	+++
Höhe	++	+++
mediale/laterale Position Onlay- oder Inlay-System, Schaftdesign	+	+++
Overstuffing	+	++
Zentrierung Offset zwischen Kopf und Schaft	-	++
Implantatgröße	++	+++

Legende: + = bedingt möglich, ++ = gut möglich, +++ = sehr gut möglich, - = nicht möglich

**Tab. 5: Vergleich der zwei- und dreidimensionalen Prothesenplanung in der inversen Schulterendoprothetik**

	zweidimensional	dreidimensional
Retroversion	-	+++
Inklination	++	+++
Zentrierung kranio-kaudal und antero-posterior	+	+++
Rotation	-	+++
Implantatgröße	+	+++

Legende: + = bedingt möglich, ++ = gut möglich, +++ = sehr gut möglich, - = nicht möglich

Kontrolle die Umsetzung der Planung durch eine postoperative CT-Diagnostik erfolgen. Dies ist jedoch aufgrund der Strahlenbelastung speziellen klinischen Fragestellungen oder Studien vorbehalten (**Abb. 6**).

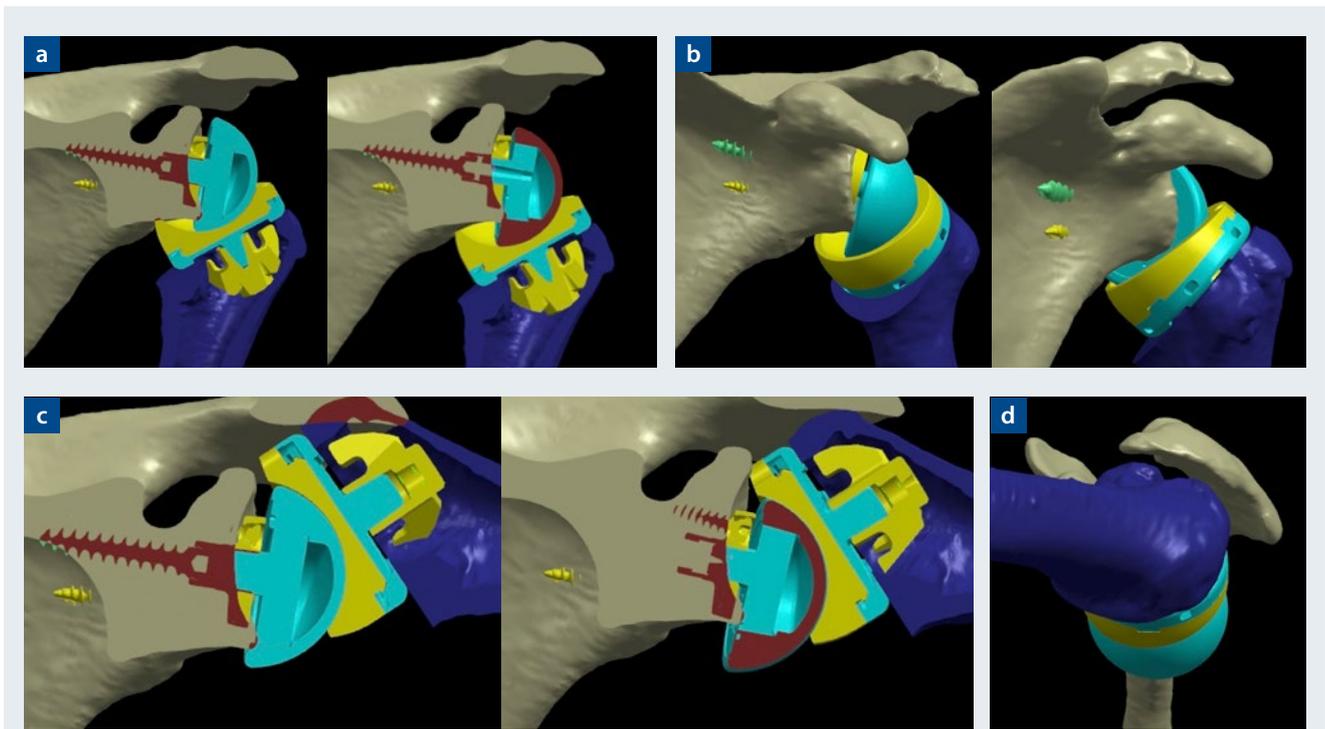
In der Literatur geben erfahrene Schulterendoprothetiker im Bereich des Glenoids ohne Navigation oder patientenspezifische Schnittblöcke eine Abweichung von der präoperativen Planung

von 6°–10° für die Version, von 8°–12° für die Inklination und von etwa 4 mm für die Zentrierung an [7]. Diese Werte liegen an der oberen Grenze der akzeptablen Abweichungen und sind aufgrund der Auswahl der eher erfahrenen Operateure im Rahmen der Studien sicher nicht allgemeingültig im klinischen Alltag anzunehmen, sondern eher höher einzuschätzen.

**Patientenspezifische Guides und Navigation**

Prinzipiell gibt es aktuell zwei wesentliche Techniken, um die präoperative Planung präzise umzusetzen: Die Verwendung von patientenspezifischen Schnittblöcken, die anhand der präoperativen Planung erstellt werden und die intraoperative Navigation.

Der Vorteil der bald erhältlichen glenoidalen und humeralen patientenspezifischen Planung ist die einfache Anwendung der patientenspezifischen Resektionsblöcke ohne zusätzlichen Zeitaufwand. Beim Glenoid konnte in vivo eine Abweichung von 2,8°/4,9° (anatomisch/invers) in Version, 5,9°/4,7° in Inklination und 2,2 mm/2,3 mm in Zentrierung erzielt werden [8]. Humeralseitig zeigte sich am Kadaver eine Abweichung der Version von 4,3°, der Inklination von 5,1°, der Resektionshöhe von 2,1 mm und der zentralen Pin-Position von 1,7 mm. Zusammengefasst erlaubt dieses Tool eine signifikant bessere Präzision der Prothesenpositionierung, die Werte liegen deutlich innerhalb der angestrebten Maximalabweichung. Die Erfahrungen mit der CT-basierten, computergestützten Navigation



**Abb. 6:** präoperative Funktionsanalyse im Zusammenspiel beider Komponenten: (a) Notching bei unterschiedlichen Glenosphären (zentrisch versus exzentrisch); (b) Kontrolle des Notchings in IRO/ARO; (c) subacromiales Impingement (zentrisch versus exzentrisch); (d) impingementfreie abduzierte Rotation bei exzentrischer Glenosphere.

© W. Vogt

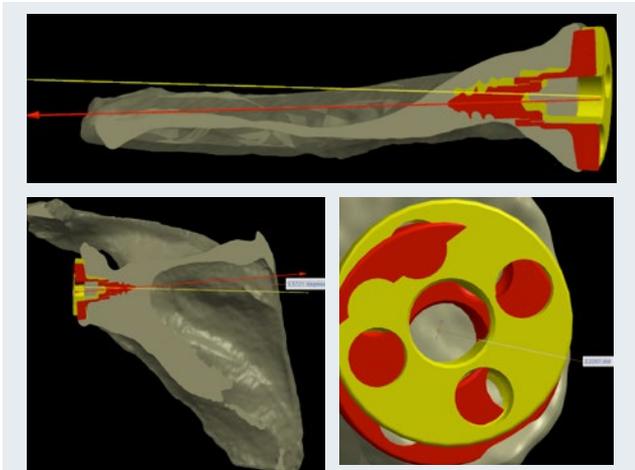


Abb. 7: postoperative CT-Kontrolle zur Überprüfung der Präzision (rot: Planung, gelb: Implantation)

© W. Vogt

zur Implantation von Schultertotalendoprothesen zeigen, dass es sich hierbei um ein sicheres, wiederholbares Verfahren handelt, bei dem intraoperativ im Echtzeit-Modus ein präziseres, dreidimensionales Positionieren der Glenoidkomponente möglich ist. Durch die Positionierung der Pin-Systeme sowie die Kalibrierung ist das System jedoch tendenziell zeitaufwendig (circa 20–30 Minuten Operationszeit) und invasiver als die patientenspezifischen Schnittblöcke. Allerdings ist es möglich, in Echtzeit auf alle intraoperativen Eventualitäten zu reagieren [9]. Die beiden Techniken gilt es nun in größeren Studien klinisch zu bewerten, insbesondere im Hinblick auf die Kosten-Nutzen-Kalkulation und die klinischen Langzeitergebnisse.

### Zusammenfassung

Die korrekte Implantatpositionierung hat in der Schulterendoprothetik einen signifikanten Einfluss auf das postoperative funktionelle Ergebnis, die Prothesenlockerung und -instabilität sowie den Abrieb. Aus diesem Grund ist eine präoperative Prothesenplanung essenziell. Die reine zweidimensionale Pla-

nung am konventionellen Röntgenbild genügt an der Schulter nicht, um die unterschiedlichen Dimensionen der Prothesenpositionierung zu erfassen. Hierfür bietet die dreidimensionale Planung anhand von CT-Daten eine gute Möglichkeit, die bis hin zur präoperativen dynamischen Simulation geht. Die Schwachpunkte dieser knöchernen Planung liegen noch in der Nicht-Berücksichtigung der Weichteile (Deltaspannung, Kontraktionen), die intraoperativ bewertet werden müssen. Um diese präoperative Planung umzusetzen, liegen zwei vielversprechende Optionen vor: die patientenindividuellen Schnittblöcke und die intraoperative Navigation. Weitere klinische Erfahrung und Daten sind notwendig, um diese neueren Verfahren objektiv zu bewerten.

### Literatur

[www.springermedizin.de/orthopaedie-und-rheuma](http://www.springermedizin.de/orthopaedie-und-rheuma)

### Dr. med. Wolfgang Vogt

Orthopädisches Fachzentrum WM-GAP-STA-PB,  
Obere Extremität  
Marienplatz 15  
82467 Garmisch-Partenkirchen  
E-Mail: [dr.vogt@ofz-online.de](mailto:dr.vogt@ofz-online.de)

### Interessenkonflikt

Die Autoren erklären, dass sie sich bei der Erstellung des Beitrags von keinen wirtschaftlichen Interessen leiten ließen. Dr. W. Vogt gibt eine Beratertätigkeit bei ZimmerBiomet an, PD Dr. Stefan Buchmann eine Beratertätigkeit bei Arthrex. Der Verlag erklärt, dass die inhaltliche Qualität des Beitrags von zwei unabhängigen Gutachtern geprüft wurde. Werbung in dieser Zeitschriftenausgabe hat keinen Bezug zur CME-Fortbildung. Der Verlag garantiert, dass die CME-Fortbildung sowie die CME-Fragen frei sind von werblichen Aussagen und keinerlei Produktempfehlungen enthalten. Dies gilt insbesondere für Präparate, die zur Therapie des dargestellten Krankheitsbildes geeignet sind.

### Literatur

1. Nyffeler RW, Werner CM, Gerber C: Biomechanical relevance of glenoid component positioning in the reverse Delta III total shoulder prosthesis. *J Shoulder Elbow Surg* 2005; 14(5):524-28
2. Williams GR Jr, Wong KL, Pepe MD, Silverberg D, Ramsey ML, Karduna A, Iannotti JP: The effect of articular malposition after total shoulder arthroplasty on glenohumeral translations, range of motion, and subacromial impingement. *J Shoulder Elbow Surg* 2001;10(5):399-409
3. Iannotti JP, Greeson C, Downing D, Sabesan V, Bryan JA: Effect of glenoid deformity on glenoid component placement in primary shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2012;21:48-55
4. Farron A, Terrier A, Buchler P: Risks of loosening of a prosthetic glenoid implanted in retroversion. *J Shoulder Elbow Surg* 2006;15:521-526
5. Bryce CD, Davison AC, Lewis GS, Wang L, Flemming DJ, Armstrong AD: Two-dimensional glenoid version measurements vary with coronal and sagittal scapular rotation. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92(3):692-9
6. Walch G, Badet R, Boulahia A, Khoury A: Morphologic study of the glenoid in primary glenohumeral osteoarthritis. *J Arthroplasty*. 1999 Sep;14(6):756-60.
7. Hendel MD, Bryan JA, Barsoum WK, Rodriguez EJ, Brems JJ, Evans PJ, Iannotti JP: Comparison of patient-specific instruments with standard surgical instruments in determining glenoid component position. *J Bone Joint Surg Am* 2012;94:2167-2175
8. Throckmorton TW, Vogt W, Wasmaier J, Hurst J, Frostick S, Sperling JW: Patient Specific Targeting Guides for Glenoid Component Placement in Shoulder Arthroplasty: Technique and Initial Clinical Experience. *Techniques in Shoulder & Elbow Surgery: December 2014 - Volume 15 - Issue 4 - p 103-108*
9. Vogt W: Computergestützte Navigation in der Schulterendoprothetik - Vorteile der dritten Dimension. *Orthopädie&Rheuma* 2009 (4) 32-39.

# CME-Fragebogen

## Schulterendoprothetik anatomisch und invers

### Teilnehmen und Punkte sammeln können Sie

- als e.Med-Abonnent von springermedizin.de
- als registrierter Abonnent dieser Fachzeitschrift
- als Mitglied der IGOST
- zeitlich begrenzt unter Verwendung der abgedruckten FIN.

FIN gültig bis 2.11.2016:

**OR16054j**

Dieser CME-Kurs ist zwölf Monate auf CME.SpringerMedizin.de verfügbar. Sie finden ihn am Schnellsten, wenn Sie die FIN (s. o.) oder den Titel des Beitrags in das Suchfeld eingeben. Alternativ können Sie auch mit der Option „Kurse nach Zeitschriften“ zum Ziel navigieren.

DOI: 10.1007/s15002-016-0807-6

**? Welche Bildgebung ist für die korrekte Planung der Implantatausrichtung einer Schulter-Totalendoprothese in allen Ebenen am besten geeignet?**

- Schulter-Röntgen a.p
- Schulter-Röntgen a.p und Elevation
- Schulter-Röntgen a.p in Innen- und Aussenrotation, axial, outlet view
- Sonografie
- Schnittbild Diagnostik (MRT oder CT) mit Darstellung des gesamten Schulterblattes mit standardisierten Schnittebenen parallel zur Glenoidzentrumlinie

**? Welche Untersuchung liefert ausreichende Informationen zur Beurteilung der periartikulären Weichteile vor der Implantation einer Schultertotalendoprothese (anatomisch und invers)?**

- klinische Untersuchung
- neurologische Untersuchung mit spezieller Prüfung des Nervus axillaris
- MRT
- Ultraschall
- EMG

**? Welche Aussage ist falsch? Im Gegensatz zur herkömmlichen Prothesenplanung bieten moderne patientenspezifische Planungssysteme folgenden Vorteile:**

- Dreidimensionale Rekonstruktion des Schulterblatts

- mögliche Lieferung von patientenspezifischen Instrumenten für die präzisere Durchführung der Operation
- kürzere Operationszeit durch präzisere präoperative Vorbereitung, und Verfügbarkeit von patientenspezifischen Instrumenten zur korrekten Prothesenpositionierung
- Verringerung beziehungsweise Minimierung der Rate komplett falsch implantierter Prothesen („Prothesenausreißer“)
- eine intraoperative Kontrolle der Implantation ist nicht mehr erforderlich

**? Welche Aussage zur axialen Röntgenaufnahme für die korrekte Planung der Implantationsausrichtung der glenoidalen Komponente einer Schulter-TEP ist richtig?**

- Der Endpunkt der Glenoidzentrumlinie und damit die meist pathologische Version der Gelenkpfanne kann am axialen Bild korrekt beurteilt werden.
- Die Humeruskopfdezentrierung ist uneingeschränkt beurteilbar.
- Es muss prinzipiell immer die Gegenseite mit geröntgt werden.
- Die Projektion ist bei unterschiedlicher gleno-humeraler Abduktion sehr variabel.
- Die kraniokaudale Knochenarrosion kann sehr gut beurteilt werden.

**? Welcher Toleranzwert wird in der Literatur für die Versions- und Inklina-**

**tionsausrichtung für die korrekte Implantation der Glenoidkomponente bei einer anatomischen Schultertotalendoprothese angegeben?**

**(Werte entsprechen der Abweichung in Relation zur anatomischen Gelenkstellung)**

- $\pm 5^\circ$
- $\pm 7,5^\circ$
- $\pm 10^\circ$
- $\pm 15^\circ$
- $\pm 20^\circ$

**? Welchen Toleranzwert wird in der Literatur für die Implantatzentrierung im Hinblick auf die korrekte Implantation der Glenoidkomponente einer anatomischen Schultertotalendoprothese angegeben?**

**(Werte entsprechen der Abweichung in Relation zum Glenoidzentrum)**

- $\pm 1$  mm
- $\pm 2$  mm
- $\pm 3$  mm
- $\pm 4$  mm
- $\pm 5$  mm

**? Welche Aussage trifft auf die präoperative Planung einer inversen Schulterprothese zu?**

- Die humerale Komponente muss nicht geplant werden.
- Die inverse Prothese kann nicht entsprechend der vorbestehenden Anatomie positioniert werden.



Dieser CME-Kurs wurde von der Bayerischen Landesärztekammer mit zwei Punkten in der Kategorie I zur zertifizierten Fortbildung freigegeben und ist damit auch für andere Ärztekammern anerkanntsfähig.

Für eine erfolgreiche Teilnahme müssen 70% der Fragen richtig beantwortet werden. Pro Frage ist jeweils nur eine Antwortmöglichkeit zutreffend. Bitte beachten Sie, dass Fragen wie auch Antwortoptionen online abweichend vom Heft in zufälliger Reihenfolge ausgespielt werden.

Bei inhaltlichen Fragen erhalten Sie beim Kurs auf CME.SpringerMedizin.de tutorielle Unterstützung. Bei technischen Problemen erreichen Sie unseren Kundenservice kostenfrei unter der Nummer (0800) 77 80 777 oder per Mail unter kundenservice@springermedizin.de.

- Die glenoidale Komponente muss nicht geplant werden.
- Ein Overstuffing ist bei der inversen Prothese unproblematisch.
- Die Planung am a.p.-Röntgenbild ist ausreichend zur exakten Positionierung.

**? Welches Kriterium spielt bei der Vermeidung von Overstuffing bei der Implantation einer anatomischen Schulter-TEP keine wesentliche Rolle?**

- Knochenerosion glenoidseitig
- Knochenerosion humeruskopfseitig
- Implantatgröße humeruskopfseitig
- Gelenklinie
- Zentrierung der Glenoidkomponente

**? Welche Auswirkung ist durch Overstuffing bei der Implantation einer inversen Schultertotalprothese nicht zu beobachten?**

- erhöhtes Risiko einer Akromionermüddungsfraktur
- erhöhtes Risiko einer neurologischen Schädigung (Armplexusläsion)
- zu geringe Spannung im Musculus deltoideus
- relative Schultersteife mit eingeschränkter Beweglichkeit
- erhöhtes Risiko einer vorzeitigen Ermüdung und Insuffizienz des Musculus deltoideus

**? Welchen Vorteil hat die intraoperative Navigation im Vergleich zur präoperativen 3-D-Planung mit patientenspezifischen Instrumenten?**

- Die Pin-Positionierung für die glenoidale Implantat Ausrichtung ist intraoperativ in Echtzeit immer wieder kontrollierbar.
- Die Operationszeit ist im Vergleich zu den patientenspezifischen Instrumenten deutlich verkürzt.
- Die Lernphase ist im Vergleich zu patientenspezifischen Instrumenten kürzer.
- Die Navigations-Pins sind bei allen Weichteilverhältnissen stets einfach zu positionieren.
- Es wird keine präoperative Planung und Vorbereitung benötigt.

## Aktuelle CME-Kurse aus der Orthopädie/Rheumatologie

► **Achillessehnenruptur – aktuelle Standards in Diagnostik und Therapie**

aus: Der Orthopäde (Ausgabe 8/2016)  
von: G. Hertel  
Zertifiziert bis: 22.8.2017  
CME-Punkte: 3

► **Carpus und distales Radioulnargelenk – klinische und röntgenologische Untersuchung**

aus: Der Unfallchirurg (Ausgabe 8/2016<9  
von: C. K. Spies  
zertifiziert bis: 19.8.2017  
CME-Punkte: 3

► **Transition von der Kinder- und Jugendrheumatologie in die internistische Rheumatologie**

aus: Zeitschrift für Rheumatologie  
von: K. Minden  
zertifiziert bis: 12.8.2017  
CME-Punkte: 3

Diese Fortbildungskurse finden Sie, indem Sie den Titel in das Suchfeld auf [CME.SpringerMedizin.de](http://CME.SpringerMedizin.de) eingeben. Zur

**Teilnahme benötigen Sie das e.Med-Abo.**

Effizient fortbilden, gezielt recherchieren, schnell und aktuell informieren – das e.Med-Abo bietet Ihnen alles, was Sie für Ihren Praxis- oder Klinikalltag brauchen: Sie erhalten Zugriff auf alle Premium-Inhalte von SpringerMedizin.de, darunter die Archive von 80 deutschen Fachzeitschriften. Darüber hinaus ist im Abo eine Springer-Medizin-Fachzeitschrift Ihrer Wahl enthalten, die Ihnen regelmäßig per Post zugesandt wird.

Als e.Med-Abonnent steht Ihnen außerdem das komplette CME-Kursangebot von SpringerMedizin.de zur Verfügung: Hier finden Sie aktuell über 600 CME-zertifizierte Fortbildungskurse aus allen medizinischen Fachrichtungen!

Testen Sie die [CME.SpringerMedizin.de](http://CME.SpringerMedizin.de) 30 Tage lang kostenlos und unverbindlich mit dem e.Med-Abo:  
[www.springermedizin.de/eMed](http://www.springermedizin.de/eMed)

