

# Aseptische Revisionsendoprothetik am Hüftgelenk

■ Rüdiger Volkmann

## Zusammenfassung

Aseptische Lockerungen von Hüftgelenken sind bei großzügiger Indikation zu deren Primäreinsatz und geänderter Altersstruktur der Bevölkerung im Zunehmen begriffen. Es überwiegen die Pfannenlockerungen, die oftmals mit ausgeprägten acetabulären Knochendefekten einhergehen. Femoral hingegen spielen neben den Substanzdefekten der knöchernen Strukturen v.a. die metaphysären Sehnenansätze und die Gefährdung des angrenzenden Kniegelenks eine bedeutende Rolle in der Therapie. Um für weitere Austauschoperationen gerüstet zu sein, muss der fortschreitende Knochenverlust mit allen Mitteln aufgehalten werden. Zielführend sind dabei operative Strategien, die den entstandenen Defekt mit potenziell revitalisierbarem Material ausfüllen und Belastungsstabilität durch den Einsatz überbrückender Abstützschalen am Becken oder langstieliger, häufig modularer und überwiegend zementfrei verankernder Prothesenschäfte am Femur erreichen. Damit ist gewährleistet, dass es zu einer Verkleinerung der Defekte in den Hauptverankerungszonen der Implantate kommt und die Ausgangsbedingungen für im Erlebensfall eventuelle Folgeoperationen gestalten sich deutlich günstiger (sog. „Downgrading“).

## Aseptic Revision Surgery in Total Hip Arthroplasty

Due to a dramatic rise in the use of total hip arthroplasty (THA) as the intervention of choice in a rapidly ageing patient population, aseptic loosening is now a common phenomenon in orthopaedic care. In most cases, incidences of aseptic loosening occur in conjunction with extensive acetabular bone damage. In the femoral area, substantial defects in bone structure, the metaphyseal ligaments, and the potentially vulnerable knee joint demand special attention in the post-operative management. Limiting the progressive loss of bone tissue to an absolute minimum is of paramount importance in order to establish a sound preparatory foundation for possible future operative interventions. Thus, operative strategies should aim to fill the resulting defect with material that may be revitalised, thus seeking to improve tensile strength by using bridging reconstruction rings in the pelvis and long-stem revision implants, alternatively modular and uncemented units, in the femur. Such procedures can achieve a reduction in damage to the main anchoring points of the implant and create a beneficial environment for future consecutive interventions (so-called “downgrading”).

## Einleitung

Revisionseingriffe am Hüftgelenk nehmen im Rahmen der immer größeren Durchdringung der Bevölkerung mit Gelenkersatzmaterialien zu und werden

durch die verbesserten Möglichkeiten der Endoprothetik immer komplexer [13,20]. So ist der einfache Komponenten- oder Teilwechsel bei geringen Knochensubstanzdefekten mehr oder weniger ein Routineeingriff, nicht zuletzt wegen der immer mehr verbreiteten Modularbauweise der Implantate. Das Wechseln eines PE-Inlays aus einer fest am Knochen verankerten Metallschale bei fortgeschrittenem Abrieb mit gleich-

zeitigem Kopfaustausch bei festsitzender Schaftprothese zählt dabei zu den wenig komplizierten Operationen, ist aber andererseits mit einer aufwendigen präoperativen Logistik vergesellschaftet. Es ist desaströs, Kopf- und Konuspaarung zu verwechseln, nicht zu wissen, ob das Prothesenmodell einen abnehmbaren Kopf aufweist oder ob der Kopfdurchmesser mit dem Pfannenradius harmonisiert. Gerade die Tatsache, dass Hüftprothesen zunehmend längere Standzeiten erzielen, führt zu der Situation, dass Herstellerfirmen nicht mehr am Markt existieren und eine Nachlieferung von Ersatzteilen unmöglich wird. Bei unvollständigen Operationsaufzeichnungen (OP-Bericht) gelingt oftmals die Identifikation und Größe der Implantate nur über spekulative Röntgenbildanalyse und Erfahrung des Operateurs. Noch komplizierter wird die Situation bei Teilimplantatlockerungen (z.B. Pfanne gelockert, Schaft fest), wenn der nicht abnehmbare Prothesenkopf den Zugang zur Pfanne erschwert.

Bei höhergradigen Knochensubstanzdefekten kommt zu den genannten Schwierigkeiten das Problem der Prothesenwiederverankerung hinzu, das insbesondere bei jüngeren Patienten für den Langzeiterfolg verantwortlich ist. Unter den momentanen Gegebenheiten möglicher Mehrfachwechseloperationen hat sich die unzementierte Revisionsstrategie mit der Chance, verloren gegangenen Knochen wieder zurückzugewinnen (sog. „Downgrading“) international durchgesetzt. Der „zementierte Wechsel“, d.h. Ausfüllen der Knochendefektzonen mit PMMA-Zement und/oder der Einsatz von „Jumbo“-Implantaten, erzielt zwar zunächst eine deutlich höhere Primärstabilität, führt aber zur Vergrößerung der Substanzverluste und bleibt deshalb den älteren und ganz alten Menschen vorbehalten [2, 15, 17].

Wenn auch valide Nachweise für ein besseres Langzeitergebnis beim unzemen-

OP-JOURNAL 2010; 26: 14–26  
© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York  
DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0030-1250069>

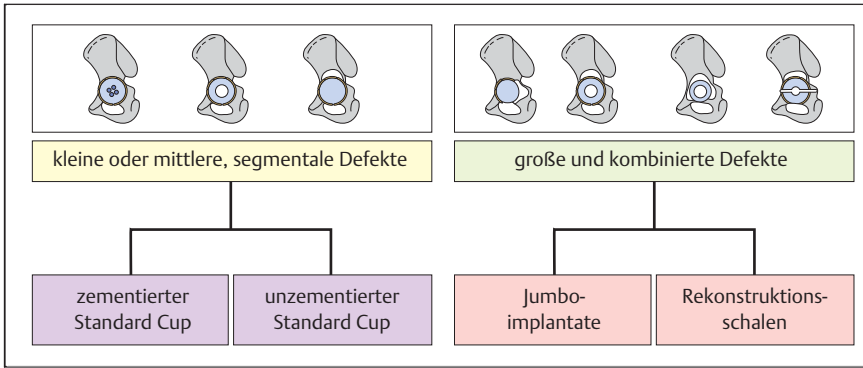


Abb. 1 Defektklassifikation und Implantatauswahl am Azetabulum.

tierten Prothesenwechsel nicht zuletzt wegen oft unvergleichbarer Ausgangssituationen und dem Fehlen von flächendeckenden Endoprothesenregistern noch auf sich warten lassen, erscheint die „a-priori-Wahrscheinlichkeit“ [1, 7, 12] hinreichend, den Knochenzement in der Revisionschirurgie zu verlassen.

Im Folgenden wird eine konzeptionelle Revisionsstrategie für Austauschoperationen an Becken und Femur mit niedrigen und höchstgradigen Knochenstoffdefekten vorgestellt, wie sie sich in der Hand des Autors seit mehr als 20 Jahren bewährt hat.

### Azetabuläre Revision

Pfannenlockerungen sind nach Literaturangaben häufiger als Schaftlockerungen [3, 14, 18] und wegen der oft grotesken Knochenstoffdefekte therapeutisch schwieriger zu lösen. Ursächlich für diesen Verlust sind mechanische Überbelastung, abriebinduzierte Osteolysen sowie Implantatmigrationen bei pathologisch verändertem Knochenstoffwechsel.

Neben der Wiederherstellung des anatomischen Hüftzentrums mit Rekonstruktion der physiologischen Gelenkmechanik sowie der möglichst primärstabilen Verankerung des Revisionsimplantats am vitalen Beckenknochen („host bone“) ist demzufolge die Rekonstruktion von azetabulären Knochenstoffdefekten mit Wiederherstellung eines tragfähigen Pfannenbodens entscheidend für den Langzeiterfolg [11]. Dabei hat der biologische Wiederaufbau des Pfannenbodens ein sog. „Downgrading“ der Defektsituation vor dem Hintergrund eines erneuten Revisionseingriffs zum Ziel.

Nach dem Wechsel ist vor dem Wechsel!

### Klassifikation und Implantate

Zur Beurteilung der azetabulären Defektsituationen wurden zahlreiche Klassifikationen vorgeschlagen, die das jeweils passende Rekonstruktionsverfahren individuell auszuwählen helfen. Die in Deutschland gebräuchliche Klassifikation der DGOT (Bettin, Katthagen) ist zwar international nicht weitverbreitet, wird aber mit Vorzug gegenüber der Papprosky-Klassifikation wegen der einleuchtenden Grundlogik praktiziert.

Für die Rekonstruktion azetabulärer Defekte stehen heutzutage eine Vielzahl von Implantaten und Operationsverfahren zur Verfügung. In der Literatur herrscht Konsens darüber, dass die Implantatfixationen mit Knochenzement aufgrund der mangelnden Vernetzung im sklerosierten und glattwandigen Implantatlager zu schlechteren Langzeitergebnissen führt. Demgegenüber ermöglichen „Jumbo“-Implantate und/oder modulare Metallaugmentate einen ebenfalls direkten Kontakt zum Restknochen, jedoch kommt es bei einer erneuten Pfannenlockerung zu einer – auch im Wortsinn – Vergrößerung des grundsätzlichen Problems („Upgrading“).

Will man hingegen die knöchernen Defekte reduzieren, so wird die Wahl des Verfahrens durch die Tragfähigkeit des verbliebenen Azetabulums limitiert. Insbesondere bei verllorener Pfannenzirkumferenz („non contained“) ist die Verankerung einer neuen Prothese mit herkömmlichen Mitteln (Pressfit-Implantat oder Schraubing) nicht möglich und Pfannenstützschalen müssen eingesetzt werden. Die mit solchen Implantaten überbrückten Defektzonen werden im Idealfall mit vitalisierbarem Knochenersatzmaterial ausgefüllt, um im Rahmen eines sekundären Umbaus („creeping

substitution“) einen tragbaren Pfannenboden entstehen zu lassen (Abb. 1)

### Operationsprinzipien

Kleine oder mittlere, segmentale Defekte (Katthagen 1–3)

Bei diesen, in den meisten Fällen umschlossenen („contained“) Defekten ist ausreichendes Knochenmaterial zur Wiederverankerung der Implantate vorhanden, sodass – je nach Ausgangssituation und auch Lebensalter des Patienten – nach einem sorgfältigen Débridement des Azetabulums eine Primärpfanne reimplantiert werden kann [3]. Dabei wird im eigenen Vorgehen ein zementfreies Pressfit-Implantat mit rauer Oberfläche favorisiert (Abb. 2). In geeigneten Fällen ist auch eine Polyäthylenpfanne unter Verwendung geringer Mengen antibiotikahaltigen Knochenzements einsetzbar.

Große und/oder kombinierte Defekte (Katthagen 4–7)

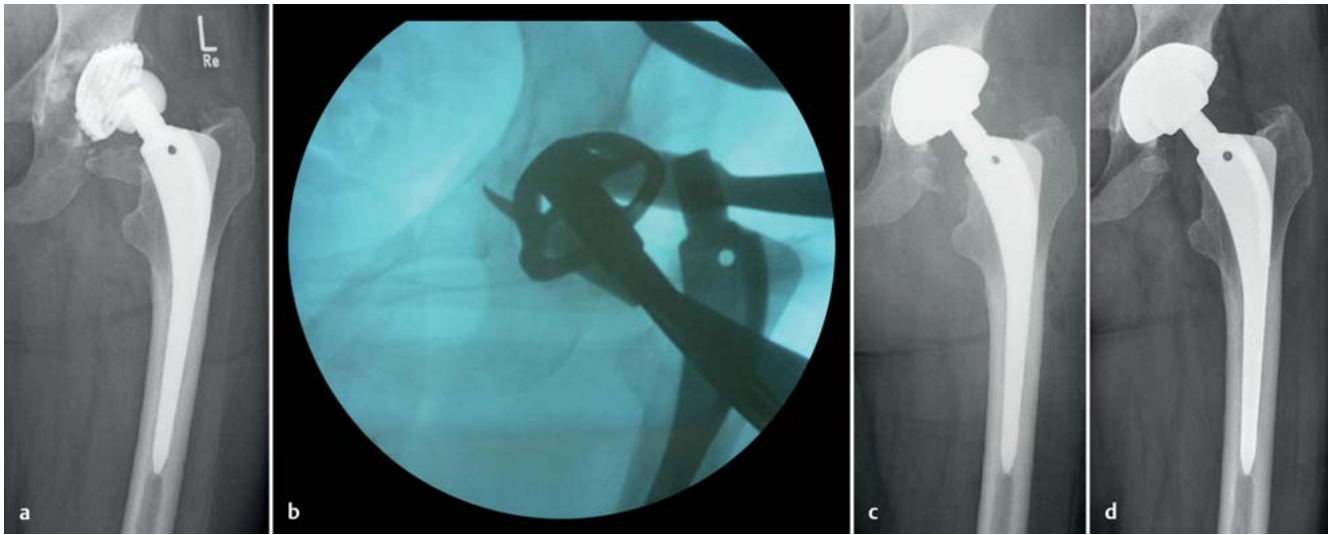
Bei den Fällen mit verloren gegangenen vorderen oder hinteren Pfeilerstrukturen des Azetabulums, nicht selten auch mit zentralen Defekten und v.a. nicht mehr erhaltener Pfannenzirkumferenz, sind Primärimplantate in aller Regel nicht mehr zu verwenden. Die vorwiegend in den nordamerikanischen Staaten propagierten Massivknochentransplantate (sog. „bulk graft“) zur Ausfüllung der Defekte und zur Lagerung von dort hinein eingepassten Endoprothesen wurden mangels ordentlicher Langzeitergebnisse nicht favorisiert. Nicht zuletzt aufgrund der Tatsache, dass eine erfolgreiche Verankerung eines Implantats auf einem Transplantat bekanntermaßen zum frühen Scheitern verurteilt ist [17].

Niemals ein Implantat auf einem Transplantat verankern!

Aus den genannten Gründen hat sich die Überbrückungsstrategie der Defektzonen mit Pfannenstützschalen bewährt, wobei der Langzeiterfolg direkt von der Vitalisierung des eingebrachten Knochenersatzmaterials abhängt.

### Strategie der Defektfüllung

Die im Folgenden aufgeführten Möglichkeiten zur Implantatneuverankerung sind nur anwendbar bei geringen und mittleren Knochenstoffdefekten und bei er-



**Abb. 2 a bis d** MW, \* 18.03.1941, w.: Erstimplantation HTP li. 1987 wegen Koxarthrose. **a** Seit etwa 1 Jahr Beschwerden, präoperatives Röntgenbild 6/2009 mit Nachweis der Pfannenlockerung (Katthagen 1–2). **b** Intraoperative BV-Aufnahme (6/2009) mit Probepfanne und gut erkennbarem Knochendefekt. **c** Postoperatives Röntgenbild (6/2009) nach Unterfütterung der Pressfit-Pfanne mit Knochenchips vom eigenen Beckenkamm. **d** Unverändert stabiler Sitz des Schaftes nach 23 Jahren, stabile Pressfit-Pfanne nach 1 Jahr (5/2010).

haltener Zirkumferenz des azetabulären Ringes:

- Zementfixation
- Massivknochentransplantat („strut graft“)
- Impaction Grafting („Exeter-Technik“)
- Jumbo-Implantate
- metallische Augmentate

Die in der Literatur publizierten [2,5,8,10] mehr oder weniger erfolgreichen Verfahren führen über einen mittleren Nachbeobachtungszeitraum von 4–6 Jahren zu ordentlichen Erfolgen, hinterlassen aber im erneuten Lockerungsfall einen deutlich größeren Defekt als in der Ausgangssituation vorgelegen hat. Damit ist ein regelhaftes „Downgrading“ nicht möglich und diese Strategien sollten besonders bei jüngeren Patienten (unterhalb 60. Lebensjahr) vermieden werden.

**Defektüberbrückende Strategie**

Gelingt es, einen azetabulären Maximaldefekt mit einer geeigneten Pfannenrekonstruktionsschale stabil zu überbrücken und den verloren gegangenen Knochen mit vitalisierbarem Ersatzmaterial aufzufüllen (s.a. Kapitel: Knochenersatzmaterial), kann es im Heilverlauf zu einem „Downgrading“ kommen und im Rahmen einer erneuten Prothesenlockerung ist unter Umständen sogar wieder die Implantation eines Primärimplantats möglich (**Abb. 3**).

Hauptaugenmerk bei dieser Vorgehensweise muss auf eine hohe Primärstabilität der Pfannenstützschale gelegt werden, die dadurch erreicht wird, dass zwischen den kaudalen Sitzbeinstrukturen und dem proximalen Beckenschaukelrest eine bestmögliche Überbrückung erfolgt (s.a. Operationsprinzip Pfannenstützschale und **Abb. 4**).

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Verfügbarkeit des vitalisierbaren Knochenersatzmaterials (autolog als Goldstandard!) und die Vitalität des Implantatlagers nach sorgfältigem Débridement von abgestorbenem Knochengewebe und vollständigem Entfernen von etwaigen Zementresten.

Bei unzureichender Vitalisierung des biologisch wenig potenten Knochenersatzmaterials auf z.B. xenogener Basis kommt es nach 6–8 Jahren zum Materialermüdungsbruch und damit zu einer notwendigen neuerlichen Austauschoperation.

Das einzig verlässliche Material, das ein Gelenkimplantat dauerhaft und zuverlässig tragen kann, ist der vitale Knochen!

**Knochenersatzmaterial**

**Autogen**

Zweifelsohne ist bei Knochendefiziten die autologe Spongiosaplastik der „Goldstandard“ in der rekonstruktiven Chirurgie [18]. Allerdings steht er insbesondere

im höheren Lebensalter nur im begrenzten Ausmaß und sogar in verminderter Qualität zur Verfügung. Bei sehr jungen Patienten empfiehlt sich aber in jedem Fall die autogene Entnahme, die bei aufwendigen Pfannenrekonstruktionen wegen der anatomischen Lagebeziehung zum Hüftgelenk mit Vorteil vom hinteren Beckenkamm gewonnen werden sollte.

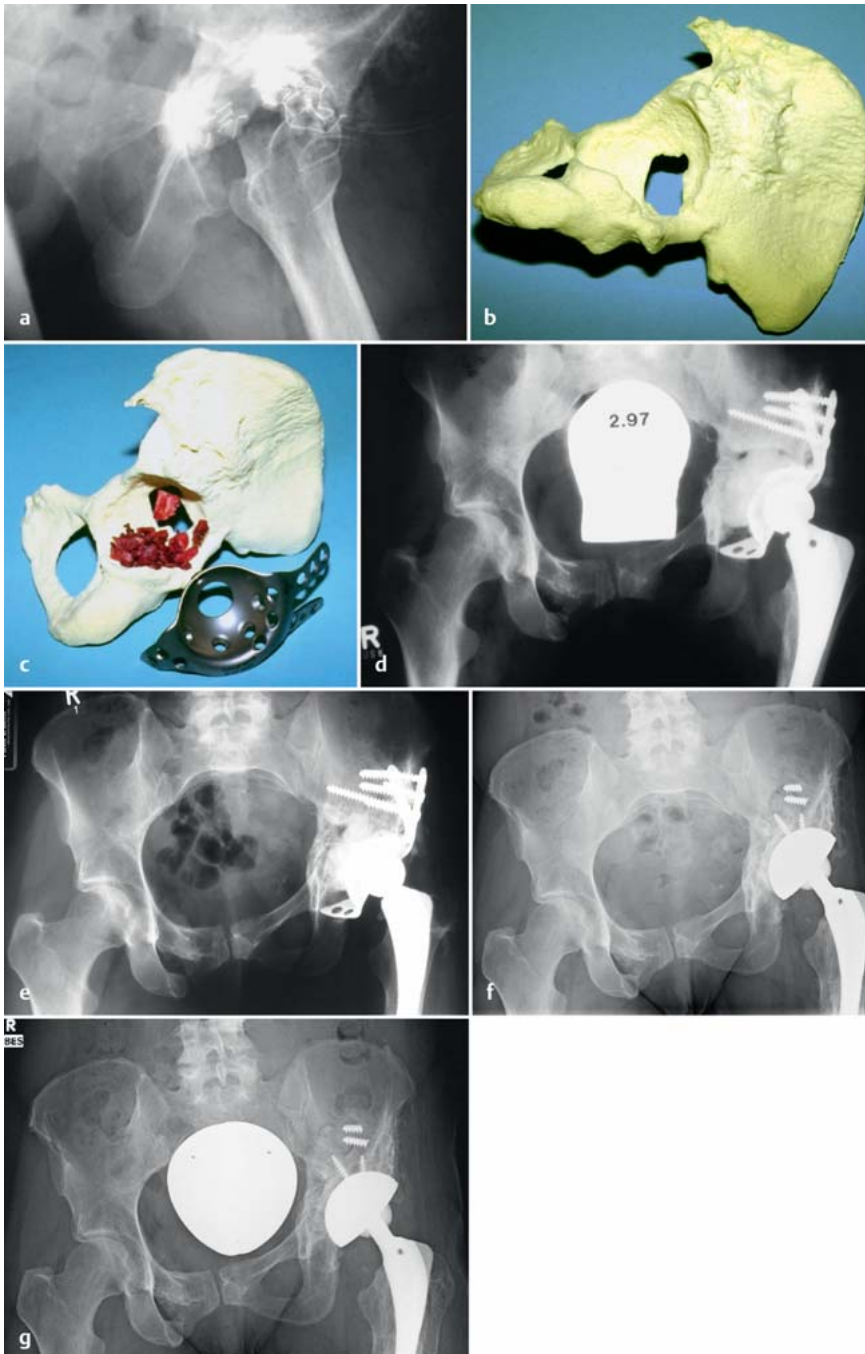
**Allogen**

Allogene Knochentransplantate sind zwar aufgrund des in Europa neu geregelten Arzneimittelgesetzes und der damit geänderten Empfehlungen zum Führen einer Knochenbank nicht einfach zu akquirieren, aber in Revisionszentren nach wie vor unverzichtbar. In der Regel finden hierbei die im Rahmen von Primärimplantationen von Hüfttotalendoprothesen entnommenen Hüftköpfe nach deren Entknorpelung Eingang.

Die nicht zusätzlich behandelten, kryokonservierten Hüftköpfe müssen darüber hinaus wegen der potenziellen Gefahr der Übertragung ansteckender Krankheiten (HIV, Hepatitis, Lues) mindestens 6 Monate nach Entnahme mit entsprechenden Blutuntersuchungen vom Spender neu evaluiert werden.

Eine Alternative bietet der unmittelbar nach Entnahme thermodesinfizierte (sterilisierte) Knochen mit dem Telos-System [11], der bereits 14 Tage nach Entnahme transplantationsfähig ist. Natur-





**Abb. 3 a bis g** DS, \* 18.02.1964, w.: Erstimplantation HTP li. 1995 mit primärer Pfannenaufbau-  
plastik nach fehlgeschlagener Osteosynthese einer Azetabulumfraktur (1994) mit Gelenkempy-  
em. **a** Girdlestone-Hüfte nach posttraumatischer Koxitis. Nach vollständiger Entfernung allen  
Osteosynthesematerials und Hüftkopfresektion Einlage von Refobacin-PMMA-Ketten. **b** Auf der  
Basis von CT-Daten angefertigtes Beckenmodell aus Kunststoff zur präoperativen Planung. Der  
hochgradige azetabuläre Defekt (Kathagen 5) ist gut zu erkennen. **c** Beckenmodell mit Pfannen-  
rekonstruktionsschale mittlerer Größe (Fa. Aesculap, Tuttlingen, Außendurchmesser 58 mm) und  
angedeuteter Spongiosaplastik. **d** Röntgenverlaufsbild 2 Jahre postoperativ. Patientin ist  
schmerz- und infektfrei, läuft mit 1 Handstock bei ausgeprägtem Trendelenburg-Hinken aufgrund  
narbiger Glutealinsuffizienz. **e** Röntgenbild des Beckens vom Mai 2003 (8 Jahre nach HTP bei  
Girdlestone). Zu diesem Zeitpunkt ist radiologisch der Pfannenboden konsolidiert, in den Weich-  
teilen des Oberschenkels Abszessbildung mit CRP-Erhöhung (> 200 mg/l) und Leistenschmerzen.  
Diagnose: periprotetischer Infekt. Ursache: abszedierendes Nasen-Piercing (gleicher Keimnach-  
weis). Therapie: Erneute Girdlestone-Hüfte (5/2003). **f** Nach Infektanierung Reimplantation  
einer Pressfit-Pfanne in den inzwischen vollständig restaurierten Pfannengrund mit zusätzlich sta-  
bilitätsverbessernden Verankerungsschrauben (9/2003). **g** Letzte Röntgenaufnahme im Follow-  
up (9/2009) bei zufriedener, beschwerdefreier Patientin. Der Pfannenboden ist voll tragfähig,  
der ehemalige Defekt von Grad 5 auf Grad 0 zurückgegangen („Downgrading“).

Rüdiger Volkmann: Aseptische Revisionsendoprothetik am Hüftgelenk

gemäß reduziert sich die biologische Wertigkeit des entnommenen Materials aber mit jedem Schritt der Prozessierung.

#### Xenogen

Xenogene Knochenersatzmaterialien, vollprozessiert und damit krankheits-  
erregerfrei, liegen auf der untersten Stufe der biologischen Wertigkeit und sind  
aufgrund zahlreicher klinischer Erfah-  
rungen nur bei kleineren bzw. mittel-  
großen Defekten zu empfehlen.

#### Metallische Augmentate

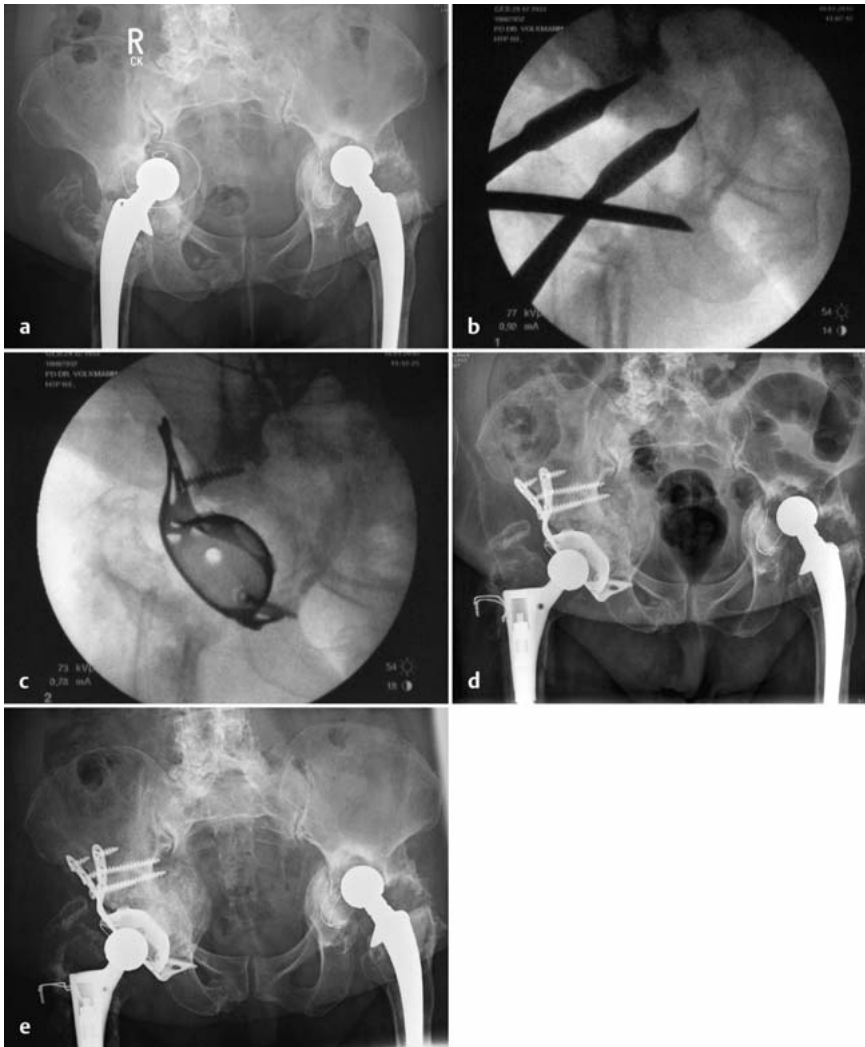
In der letzten Zeit sind von der Industrie  
metallische Augmentate aus Spezial-  
werkstoffen (Tantal) zur Verfüg-  
ung gestellt worden, die vor dem Hintergrund  
der begrenzten Verfügbarkeit körper-  
eigenen Knochenmaterials, der aufwen-  
digen und kostenintensiven Allograftge-  
winnung von einigen Autoren als viel-  
versprechende Alternative propagiert  
werden [20].

#### Operationsprinzip Pfannenstützschale

Verantwortlich für eine dauerhafte Sta-  
bilisierung des Revisionsimplantats ist  
zweifelsohne die erzielte Vitalität des  
den Defekt ausfüllenden Transplantats.  
Hierzu ist ein vollständiges Débridement  
des Pfannengrunds unumgänglich, um  
eine Vaskularisation aus dem Pfannenbo-  
den (Ersatzlager) heraus zu ermöglichen.  
Die Einheilung des spongiösen Allografts  
kann unter stabilen Bedingungen durch  
„schleichenden Umbau“ („creeping sub-  
stitution“) einige Monate in Anspruch  
nehmen, weswegen die Stützschale aus  
biegebelastungsfähigem Material gefe-  
tigt sein sollte und fest im Sitz- und Darm-  
bein verankert werden muss (**Abb. 5**).

#### Femorale Revision

Unbestrittenes Ziel der Revisionsendo-  
prothetik auch nach aseptischen Schaft-  
lockerungen ist die Wiederherstellung  
eines stabil verankerten, korrekt arti-  
kulierenden und gut funktionierenden  
Hüftgelenks. Jede Strategie zum Wieder-  
aufbau des periprotetischen Knochens,  
besonders nach vorangegangenen Mehr-  
fachwechseln, aber auch schon nach ze-  
mentierten Erstoperationen, schafft hier-  
bei die Basis für eine erfolgreiche Be-  
handlung [13, 17, 19].



**Abb. 4a bis e** DJ, \* 29. 12. 1933, w.: Erstimplantation HTP li. 1997 wegen Koxarthrose. **a** Wegen „...seit einiger Zeit zunehmender Schmerzen in der rechten Leiste...“ erstmalige Vorstellung am 18. 11. 2009 mit hochgradigen Pfannenlockerungen beidseits. (Katthagen 7 re., Katthagen 6–7 li.). **b** Intraoperative BV-Aufnahme mit Hohmann-Hebeln am Pfannenrand und eingeschlagenem Meißel am aufsteigenden Sitzbein (1/2010). **c** Intraoperative BV-Aufnahme mit gerade eingebrachter Pfannenrekonstruktionsschale. Die umgebogene distale Lasche ist im Sitzbein eingeschlagen und gegen ein sekundäres Ausreißen mit einer Schraube gesichert. Die proximalen Laschen sind gerade mit einer Schraube temporär fixiert. Der riesige azetabuläre Defekt (Becken-diskontinuität!) ist noch nicht mit Spongiosachips aufgefüllt (1/2010). **d** Postoperatives Röntgenbild am 2. Tag (1/2010). **e** Verlaufskontrolle nach 3 Monaten (4/2010). Die Patientin ist mit Stützen nahezu schmerzfrei mobil und wünscht die Gegenseite in einem halben Jahr ausgetauscht. Die eingebrachte homogene Spongiosaplastik ist beginnend konsolidiert, das Implantat unverändert stabil.

**Klassifikation und Implantate**

Im deutschsprachigen Raum hat sich aus Gründen der Praktikabilität die Defekt-klassifikation der DGOOT [13] durch-gesetzt, die international am besten mit der Paprosky-Einteilung zu vergleichen ist. Es werden dabei ebenso kleine und mittlere Defekte (umschlossen, „con-tained“) erfasst, die in den meisten Fäl-len mit Standardimplantaten zu behan-deln sind. Bei den großen, kombinierten Defekten und bei den vollständigen Kno-

chenverlusten (offen, „non contained“) lassen sich nur langschäftige Revisions-stiele, in extremen Fällen sogar nur noch komplette Femurersatzprothesen einset-zen (Abb. 6).

Kompliziert wird ein Vergleich der prä-operativen Defektklassifikation dadurch, dass nicht selten durch unvorhergesehene oder auch geplante Knochenverletzun-gen (z.B. transfemorale Zugang, s.u.) intraoperativ die Ausgangssituation im Sinne eines iatrogenen „Upgrading“ des

Defekts verschlechtert wird. So kann bei-spielsweise ein geringgradiger (Grad-1-Defekt) zum hochgradigen (Grad-6-Defekt) werden, wenn Prothese und teilwei-se fest sitzender Knochenzement über zusätzliche Knochenfenster oder gar ein-en transfemorale Zugang geborgen werden müssen (Abb. 7).

Der anatomische Ausgangsdefekt des Knochens kann durch operative Maß-nahmen komplexer werden.

**Operationsprinzipien**

Kleine oder mittlere segmentale Defekte (Katthagen 1–3)

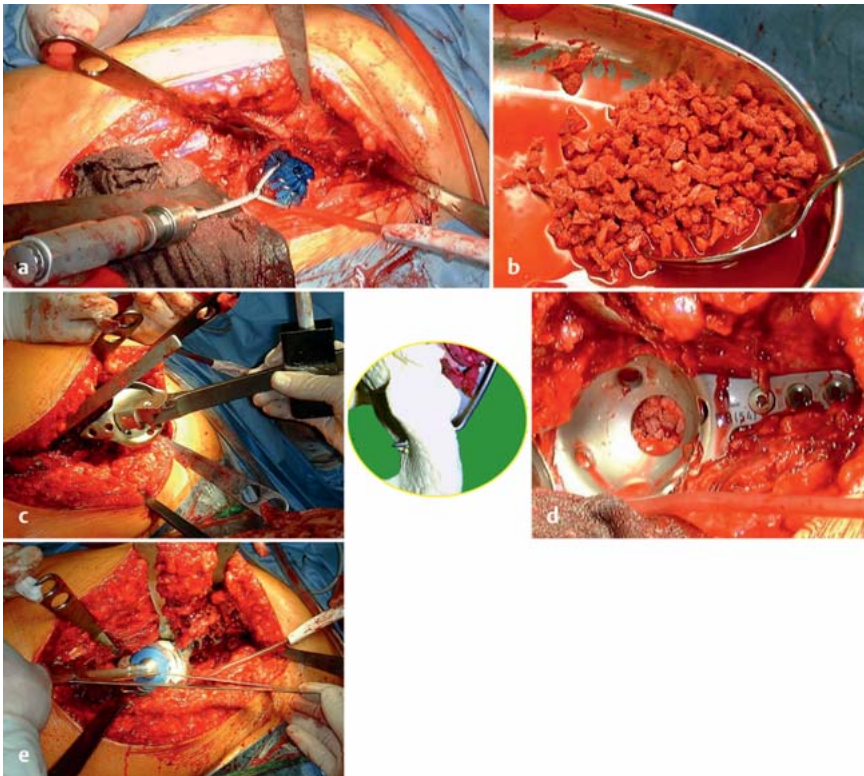
In den meisten Fällen lässt sich ein aus-reichend gelockertes Schaftimplantat über die Implantationsöffnung („endo-femoral“) entfernen und zwar unabhän-gig von der Verankerungsart (unzement-iert oder zementiert). In solchen Fällen bleibt das Knochenrohr des Femurs er-halten und nach sorgfältigem Débride-ment kann eine Standardprothese neu verankert werden. Aufgrund der nach Implantatentfernung zurückbleibenden glatt polierten Kortikalisstrukturen ist allerdings eine knöcherne Reintegration der unzementiert eingebrachten Prothe-se nicht wahrscheinlich, sodass deshalb besser ein zementiertes Verfahren zur Anwendung kommen sollte.

Als ein kombiniertes Verfahren ist das „Impaction Grafting“ mit proximal ver-ankernden Standardimplantaten für ge-ringgradige und geschlossene femorale Defekte geeignet. Bei der Verwendung von glatten Primärschäften, die nach dem Auffüllen und Impaktieren der De-fekthohlräume mit allogenen, spongiö-sem Knochen einzementiert werden, wird über eine gute knöcherne Transfor-mation und Integration des eingebrach-ten Materials berichtet [10, 12].

Große, offene und komplette Knochendefekte (Katthagen 4–6)

Bei nicht mehr ausreichend erhaltener Knochenstruktur kommen ausfüllende Operationsstrategien an ihre Grenzen und es muss die mittlere und distale Diaphyse zur Prothesenneuverankerung herangezogen werden. Hierfür eignen sich besonders langschäftige Prothesen, die mit einem ausreichenden Übermaß („press fit“) und ohne Verwendung von Knochenzement fest sitzen. Die Veran-kerung erfolgt durch eine mehr oder we-niger konische Verklemmung mit aus-





**Abb. 5a bis e** Operationstechnik in intraoperativen Bildern (Rückenlage des Patienten). **a** Nach Explantation der Pfanne und des Schaftes (hier über transfemorale Zugang zur optimalen Exposition des Pfannenlagers) wird das vollständige Débridement mit einer rotierenden Kunststoffbürste abgeschlossen. **b** Eine ausreichende Menge von Knochenchips (hier homogenes, kryokonserviertes und nicht thermodesinfiziertes Material aus 2 Hüftköpfen) wird in den Defekt tamponiert. **c** Mittels Führungsinstrument wird die gebogene distale Lasche der Rekonstruktionschale am positionierten Meißel (**Abb. 4b**) entlanggeführt und in das Sitzbein eingeschlagen. **d** Die Stützschale in situ. Die an der Beckenschaukel anliegende ventrale Lasche ist mit 3 Schrauben belegt. Durch das zentrale Loch der Titanschale erkennt man die eingebrachten Knochenchips. **e** Unter Verwendung von einer kleinen Menge Knochenzement wird das PE-Inlay in der Rekonstruktionspfanne eingeklebt.

großvolumiger Metallimplantate in jenen Raum, welchen der neu zu bildende Knochen benötigt, quasi „erkauft“. Die Spirale des zunehmenden Knochenverlusts wird so nicht durchbrochen, die Knochensubstanz nimmt weiter ab [16].

Strategie der Defektfüllung

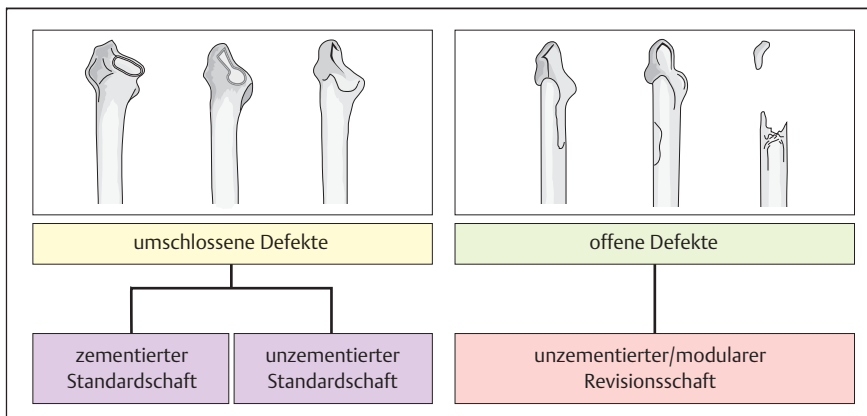
Am Femurschaft ist das Ausfüllen von Knochendefektzonen ein probates Mittel, um eine primär stabile Belastungssituation zu erzielen. Diese Verfahren erfordern weitgehend geschlossene („contained“) Knochenstrukturen und sind somit v.a. bei Grad-1–3-Defekten anwendbar:

- Zementfixation (**Abb. 8**)
- Impaction Grafting (**Abb. 9**)
- Jumbo-Implantate (**Abb. 10**)

Wie die aufgeführten Beispiele zeigen, ist ein für den Langzeiterfolg insbesondere bei jungen Patienten gewünschtes „Downgrading“ der Defekte nicht zu erreichen, da die eingesetzten Materialien exakt den Platz einnehmen, in den neuer Knochen eigentlich hineinwachsen sollte.

Strategie der Defektüberbrückung

Bekanntermaßen steht bei hochgradigen Defektsituationen der proximale metaphysäre Knochen nicht ausreichend zur Verankerung zur Verfügung und das lange Revisionsimplantat muss den Kraftfluss aus dem Hüftgelenk in die Femordiaphyse leiten. Gleichzeitig kann jetzt neuer Knochen in der ehemaligen Defektzone entstehen und quasi sekundär die Prothese in der Metaphyse abstützen. Bleibt die Krafteinleitung aber auf Dauer in der Diaphyse des Oberschenkels bestehen und kommt es nicht zu sekundärer Druckbelastung des neu entstandenen Knochens, entsteht eine kortikale Atrophie mit der Folge des neuerlichen Knochenabbaus („stress shielding“). Langfristig wird das Implantat dadurch auch in der Diaphyse gelockert und nachsinken oder bei absoluter Fixation brechen [9, 16].



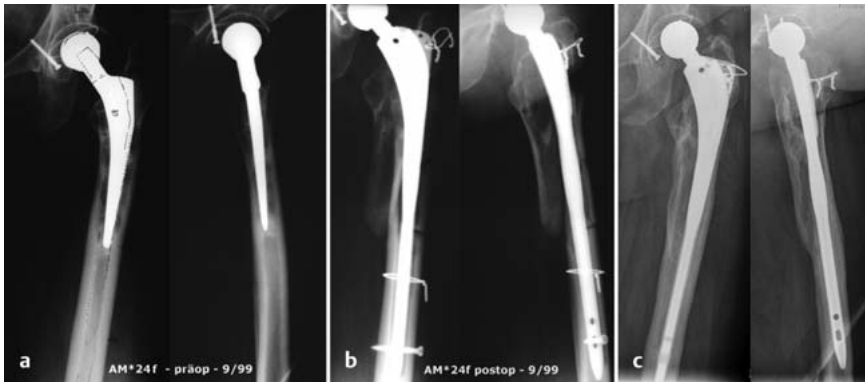
**Abb. 6** Defektklassifikation und Implantatauswahl am Femur.

reichend großen Implantatdurchmesser, teilweise unterstützt durch zusätzliche Verriegelungsschrauben („locking screws“).

Um die Nachteile einer dauerhaften distalen Krafteinleitung zu umgehen, be-

vorzugen andere Konzepte eine proximale Verankerung: Die primär stabile Situation wird durch großvolumige Implantate erreicht, welche den ausgeweiteten Markkanal vollständig ausfüllen („fit and fill“). Die proximale Krafteinleitung wird aber durch das Einbringen

Einen Weg aus diesem Dilemma bietet die Verriegelungsoption von Prothesenschäften in Kombination mit einem transfemorale KnochenDébridement, das – ähnlich den Abläufen bei einer Frakturheilung – zur Entstehung von neuen Kortikalisstrukturen beitragen kann.



**Abb. 7 a bis c** AM, \*03.06.1924, w.: Erstimplantation HTP li. 1989 wegen Koxarthrose. **a** Präoperatives Röntgenbild (9/1999) mit „klassischen“ Lockerungszeichen einer zementierten Geradschaftprothese (Katthagen 3–4) und papierdünner Restkortikalis. Teilweise ausgeprägte Osteolysen, teilweise noch fester Knochen-Zement-Kontakt, der ein vollständiges Entfernen von Prothese, Zement und Granulationsgewebe über einen *endofemoralem* Zugang erschwert. **b** Postoperatives Röntgenbild (9/1999) nach *transfemoralem* Bergen der Prothese, Einsatz einer langschäftigen Revisionsprothese mit distaler Verriegelung (Bicontact-Revisionschaft, Fa. Aesculap) zur Überbrückung der iatrogenen „Frakturzone“. Die aufgebrochenen Knochenschalen konnten wegen hochgradiger Knochenweiche nicht mittels Drahtcerclagen refixiert werden, sodass der Prothesenschaft ohne proximale Unterstützung (entspricht Katthagen 6) rein metaphysär verankert ist. Nach einem Jahr geplantes Entfernen des Verriegelungsbolzens zur Dynamisierung. **c** Aktuelles Röntgenbild (9/2009) im Verlauf über 10 Jahre mit radiologisch deutlich erholter Knochenstruktur im prothesentragenden metaphysären Femur: „Downgrading“ des ursprünglichen Defekts von Grad 3–4 auf Grad 1–2 nach Katthagen.

#### Prinzip der zementfreien Revisionsprothese mit distaler Verriegelung

In der operativen Traumatologie – dies ist Gegenstand zahlreicher Publikationen – haben sich Techniken zur Respektierung der Biologie der Knochenheilungsvorgänge in den letzten Jahren stürmisch entwickelt. Die Erkenntnis, dass nur gut durchbluteter, vitaler Knochen heilt und dauerhafte Stabilität verspricht, hat ihren Niederschlag in der sog. „Biologischen Osteosynthese“ gefunden [19].

Die Erfahrung, dass überbrückende metallische Implantate brechen, wenn der Knochen nicht in ausreichender Zeit heilt, hat man vielerorts auch in der Revisionsendoprothetik machen können. So ist es keine Seltenheit, dass diaphysär fest verankerte Prothesenstile versagen (Materialermüdung), wenn die metaphysäre Knochensubstanz zur Unterstützung fehlt – eine Situation, die bei Defekten über Grad 3 nach Katthagen immer vorliegt. Schafft man in solchen Fällen eine künstliche Frakturzone beispielsweise durch einen transfemoralem Knochenzugang, der sich zur einfachen Entfernung der Schaftprothese ohnehin anbietet, wird aus dieser heraus neuer Knochen entstehen, der bei ausreichender Implantatstabilität bis an die Oberfläche der Prothese heranwächst [6]. Jetzt muss nur noch die Primärstabilität des langen, diaphysär verankernden Prothesenstiels

gewährleistet werden, um ein frühes Einsinken zu verhindern. Das erreicht man additiv zur Konusklemmung zuverlässig über Verriegelungsbolzen, die eine ähnliche zusätzliche Stabilisierungsfunktion übernehmen, wie man es von Verriegelungsmarknägeln in der Traumatologie kennt. Kommt es im Rahmen solcher einer Osteosynthese nicht zur rechtzeitigen Frakturkonsolidierung, weil die Verriegelungsbolzen durch ihre statische Funktion eine interfragmentäre Kompression verhindern (Distension), ist es in vielen Fällen erfolgreich, die Verriegelungsbolzen zur Dynamisierung zu entfernen und damit die Fraktur zur Ausheilung zu bringen.

Gleiches Prinzip verfolgt die „temporäre Schaftverriegelung“ bei den Endoprothesenwechseln. Zunächst wird durch die Verriegelungsbolzen die mehr oder weniger starke Konusklemmung des Stiels im diaphysären Knochen deutlich unterstützt, sodass Rotations- und Einsinkverhalten limitiert sind. Hat sich der proximale, metaphysäre Knochenstock wieder erholt und ist – im Idealfall – aus den Frakturzonen nach transfemoralem Bergen des gelockerten Implantats sogar neuer Knochen entstanden, kann nach „Dynamisieren“ des Implantats durch die Entfernung der Verriegelungsbolzen der proximale Prothesenkörper im aufgebauten Knochen verankern und diesen unter einen formatierenden Druck set-



**Abb. 8** Beispiel für Zementausfüllung einer hochgradigen (Katthagen 5) femoralen Knochendefektsituation.

zen. Damit wäre die ehemals diaphysäre, statische Verankerung der Prothese in eine sekundär metaphysäre, dynamische rückverwandelt worden, was biomechanisch den besten Langzeiterfolg verspricht [16].

Die Umsetzung dieses Prinzips der Knochenbruchheilung bei Defektzonen (sog. „Trümmerbrüche“) aus der Traumatologie in die Endoprothetik ist als Phänomen der „Verankerungsumkehr“ erfolgreich etabliert und gewährleistet für weitere Wechseloperationen bei erneuten Lockerungsvorgängen eine bessere Ausgangssituation durch das „Downgrading“ des Ausgangsdefekts. Nicht zuletzt aufgrund der geänderten Altersstruktur unserer Bevölkerung und des zunehmend frühzeitigeren Primäreinsatzes von Endoprothesen ist zu befürchten, dass die gerade erfolgreich getauschte Endoprothese im Lebensfall irgendwann wieder locker wird (**Abb. 11**).

Keine Prothese ist sicher die letzte!

#### Operationsprinzip Revisionschaft

Die Implantation des Revisionschafts erfolgt insbesondere bei ausgeprägten Defekten vorzugsweise durch einen modifizierten transfemoralem Zugang [17]. Das proximale Femur wird dabei trans-



**Abb. 9a bis d** a Originales „Impaction Grafting“ (sog. „Exeter“-Technik): Prothese wird mittels Zement in ein vorverdichtetes Spongiosabett eingeklebt. **b–d** Modifiziertes „Impaction Grafting“: Revisionsprothese wird ohne Zement in ein vorverdichtetes Spongiosabett eingepresst, mit Verriegelungsbolzen zusätzlich stabilisiert (c) und ist nach Entriegelung (Dynamisierung) stabil (d).

muskulär über die Länge des zu wechselnden Primärimplantats lateral längs osteotomiert und der ventrale Knochen- deckel aufgeklappt, ohne ihn dabei aus dem Weichteilverbund zu lösen. Die Entfernung der Schaftprothesen unterschiedlichster Verankerungsart ist dadurch ebenso leicht möglich wie die des Knochenzements und die Kürettage des Knochenrohrs von Granulationsgewebe (Débridement). Neben dem vergleichsweise einfachen, übersichtlichen und vollständigen Entfernen der inliegenden Komponenten unterstützt und beschleunigt der transfemorale Zugang den Knochenumbau durch die in Gang gesetzten Frakturheilungsprozesse (**Abb. 12**).

Die Vorbereitung der Markhöhle zur Aufnahme des Implantats ist abhängig von verschiedenen Faktoren (Knochenfestigkeit, Antekurvatur, Länge der Osteotomie, intraossäre Hindernisse etc.) und wird demzufolge situationsangepasst durchgeführt. Die Präparation der distalen Diaphyse erfolgt stufen- und wahlweise über flexible oder starre Markraumborner.

Beim Einsetzen der distalen Implantatkomponente entsteht durch Auswahl

der Implantatgröße in Abstimmung mit dem zuletzt benutzten Bohrer ein verklemmendes Übermaß (Pressfit). Bei osteoporotischem Knochen kann durch Auswahl der nächstdickeren, evtl. auch längeren Prothese ein besseres Pressfit erzielt werden, das durch zusätzliche Verriegelung nochmals verbessert wird. In Fällen mit schlecht kalkulierbarer Primärstabilität erhöht die optionale distale Verriegelung die primäre Axial- und Rotationsstabilität signifikant.

Konzeptionell genutzt, ist jedoch die Entfernung der distalen Verriegelung ein wesentlicher Bestandteil der **temporären** Primärverankerung mit zeitverzögerter Verankerungsumkehr und sollte deshalb regelhaft durchgeführt werden.

Mit dem zunehmenden Einsatz von modularen Schaftkomponenten ist die intraoperative Beinlängen- und Rotationsbestimmung einfacher geworden, andererseits erhöht sich dadurch das Risiko von Implantatbrüchen gegenüber Monoblockimplantaten.

Das Zurückklappen des zur Entfernung der Prothese gebildeten Knochen- deckels

und seine Sicherung durch (möglichst) wenige Cerclagen gewährleistet einerseits die Knochenheilung und garantiert den suffizienten Ansatz der hüftgelenk- übergreifenden Muskulatur. Beim Vorliegen vollständiger Knochendefektzonen wird eine zusätzliche, möglichst homogene Spongiosaplastik eingebracht. Nach Abschluss des proximalen Knochenaufbaus, welcher abhängig vom Ausgangsdefekt nach frühestens 12–24 Monaten zu erwarten ist, werden die distalen Verriegelungsbolzen entfernt (Dynamisierung, **Abb. 7**).

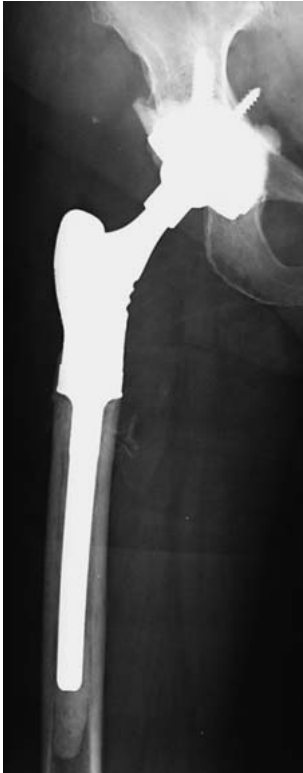
### Nachbehandlung

Solcherart komplex versorgte Patienten bedürfen einer individuellen Nachbehandlung, die auf einigen wenigen Standards beruht, die aber über die der Primärimplantation hinausgehen.

Der postoperative Aufenthalt bis zur gesicherten Rückkehr der Vitalfunktionen auf der Intensivstation erfolgt erfahrungsgemäß und je nach Begleiterkrankungen für mindestens 24 Stunden.

Bereits dort beginnt wegen der regelhaft erheblichen Weichteil- und Knochen-





**Abb. 10** Beispiel für Ausfüllung einer hochgradigen (Katthagen 6) Knochendefektsituation mittels Massivimplantat (sog. „Jumbo“-Prothese).

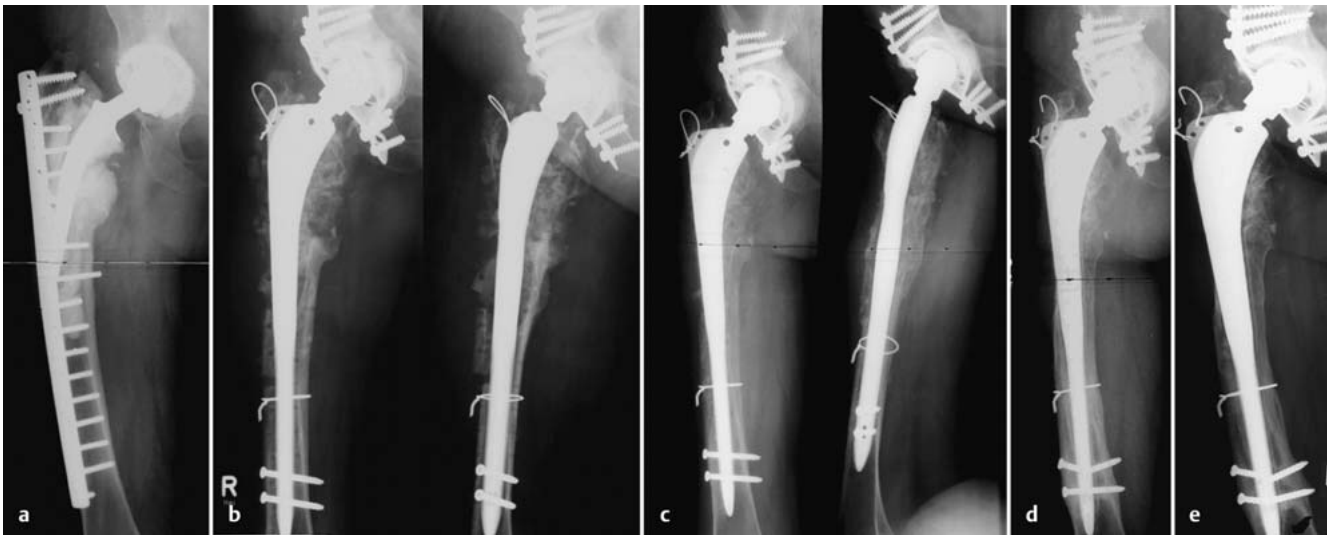
alteration ein krankengymnastisches Übungsprogramm zur Mobilisierung **im Bett** bis zum 7. postoperativen Tag. Erst danach werden unter Zuhilfenahme von entsprechenden Gehwagen und später Gehstützen die Mobilisierungsversuche außerhalb des Bettes fortgesetzt mit einer Teilbelastung der betroffenen Extremität von etwa 20–30% des Körpergewichts. Diese Teilbelastung wird bis zur 12. Woche postoperativ empfohlen einzuhalten, wobei der überwiegende Teil der Operierten sicher nach Entlassung aus der Rehabilitationsklinik eine mehr oder weniger schmerzadaptierte Vollbelastung durchführt.

Zum Ende des 3. Monats wird mit einer Röntgenverlaufskontrolle der stabile Sitz der Prothesenkomponenten dokumentiert und die Patienten in ein Nachsorgekollektiv aufgenommen. Die Verriegelungsbolzen sowie die stabilisierenden Drahtcerclagen sollten etwa 1 Jahr nach der Austauschoperation im Rahmen eines kurzen stationären Aufenthalts wieder entfernt werden.

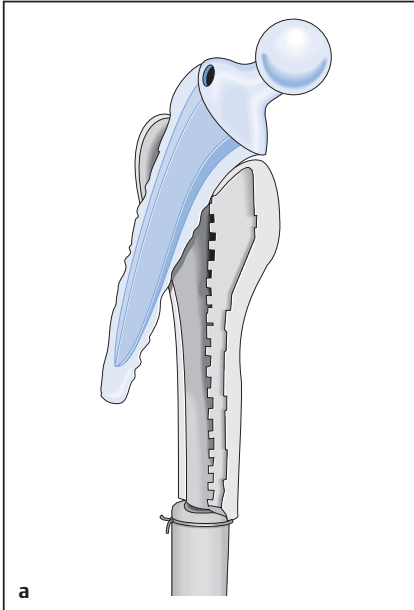
**Diskussion**

Die vordergründigen Therapieziele bei Austauschoperationen von aseptisch gelockerten Endoprothesen bestehen darin, die den Patienten erneut verloren

gegangene Lebensqualität wieder zurückzubringen und zukünftig drohenden Implantatlockerungen durch knochenaufbauende Operationen vorzubeugen. Dabei wird von der Strategie der primär hochstabilen Zementausfüllung der Defektzonen immer öfter zu „biologischen“ Verfahren mit Defektüberbrückung unter Verwendung von unzementierten verankernden Pfannenrekonstruktionsschalen und Langschaftprothesen übergegangen. Die erfolgreiche Revitalisierung der hohlraumfüllenden, fest impaktierten, homogenen Spongiosa mit anschließendem Remodeling der azetabulären Defekte konnte zwischenzeitlich klinisch, projektionsradiografisch und mittels der Positronenemissionstomografie (PET) an ausgewählten Fällen nachgewiesen werden [18]. Voraussetzung für das Neuentstehen eines tragfähigen Pfannenbodens ist dabei ein ersatzstarkes Knochenlager und eine stabile Überbrückung des Defekts mit einer geeigneten Pfannenrekonstruktionsschale, die aus diesem Grund stabil und nicht zementiert im aufsteigenden Sitzbeinast einerseits und an der Beckenschaufel andererseits befestigt wird. Damit ist gewährleistet, dass niemals ein Implantat auf einem Transplantat verankert wird [3,11]. Die Autoren, die beim Einsatz von Burch-Schneider-Ringen über extrem hohe Lockerungsraten berichten,



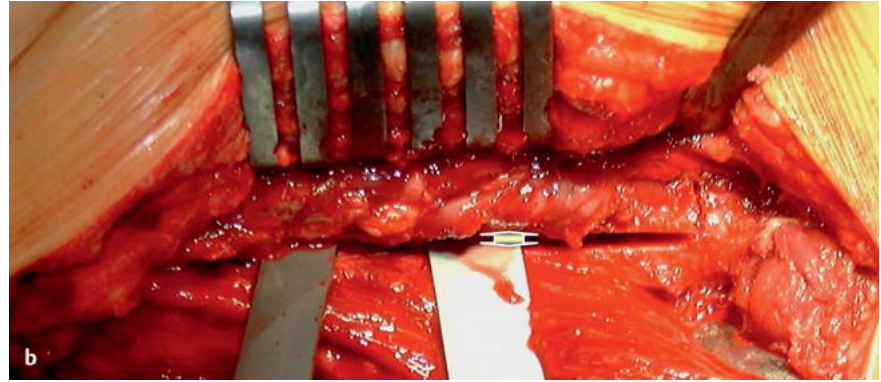
**Abb. 11 a bis e** AZ, \* 04.04.1933, w.: Erstimplantation HTP re. 1979 wegen Koxarthrose. **a** Röntgenbild (10/1994) mit höchstgradigem Knochendefekt (Katthagen 6) und ausgebrochener, zementierter Schaftprothese nach bereits zuvor 2-maliger Wechseloperation. **b** Postoperatives Röntgenbild (11/1994) zeigt die Defektüberbrückung mit langschäftiger Revisionsprothese und 2-facher Verriegelung. Der metaphysäre Knochendefekt ist mit Spongiosachips aus 3 kryokonservierten Hüftköpfen aufgefüllt. **c** Nach 19 Monaten (6/1996) ist bei stabilem Prothesensitz des Schaftes die metaphysär eingebrachte Spongiosaplastik radiologisch tragfähig und der Patientin wird die „Dynamisierung“ empfohlen, die sie ablehnt. **d** Röntgenverlaufskontrolle (10/1998): Vier Jahre nach Schaftwechsel dynamisiert sich das Implantat selbst (Bolzenbruch), um nach dieser minimalen Dislokation über 9 weitere Jahre unverrückt im wieder aufgebauten (metaphysären) Knochen verankert zu bleiben. **e** Nach 13 Jahren (1/2007) fällt im Röntgenverlaufsbild der 2. Bolzenbruch auf. Es wird vermutet, dass die dauerhafte diaphysäre Stabilisierung (statische Verriegelung) zur kortikalen Atrophie des aufgebauten Knochens geführt hat (sog. „stress shielding“). Bei weitgehender Beschwerdefreiheit und Mobilität wünscht die inzwischen 77-jährige keine Revision.



**Abb. 12a** Schemazeichnung eines transfemorale Zugangs zur Implantatrevision.

haben der nach unseren Erfahrungen so wichtigen distalen Implantatfixierung (s.a. **Abb. 5**) möglicherweise nicht die nötige Aufmerksamkeit gewidmet [14]. Eine weitere Begründung für die hohe Versagensrate könnte in den verwendeten unterschiedlichen Ersatzstoffen und auch der Transplantataufbereitung zu finden sein. Hohe Lockerungsquoten werden bei Verwendung von homogenen Grafts v.a. dann berichtet, wenn Defekte mit strukturierten Massivallografts, z.B. ganzer Hüftkopf oder ganze Femurkondyle gefüllt wurden, wobei die Transplantate oft auch eine Abstützfunktion innehatten [3]. Werden hingegen in einem gut vorbereiteten, ersatzstarken azetabulären Lager potente Ersatzstoffe – am besten natürlich autogene Knochenchips vom Beckenkamm – verwendet, so ist bei stabilem Schutz des Transplantats durch eine überbrückende Rekonstruktionspfanne in kurzer Zeit ein belastungsfähiger Pfannenboden zu „züchten“, in den im erneuten Lockerungsfall beispielsweise eine Pressfit-Pfanne unzementiert eingesetzt werden kann. Dadurch ist es möglich, durch aseptische Lockerungsvorgänge entstandene Defekte zu verkleinern („Downgrading“), womit für die Zukunft viel optimalere Therapieoptionen resultieren [15].

Ähnlich gute mittelfristige Ergebnisse sind mit thermodesinfizierter homogener Bankspungiosa nach dem Marburger Prinzip (TELOS) zu erzielen, wenngleich es valide direkte Literaturvergleiche



**Abb. 12b** Intraoperatives Foto zur Verdeutlichung des weichteilschonenden Vorgehens i.R. eines transfemorale „Femur Split“: Nach der Längsosteotomie wird der im Muskelverbund belassene Knochendeckel mit Meißeln aufgebrochen, um die Prothese übersichtlich freizulegen.

hierzu bislang nicht gibt. Der Vorteil des TELOS-Verfahrens besteht darin, dass die zeit- und geldaufwendigen Untersuchungen der Transplantate auf deren Unbedenklichkeit, wie sie in den Richtlinien zum Betreiben einer Knochenbank vorgeschrieben werden, durch das Erhitzen der entnommenen Hüftköpfe nicht im vollen Umfang erforderlich sind. Die mittel- bis langfristigen Krankheitsverläufe einer Gruppe von Patienten, die vom Autor von 1997–1999 in dieser Modifikation des Transplantats behandelt wurden, erlauben nach eigenen Untersuchungen die vorsichtige Aussage, dass die zweifellos durch den Konservierungsprozess „Erhitzen“ zusätzlich denaturierten Knochenstrukturen ausreichend osteoinduktiv wirksam bleiben [15].

Untersuchungen verschiedener Arbeitsgruppen nährten die Hoffnung, dass ein aufwendig prozessiertes und praktisch unbegrenzt zur Verfügung stehendes tierisches Knochenersatzmaterial vom Rind (Tutobone) die ähnliche biologische Wirksamkeit besitzt wie der „gekochte“ menschliche Spenderknochen des TELOS-Systems. Die Ergebnisse unserer eigenen Untersuchungen zeigen dagegen, dass bovines Ersatzmaterial zu einem deutlich früheren Systemversagen führt, als das bei stattdessen verwendetem humanen Knochen der Fall ist. Eine Erklärung dafür könnte sein, dass der Prozess des „Creeping Substitution“ beim tierischen Material aufgrund der unterschiedlichen Antigen-Antikörper-Konstellation stark verzögert abläuft. Zusätzlich benötigt der Einsprossprozess der Kapillaren (Vaskularisierung) in die lediglich aus reiner Knochenmatrix bestehenden Chips viel mehr Zeit, als das beispielsweise beim unbearbeitet transplantierten allogenen Knochen der Fall sein dürfte. Nicht zuletzt fiel bei der Analyse der

eigenen Versagensfälle auf, dass stets höchstgradige Knochendefekte vorlagen, die damit offenbar nicht ausreichend schnell vaskularisiert wurden und somit eine vorzeitige Implantatermüdung nicht verhindert werden konnte. Demzufolge sind auch konsekutive lokale „Low Grade“-Infekte des Transplantats vorstellbar, weil bei persistierender Instabilität keine humoralen Abwehrreaktionen entgegengesetzt werden können. Der Übergangsprozess von aseptischer zu septischer Lockerung von Implantaten ist ohnedies ein schleichender.

Andererseits wird von den Protagonisten des Rinderknochens immer darauf hingewiesen, wie wichtig der formative Belastungsreiz der Spongiosa für deren Revaskularisierung sei und dass die hier beschriebene Operationsmethode mit der stabilen Implantatverankerung das zum großen Teil verhindere. Demgegenüber stehen allerdings die positiven Erfahrungen mit der homogenen Bankspungiosa, ob nun kryo- oder thermodesinfiziert – bei favorisierter Technik.

Aufgrund der projektionsradiografischen Beobachtung, dass trotz einer relativ langen Konsolidierungsphase der thermodesinfizierten Spongiosa und einer dadurch verlängert instabileren biomechanischen Situation keine vermehrte Ermüdungsbruchrate der seinerzeit neu entwickelten und in 3 unterschiedlichen Größen produzierten Pfannenrekonstruktionsschalen (Fa. Aesculap, Tuttlingen) festgestellt wurde, lässt sich der Einsatz dieses Implantats ebenso wie der seit vielen Jahren bewährte Burch-Schneider-Ring (Fa. Zimmer, Freiburg) empfehlen. Die Leichtbauweise der Aesculap-Titanschale mit ihrem deutlich verbesserten Schwingverhalten, die aufgrund der beiden voneinander getrennt



**Abb. 13 a bis d** MH, \* 06.05.1932, w.: Erstimplantation HTP li. 1990 wegen Koxarthrose. **a** Zwölf Jahre nach Hybrid-HTP li. (4/2002) schmerzhaftes Einsinken des viertgradig gelockerten zementierten Geradschafts mit resultierender Beinverkürzung von 4 Zentimetern. **b** Transfemorale Prothesenschaftwechsel (4/2002) und Überbrückung des Defekts und der „Frakturzone“ mit einem modularen Revisionsimplantat („Prevision-Schaft“, Fa. Aesculap) mit distaler Verriegelung. Die zementfrei verankerte PE-Pfanne mit Beschichtung wurde wegen PE-Abrieb gegen eine Pressfit-Pfanne mit Keramikinlay ausgetauscht. **c** Nach 18 Monaten (10/2003) Dynamisierung mit planmäßiger Entfernung des Verriegelungsbolzens und der potenziell dauerhaft durchblutungsstörenden Drahtcerclage. **d** Aktuelles Röntgenbild (5/2010) mit stabiler Implantatverankerung über 8 Jahre und gut erholter periprothetischer Knochenstruktur ohne Migrationsnachweis des Prothesenschafts.

ten proximalen Verankerungslaschen zudem individueller den anatomischen Gegebenheiten anzupassen ist, hat sich sogar als Vorteil erwiesen.

Es bleibt resümierend festzuhalten, dass bei geeigneter Wahl des Operationsverfahrens und bedachtem Einsatz unterschiedlicher Implantate und Transplantate aseptische Pfannenaustauschoperationen wiederholt vorgenommen werden können, ohne dass zunehmende

Knochensubstanzdefekte eine Prothesenneuverankerung unmöglich machen.

Die gleichen Ziele, wie sie bei der azetabulären Revision verfolgt werden, gilt es auch auf der femoralen Seite zu erreichen. Auch hier spielen der Lebensqualitäts(rück)gewinn und der Erhalt bzw. die Rekonstruktion des durch aseptische Lockerungsvorgänge verloren gegangenen periprothetischen Knochens eine gleichsam tragende Rolle. Ähnlich wie auf der azetabulären Seite haben bei höhergra-

digen Knochensubstanzdefekten v.a. zementfreie Operationsverfahren deutliche Vorteile, insbesondere, wenn sie in der Lage sind, neuen Knochen entstehen zu lassen, der für nachfolgende Prothesen die Basis der Verankerung bildet.

Beim aseptischen Prothesenschaftwechsel steht der für die Langzeitstabilität biomechanisch wichtige metaphysäre Knochen des Femurs nicht mehr zur Verfügung und die Prothese muss sich zunächst weiter distal in der Diaphyse neuen Halt suchen. Dadurch kommt es bei den überlangen Revisionsimplantaten zu einer merklichen Eigenschwingung, die umso stärker wird, je länger das Implantat ist und umso weniger es vom Knochen abstützend umhüllt wird.

Deswegen ist die möglichst primärstabile Verankerung einer Revisionsprothese am Restfemur in der frühen postoperativen Phase unabdingbar, da nur bei Schaftschwingungen unter 150 µm eine Osseointegration der Prothese beobachtet werden kann [9]. Bei größeren Mikrobewegungen kommt es gesetzmäßig zur Bildung eines bindegewebigen Interfaces und somit *nicht* zur mechanischen Abstützung durch den periprothetischen Knochen. Sekundäre Implantatlockerungen mit einem Einsinken oder sogar Ermüdungsbrüche der Implantate sind die unerwünschten Folgen, die dann zur Nachoperation Anlass geben.

Geringe und in sich geschlossene („contained“) Knochendefekte dagegen können über proximal in der Metaphyse verankerte zementfreie Primärprothesenschäfte ausreichend stabil versorgt werden. Gleichzeitig kann über ein entsprechendes „Impaction Grafting“ erneuter Knochenaufbau stimuliert und erreicht werden.

Auch die Technik der Defektauffüllung mittels Knochenzement und ggf. zusätzlicher Verbundosteosynthese vermag eine hohe primäre Stabilität zu erzielen. Die hierbei unabdingbare direkte Durchblutungsstörung des Knochens durch die Hitzewirkung des Zements und weiterer Hilfsimplantate (Knochenplatten, Metallnetze, Drahtcerclagen etc.), die sowohl die endostale als auch die periostale Durchblutung kompromittieren, stellt jedoch die Überlebensfähigkeit der ossären Strukturen ernsthaft infrage. Im geeigneten Fall können v.a. bei älteren Menschen erfreuliche Kurzeitergebnisse nach zementiertem Schaftwechsel erreicht werden, die jedoch nicht selten



von enttäuschenden längerfristigen Verläufen mit frühzeitigen erneuten Lockerungen konterkariert werden, wenn die Patienten doch länger leben als ursprünglich erwartet.

Mit zementfreien großvolumigen Implantaten kann ebenfalls eine primäre Stabilität mit teilweise sogar zusätzlicher proximaler Verankerung erreicht werden [4]. Das dafür notwendige überdimensionierte Prothesenmaterial („Jumbo“) okkupiert jedoch den vorhandenen Hohlraum kompromittierend für das Knochenwachstum. Dieser steht somit nicht mehr für neu zu bildenden Knochen zur Verfügung, sodass die vorhandene Substanz weiter abnimmt mit dem Effekt der Ausweitung von Defektzonen („Upgrading“).

Die distal verankerten, zementfrei eingesetzten, langschäftigen Prothesen überbrücken beim „biologischen Prothesenwechsel“ den proximalen Defektbereich und erreichen über spezielle, meist sternförmige und konische Formgebungen eine gute diaphysäre Stabilität. Vermittels entsprechender Oberflächenstrukturierung, je nach Sichtweise über die gesamte oder lediglich Teile der Prothese reichend, wird eine Osseointegration und somit eine direkte Anbindung des Schaftes an den Knochen ermöglicht [8]. Eine dauerhafte distale Krafteinleitung und der fehlende formatierende Reiz für die metaphysären Knochenstrukturen kann jedoch langfristig zu weiteren proximalen Knochenverlusten („Stress Shielding“) führen [9].

Die **temporäre metaphysäre Verankerung** über eingebrachte Verriegelungsschrauben kombiniert das Konzept der distalen und proximalen Verankerung zu unterschiedlichen Zeiten. Die proximalen instabilen Zonen werden hierbei mit einem langschäftigen Implantat und distaler Verriegelung („Gürtel und Hosenträger“) überbrückt und die Prothese primär diaphysär stabil verankert. Nach dem Wiederaufbau neuer und v.a. tragfähiger proximaler Knochenstrukturen werden die Verriegelungsschrauben später konzeptionell entfernt und es kann zur dauerhaften proximalen Krafteinleitung durch Verkleben des Prothesenkörpers kommen („Verankerungsumkehr“).

Die klinischen Ergebnisse über durchschnittlich 15 Jahre belegen die Tragfähigkeit dieses Konzepts, welches auch und gerade deshalb bei der Behandlung

periprotetischer Femurfrakturen mit Erfolg eingesetzt wird [13]. Während der Phase der Frakturheilung und der Überbrückung des proximalen Knochenareals kommt es zu einem sichtbaren Remodeling und Wiederaufbau des proximalen Femurs. Diese „natürliche“ Fraktursituation wird beim transfemorale Prothesenschaftwechsel „künstlich“ imitiert, um die Knochenbildung anzuregen.

Die zusätzliche diaphysäre Prothesenverriegelung führt dabei im Experiment zu einer nachgewiesenen erheblichen Verbesserung der Primärstabilität, ohne dass dies durch eine Durchblutungsminderung des Knochens erkauft wird. Der Stabilitätsgewinn ist besonders in den Situationen wichtig, in denen intraoperativ ein distaler Pressfit nicht erzielt werden kann (unterdimensionierte Prothese, Osteoporose). Die Literaturberichte der letzten 5 Jahre belegen, dass Hersteller moderner Revisionsimplantate immer häufiger auf die optionale, distale Schraubenverriegelung zurückgreifen.

Die bisherigen mittelfristigen Ergebnisse zeigen, dass ein Nachsinken von primär verriegelten Schaftprothesen deutlich geringer ausfällt als bei unverriegelten. Dies erlaubt den Schluss, dass die während der Phase der vollständig diaphysären Krafteinleitung im proximalen Femur herrschende mechanische Ruhe das metaphysäre Remodeling begünstigt. Nach Entfernung der Verriegelungsschrauben findet die Prothese ausreichend Halt in der intertrochantären Region und kann direkten Kontakt zum Knochen (Osseointegration) aufbauen.

Nach wie vor offen bleibt der optimale Zeitpunkt zur Dynamisierung: Anfänglich wurde ein Zeitraum von 6 Monaten als ausreichend angesehen, die gemachten Erfahrungen speziell bei Maximaldefekten zeigen jedoch, dass das periprotetische Remodeling postoperativ bis zu 2 Jahre benötigen kann. Ermüdungsbrüche der „Interlocking Screws“ treten dann auf, wenn entweder die Prothese für die jeweilige Knochenstruktur initial zu dünn gewählt wurde oder die metaphysäre Knochenbildung aus verschiedenen Gründen nicht ausreichend vonstatten gehen konnte.

Die auf diese einfache Weise erreichte Rückkehr der primär diaphysären Krafteinleitung in eine sekundäre metaphysäre nützt die Vorteile einer verbesserten hohen Primärstabilität, ohne das Prinzip

der biomechanisch bevorzugten intertrochantären Verankerung aufzugeben. Die ersten klinischen Ergebnisse sind ermutigend, der laufende Follow-up-Prozess lässt auch langfristig eine Implantatstabilität erwarten.

## Schlussfolgerungen

Aseptische Lockerungen von Hüftendoprothesen nehmen zu und Mehrfachwechsel sind längst keine Seltenheit mehr. Sowohl auf der azetabulären als auf der femoralen Seite des Ersatzteils kommt es zu mehr oder weniger ausgeprägten Knochensubstanzdefekten, die eine Neuverankerung der Revisionsimplantate erschweren.

Abhängig von der Graduierung der verloren gegangenen Verankerungsstrukturen ist die operative Strategie und die Auswahl der verwendeten Implantate eng verknüpft an das Ziel, die Nachfolgeoperation nicht aus einer ungünstigeren Ausgangssituation starten zu müssen.

Können bei niedergradigen Knochendefekten in der Regel noch Primärprothesen verwendet werden, benötigt man in Abhängigkeit von der Verlustsituation Spezialimplantate bis hin zum Becken- oder Femurersatz, um die noch intakten Fragmente miteinander zu verbinden.

Je ausgeprägter die Knochenverluste sind, umso weniger darf versucht werden, durch leblose Zusatzwerkstoffe (Knochenzement, metallische Augmentate, synthetische Knochenersatzstoffe etc.) Stabilität zu erzielen. Im Fall einer erneuten Implantatlockerung wird dadurch der Knochendefekt erheblich größer und der nächste Wechsel unmöglich sein.

Aseptische Austauschoperationen der Pfannenkomponente bei hochgradigen Substanzdefekten profitieren dabei v.a. von vitalisierbaren Füllmaterialien (Auto-/Allograft) in Kombination mit stabilen Pfannenstützschalen; hochgradige Schaftlockerungen hingegen vom transfemorale Zugang mit der Potenz zur Knochenbildung durch Frakturheilung und Einsatz einer Langschaftprothese mit zusätzlich stabilisierender Verriegelung und der Option zur späteren Dynamisierung (Verankerungsumkehr).

## Literatur

- <sup>1</sup> Bauwens K, Stengel D, Ekkernkamp A. Evidenzbasierte Medizin in der Unfallchirurgie. Trauma Berufskrank 2008; 10 (Suppl. 2): 208–211
- <sup>2</sup> Böhm P. Femoral revision with the Wagner SL revision stem: evaluation of 129 revisions followed for a mean of 4,8 years. J Bone Joint Surg [Am] 2001; 83: 1023–1031
- <sup>3</sup> Bolder SB. Technical factors affecting cup stability in bone impaction grafting. Pro Inst Mech Eng 2007; 221: 81–86
- <sup>4</sup> Cameron HU. Modular shafts in hip prosthesis revision surgery. Orthopäde 2001; 30: 287–293
- <sup>5</sup> Cameron HU. Orthopaedic crossfire – stem modularity is unnecessary in revision total hip arthroplasty: in opposition. J Arthroplasty 2003; 18 (3 Suppl. 1): 101–103
- <sup>6</sup> Christie MJ. Clinical experience with a modular noncemented femoral component in revision total hip arthroplasty: 4–7 years results. J Arthroplasty 2000; 15: 840–848
- <sup>7</sup> Eingartner C, Volkmann R, Pütz M et al. Uncemented revision stem for biological osteosynthesis in periprosthetic femoral fractures. Int Orthop 1997; 21: 25–29
- <sup>8</sup> Eingartner C, Volkmann R et al. Long term results of an uncemented straight femoral shaft prosthesis. Hip International 2006; 16: 23–32
- <sup>9</sup> Engh CA, O'Connor D, Jasty M et al. Quantification of implant micromotion, strain shielding and bone resorption with porous-coated anatomic medullary locking femoral prostheses. Clin Orthop Relat Res 1992; 285: 13–29
- <sup>10</sup> Halliday BR, English HW, Timperley AJ et al. Femoral impaction grafting with cement in revision total hip replacement. Evolution of the technique and results. J Bone Joint Surg [Br] 2003; 85: 809–817
- <sup>11</sup> Knaepler H, Ascherl R. Autoklavierung von allogenen Knochentransplantaten als Alternative zur konventionellen Knochenbank. Orthop Praxis 1992; 28: 18–22
- <sup>12</sup> Ling RS, Timperley AJ, Linder L. Histology of cancellous impaction grafting in the femur. J Bone Joint Surg [Br] 1993; 75: 693–696
- <sup>13</sup> Ochs BG, Volkmann R. Treatment of large femoral bone defects. Z Orthop Unfall 2007; 145 (Suppl. 1): 34–39
- <sup>14</sup> Schlegel UJ. Mueller reinforcement rings in acetabular revision: outcome in 164 hips for 2–17 years. Acta Orthop 2006; 77: 234–241
- <sup>15</sup> Volkmann R, Weller S. Revision surgery in high grade acetabular defects with thermos-disinfected allografts. Z Orthop Unfall 2007; 145 (Suppl. 1): 44–48
- <sup>16</sup> Volkmann R, Bretschneider C, Weller S. Revision arthroplasty – femoral aspect: the concept to solve high grade defects. Int Orthop 2003; 27 (Suppl. 1): 24–28
- <sup>17</sup> Wagner H. Revisionsprothese für das Hüftgelenk. Orthopäde 1989; 18: 438–453
- <sup>18</sup> Winter E, Volkmann R. Allogenic cancellous bone graft and a Burch-Schneider ring for acetabular reconstruction in revision hip arthroplasty. J Bone Joint Surg [Am] 2001; 83: 862–867
- <sup>19</sup> Wolff J. Das Gesetz der Transformation der Knochen. Berlin: Hirschwald; 1892
- <sup>20</sup> Wirtz DC. Hüftrevisionsendoprothetik – immer häufiger – immer wichtiger. Orthopäde 2009; 38: 665–666

**Priv.-Doz. Dr. med.  
Rüdiger Volkmann**  
Chefarzt

Klinik für Unfallchirurgie  
und Orthopädie  
Klinikum Bad Hersfeld GmbH  
Seilerweg 29  
36251 Bad Hersfeld

ruediger.volkmann@klinikum-hef.de