

Bildgebung der Endoprothetik

T. Gotterbarm, C. Merle, J. K. Kloth, S. Kinkel

2.1 Einleitung – 42

2.2 Endoprothetik des Hüftgelenkes – 42

2.2.1 Indikationen – 42

2.2.2 Projektionsradiographie in der primären Hüftendoprothetik – 46

2.2.3 CT in der primären Hüftendoprothetik – 51

2.2.4 MRT in der primären Hüftendoprothetik – 52

2.2.5 Revisionsendoprothetik des Hüftgelenkes: Standard der Bildgebung – 53

2.3 Endoprothetik des Kniegelenkes – 60

2.3.1 Indikationen – 60

2.3.2 Morphologische Arthrosetypen – 60

2.3.3 Implantate – 60

2.3.4 Projektionsradiographie in der primären Knieendoprothetik – 63

2.3.5 CT in der primären Knieendoprothetik – 65

2.3.6 MRT in der primären Knieendoprothetik – 65

2.3.7 Revisionsendoprothetik des Kniegelenkes: Standard der Bildgebung – 67

Literatur – 70

2.1 Einleitung

Der endoprothetische Gelenkersatz gilt als Goldstandard in der Therapie primärer und sekundärer Erkrankungen der Hüfte und des Kniegelenkes mit fortgeschrittener Gelenkdestruktion (Learmonth et al. 2007). In Deutschland werden pro Jahr mehr als 160.000 primäre Ersatzoperationen des Hüftgelenkes und über 26.000 Wechseloperationen durchgeführt. Für das Kniegelenk liegt die Implantationszahl bei über 130.000 Primäreingriffen und 17.000 Wechseleingriffen. Sowohl das klinisch-funktionelle Ergebnis als auch die Langlebigkeit der Implantate werden maßgeblich von der primärstabilen und dauerhaften Verankerung der Implantatkomponenten im Knochen und der gleichzeitigen Wiederherstellung einer funktionellen Gelenkbiomechanik mit adäquater Weichteilbalancierung bestimmt.

Durch die kontinuierliche Weiterentwicklung der Implantate und der Operationstechniken liegen sehr gute Langzeitergebnisse mit primären Implantatüberlebensraten von über 90 % nach 10–20 Jahren vor. Es steht eine Vielzahl von Implantatsystemen zur Verfügung, die eine individuelle Patientenversorgung auch bei komplexen anatomischen Ausgangssituationen erlauben. Im kurzfristigen Verlauf sind Implantatfehlpositionierung, Instabilität, Bewegungseinschränkungen und Frühinfektion die häufigsten Revisionsursachen, wohingegen die aseptische Lockerung, Abrieb und die späte Infektion die häufigsten Versagensmechanismen im Langzeitverlauf darstellen.

Praxistipp

Die differenzierte Bildgebung, meist durch standardisierte Projektionsradiographie, ist in der primären Endoprothetik des Hüft- und Kniegelenkes die Methode der Wahl. Zugleich ist sie die Grundlage von OP-Planung, intraoperativer Beurteilung der Implantatposition (Bildverstärker) und postoperativer Beurteilung im Kurz- und Langzeitverlauf.

Weitere bildgebende Verfahren (Magnetresonanztomographie [MRT], Computertomographie [CT], Sonographie, Skelettzintigraphie) sind speziellen Fragestellungen vorbehalten und insbesondere bei komplexen Deformitäten, Defektsituationen sowie in der Revisionsendoprothetik von Bedeutung.

2.2 Endoprothetik des Hüftgelenkes

2.2.1 Indikationen

Die Indikation zum primären endoprothetischen Ersatz des Hüftgelenkes kann bei fortgeschrittener, klinisch und radiologisch manifester Gelenkerstörung mit therapieresistenten Schmerzen und einer Beeinträchtigung der Lebensqualität trotz umfassender konservativer und ggf. invasiver Maßnahmen gestellt werden. Neben der Anamnese (Voroperationen, Frakturen) und einer klinischen Untersuchung (Flexions- oder Adduktionskontrakturen, Beinlängendifferenzen) ist zusätzlich zu den klassischen radiologischen Veränderungen wie Gelenkspaltverschmälerung, subchondraler Sklerose, Osteophyten, Geröllsys-

■ Tab. 2.1 Kellgren-Lawrence-Klassifikation (mod. nach Kellgren und Lawrence 1957)

Grad	Veränderungen
0	Keine
1	Fragliche Verschmälerung des Gelenkspaltes, mögliche Osteophyten
2	Mögliche Verschmälerung des Gelenkspaltes, definitive Osteophyten
3	Definitive Verschmälerung des Gelenkspaltes, multiple Osteophyten, Sklerose, mögliche Verformung von Tibia und Femur
4	Starke Verschmälerung des Gelenkspaltes, ausgeprägte Osteophyten, ausgeprägte Sklerose, definitive Verformung von Tibia und Femur

ten, Deformität (■ Tab. 2.1; Kellgren und Lawrence 1957) insbesondere der subjektive Leidensdruck der Patienten bei entsprechender Klinik (Schmerzen, Hinken, Bewegungseinschränkungen, Limitierungen im Alltag) für die Indikationsstellung relevant.

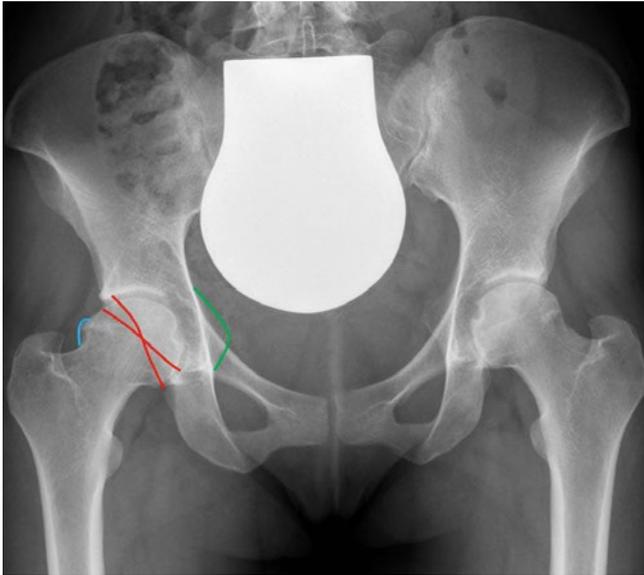
Praxistipp

Nicht die Ausprägung und das Stadium der Arthrose im Röntgenbild allein entscheiden über die weitere Therapie, sondern der individuelle Leidensdruck und die klinischen Symptome geben den Ausschlag zu operativen Therapie.

Die primäre Coxarthrose stellt die häufigste Indikation für den künstlichen Hüftgelenkersatz dar. Entgegen der früheren Annahme, dass die primäre Coxarthrose auf einem rein altersbedingtem »Verschleiß« des Gelenkes beruht (»Wear and Tear Concept«), werden zunehmend auch subtile morphologische Anomalien des proximalen Femurs (■ Abb. 2.1) und der Pfanne (Pincer-Impingement/Coxa profunda, azetabuläre Retroversion; ■ Abb. 2.1) ätiologisch mit der Coxarthrose in Verbindung gebracht (Ganz et al. 2003). Sekundäre Coxarthrosen sind seltener und manifestieren sich als Folge eines angeborenen Gelenkschadens (z. B. Pfannen- und Femur-Dysplasie, Crowe-Klassifikation (Crowe et al. 1979) [■ Tab. 2.2, ■ Abb. 2.2]; Hartofilakidis-Klassifikation (Hartofilakidis et al. 1996) [■ Tab. 2.3, ■ Abb. 2.3]), eines erworbenen Gelenkschadens (■ Abb. 2.4, z. B. nach Trauma ■ Abb. 2.4a) oder als Folge von Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises (■ Abb. 2.4b). Weiterhin stellen die Hüftkopfnekrose (■ Tab. 2.4) und die Schenkelhalsfraktur (■ Abb. 2.5) typische Indikationen für eine endoprothetische Versorgung des Hüftgelenkes dar.

■ Fragestellungen des Orthopäden/Unfallchirurgen an den Radiologen

Im Dialog mit dem Radiologen müssen für den Kliniker das Stadium der Erkrankung und die Ausprägung der Deformität anhand der etablierten Klassifikationen klar eingeteilt werden, da sich hieraus Konsequenzen für die konservative oder operative Therapie ableiten.



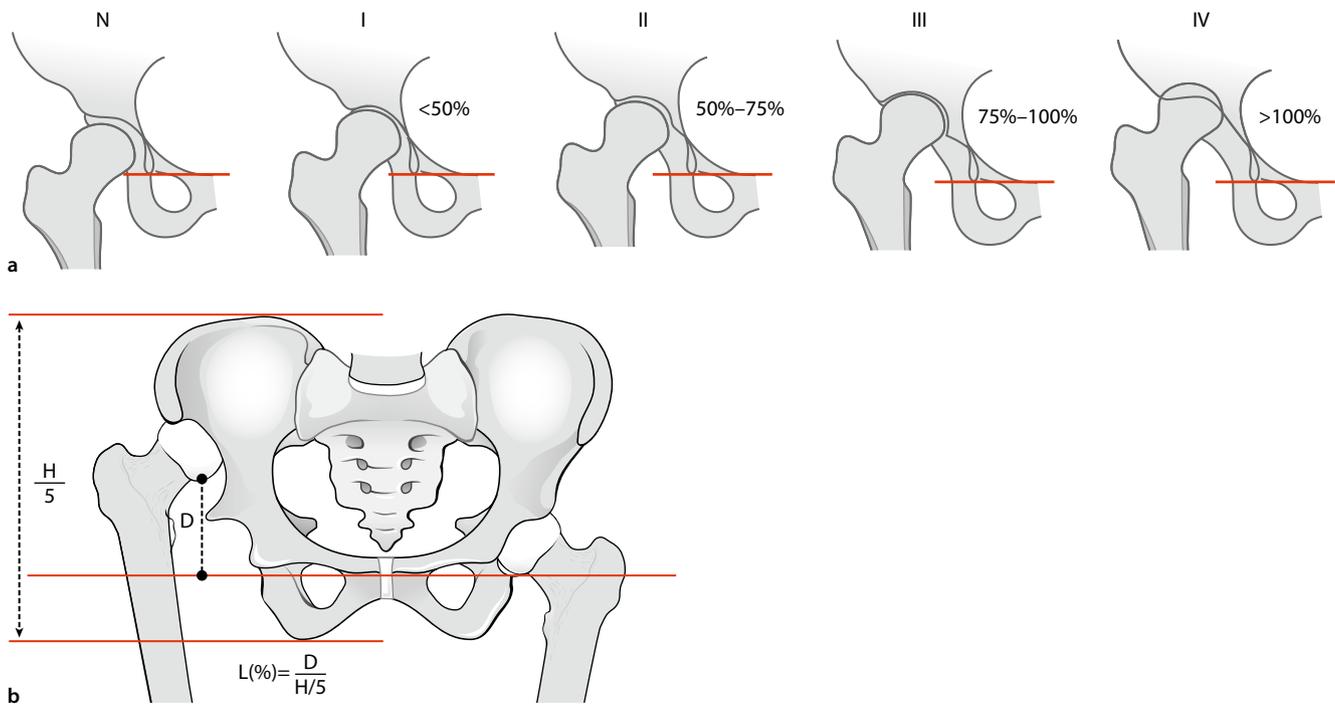
■ **Abb. 2.1** Beckenübersichtsaufnahme einer 24-jährigen Patientin mit femoroazetabulärem Impingement bei ossärem Bump (blaue Linie) am Kopf-Hals-Übergang (Cam-Typ). Als Hinweis auf eine azetabuläre Retroversion gelten das Ischial-Spine-Zeichen (grüne Linie) und das Cross-over-Zeichen des ventralen und dorsalen Pfannenrandes (rote Linie)

■ **Tab. 2.2** Crowe-Klassifikation (mod. nach Crowe et al. 1979)

Gruppe	Beschreibung
I	Luxation des Femurkopfes <50 % oder Kranialisierung um <10 % der Beckenhöhe
II	Luxation des Femurkopfes 50–75 % oder Kranialisierung um 10–15 % der Beckenhöhe
III	Luxation des Femurkopfes um 75–100 % oder Kranialisierung um 15–20 % der Beckenhöhe
IV	Luxation des Femurkopfes >100 % oder Kranialisierung um >20 % der Beckenhöhe

■ **Tab. 2.3** Hartofilakidis-Klassifikation (mod. nach Hartofilakidis et al. 1996)

Typ	Beschreibung
Dysplasie	Femurkopf ist nicht aus dem Azetabulum luxiert
Tiefe Hüftluxation	Femurkopf artikuliert teilweise mit dem Azetabulum bei kranialer Luxation
Hohe Hüftluxation	Kraniale Luxation des Femurkopfes ohne Artikulation mit Anteilen des Azetabulums



■ **Abb. 2.2a,b** a Crowe-Klassifikation (mod. nach Crowe et al. 1979), b Berechnung der prozentualen Kranialisierung des Drehzentrums

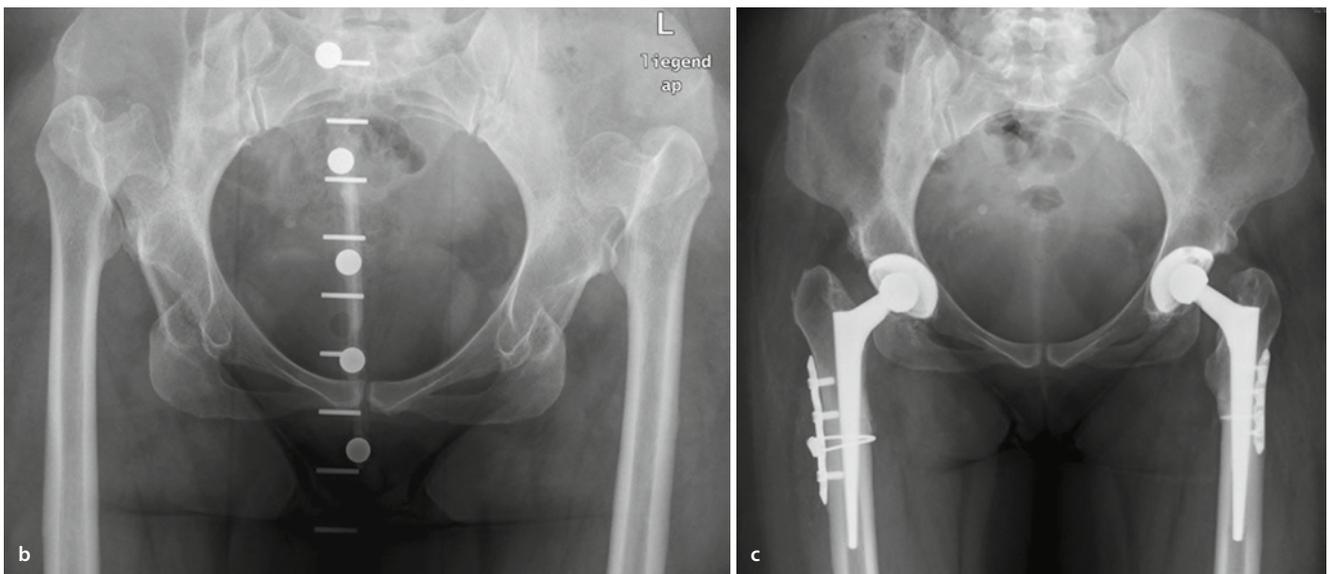
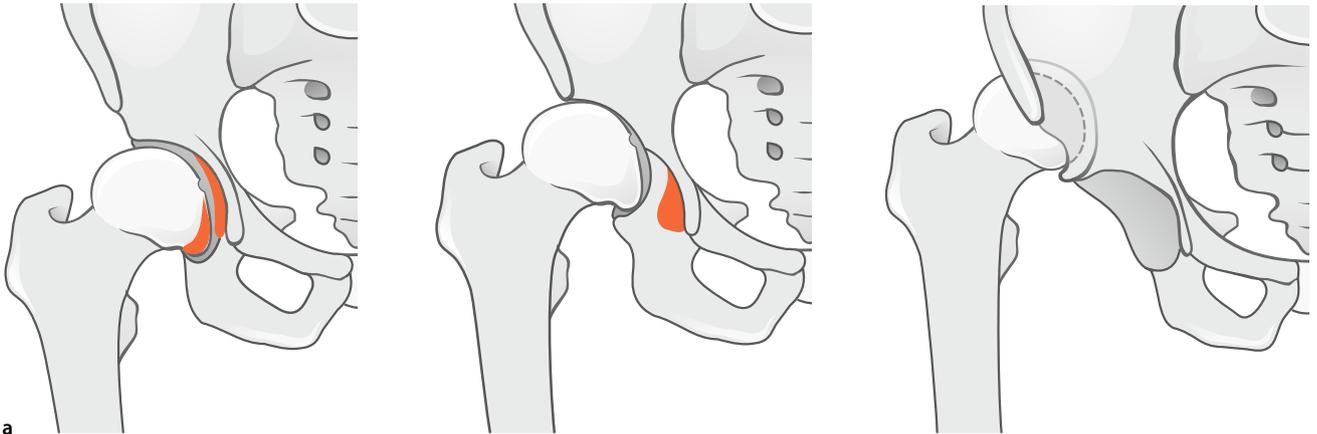


Abb. 2.3a–c a Hartofilakidis-Klassifikation (schematisch, mod. nach Hartofilakidis et al. 1996; Dysplasie (links), tiefe Hüftluxation (Mitte), hohe Hüftluxation (rechts)), b,c Beispiel der operativen Versorgung einer Patientin mit bilateraler hoher Hüftluxation (Hartofilakidis Typ 3, Crowe Typ IVB) mit zementfreien Hüftendoprothesen, Rekonstruktion des Drehzentrums und femoraler Verkürzungsosteotomie (c)

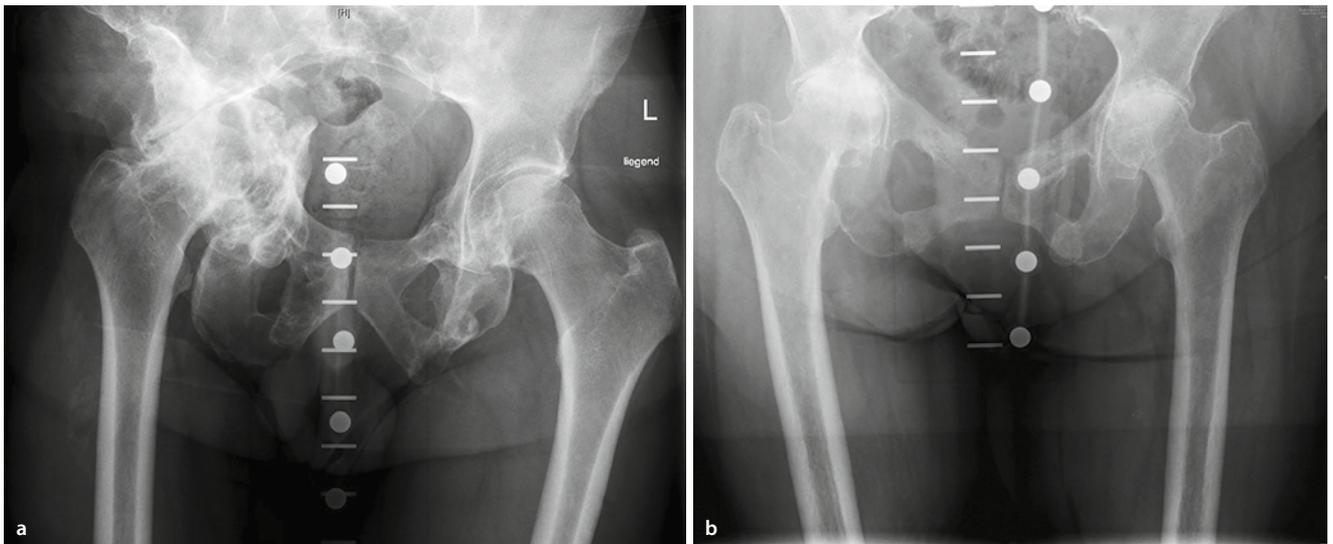
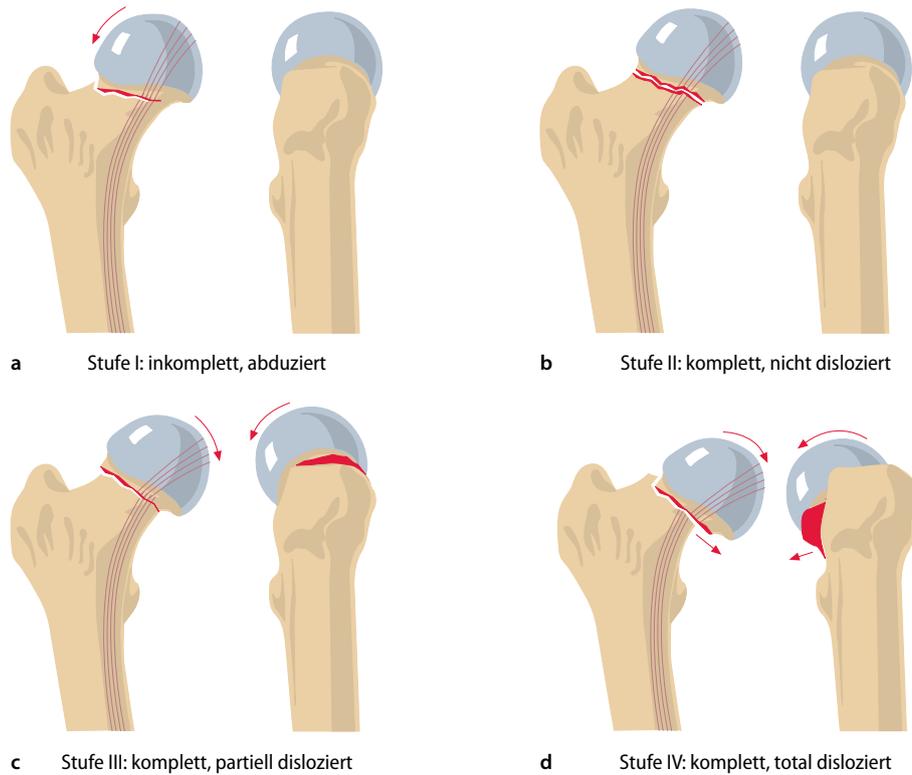


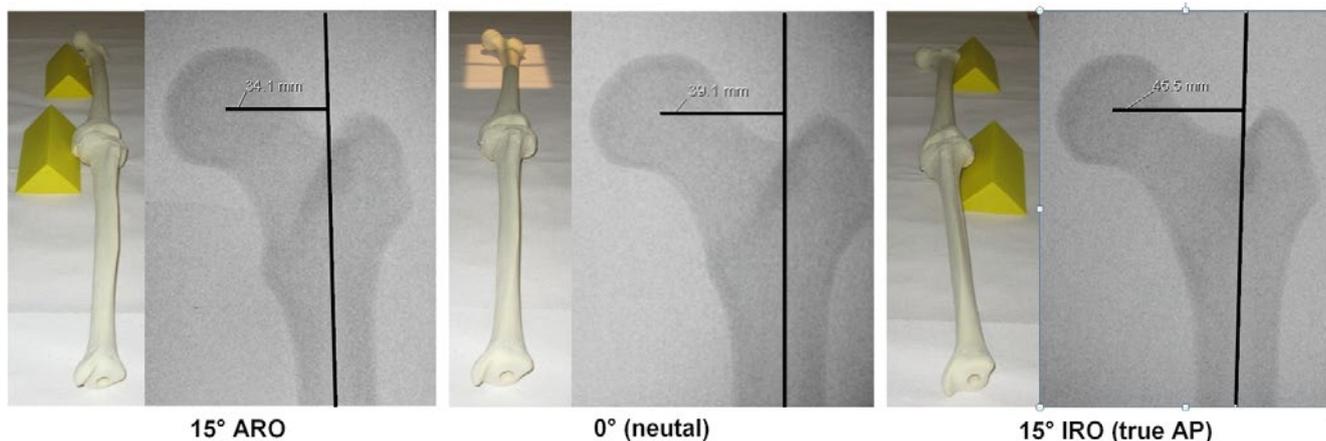
Abb. 2.4a,b Beispiele für sekundäre Coxarthrosen. a Posttraumatische Arthrose nach Azetabulumfraktur, b Gelenkdestruktion bei rheumatoider Arthritis



■ **Abb. 2.5a–d** Garden-Klassifikation der Schenkelhalsfraktur. Aus: Kundel 2012

■ **Tab. 2.4** Hüftkopfnekrose: ARCO-Stadien (Association de Recherche de Circulation Osseuse)

Stadium	Klinik, Pathologie, Bildgebung
0	Normalbefund im Röntgenbild, MRT und Szintigraphie
	Nekrosezeichen in der Histologie
I	Normales Röntgenbild/CT
	Pathologischer MRT- oder Szintigraphiebefund
	Subklassifikation nach betroffenem Femurkopfanteil (lateral, medial oder ventral) und Größe der beteiligten Femurkopfbzirkumferenz (<15 %, 15–30 %, >30 %)
II	Im Röntgenbild Strukturveränderungen des Knochens ohne Konturveränderungen des Femurkopfes
	Normaler Gelenkspalt
	Hüftkopfnekrosespezifische MRT-Befunde
	Subklassifikation nach betroffenem Femurkopfanteil (lateral, medial oder ventral) und Größe der beteiligten Femurkopfbzirkumferenz (<15 %, 15–30 %, >30 %)
III	Im Röntgenbild Knochenstrukturveränderungen mit subchondraler Fraktur in Form einer sichelförmigen Aufhellungszone (Crescent Sign)
	Kontur des Femurkopfes flacht sich ab
	Normal weiter Gelenkspalt
	Subklassifikation nach betroffenem Femurkopfanteil (lateral, medial oder ventral), Größe der beteiligten Femurkopfbzirkumferenz (<15 %, 15–30 %, >30 %) und Ausmaß der Kopfabflachung (<2 mm, 2–4 mm, >4 mm)
IV	Entwicklung einer Arthrosis deformans
	Abflachung des Hüftkopfes
	Gelenkspaltverschmälerung



■ **Abb. 2.6** Projektionsbedingte scheinbare/radiographische Verkürzung des Schenkelhalses mit signifikanter Unterschätzung des femoralen Offsets und Erhöhung des CCD-Winkels (Centrum-Collum-Diaphysen-Winkels). Projektionsradiographie des proximalen Femurs eines Knochenmodells der unteren Extremität in 15° Außenrotation (links), Neutralstellung (Mitte) und 15° Innenrotation (rechts)

2.2.2 Projektionsradiographie in der primären Hüftendoprothetik

Röntgentechnik

Zur Sicherung der Indikation sowie zur präoperativen Planung ist eine standardisierte Röntgendiagnostik erforderlich. Sie dient der Evaluation der individuellen (Patho-)Anatomie und bildet die Grundlage der präoperativen Planungsskizze. Anhand kalibrierter präoperativer Röntgenaufnahmen können unter Berücksichtigung des erhobenen klinischen Befundes das Implantatdesign, die Implantatgrößen sowie die Positionierung und Orientierung der Implantatkomponenten festgelegt werden. Hieraus ergibt sich direkt eine größtmögliche Handlungssicherheit für das operative Vorgehen.

Die Röntgendiagnostik umfasst eine tief zentrierte Beckenübersichtsaufnahme (BÜS, ohne Gonadenschutz), wobei der Zentralstrahl auf die Symphysis pubis gerichtet ist und beide Hüftgelenke ggf. mithilfe einer Haltevorrichtung in ca. 15° Innenrotation positioniert werden, um den Schenkelhals unter Aufhebung der femoralen Anteversion in die Frontalebene zu drehen und ihn damit in seiner echten Länge darzustellen (■ Abb. 2.6). Die BÜS ermöglicht ebenfalls die Beurteilung der kontralateralen Hüftgelenkanatomie und möglicher Beinlängendifferenzen. Die radiologische Beurteilung der Beinlänge erfolgt durch die rechtwinklige Messung der Position des Trochanter minor in Bezug zu einer horizontalen Referenzlinie (■ Abb. 2.7). Hierbei sollte unbedingt auch die klinische Beinlänge berücksichtigt werden, um mögliche andere Ursachen von Beinlängendifferenzen nicht zu übersehen (Meermans et al. 2011).

Praxistipp

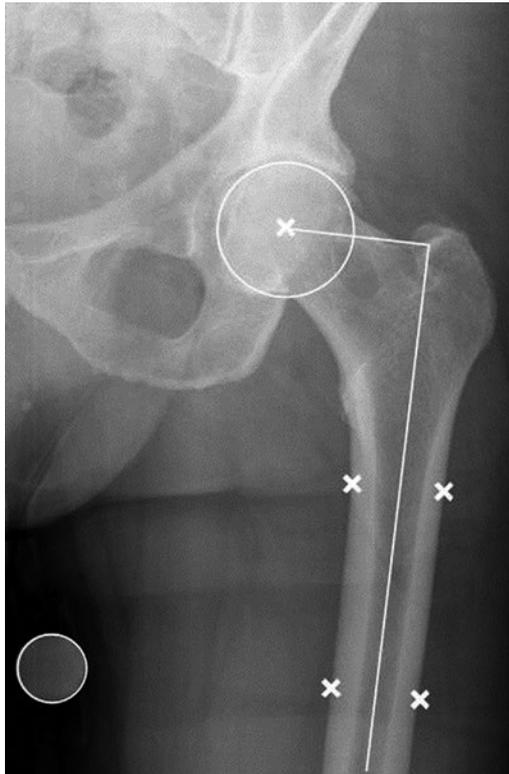
Nur mit einem korrekt und standardisiert angefertigten Röntgenbild ist eine exakte Identifikation der ossären Landmarken und damit eine zuverlässige Planung der Operation möglich. Die Qualität der Aufnahme ist dabei von entscheidender Bedeutung.



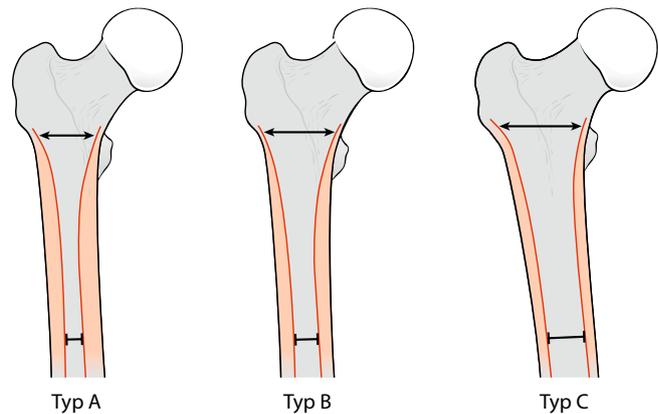
■ **Abb. 2.7** Radiologische Beurteilung der Beinlänge, definiert als Differenz der Abstände des Trochanter minor zur horizontalen Referenzlinie im Seitenvergleich. Als horizontale Referenzlinie wird die Verbindung der unteren Begrenzung der Köhlerschen Tränenfiguren gewählt (gelb). Sind diese nicht sicher abgrenzbar, bietet sich alternativ die Verbindungslinie der distalen Begrenzung der Iliosakralgelenke (hellblau) oder der Tubera ischiadicae (rot). Bei der Wahl der horizontalen Referenz sollte jedoch berücksichtigt werden, dass der potenzielle Messfehler größer wird, je weiter die gewählten knöchernen Landmarken vom Drehzentrum des Hüftgelenkes entfernt liegen. Beispielmessung einer Patientin mit Coxarthrose links und Beinverkürzung links um 6 mm

Die Qualität der Beckenübersichtsaufnahme muss vor Anfertigung der Planungsskizze visuell beurteilt werden:

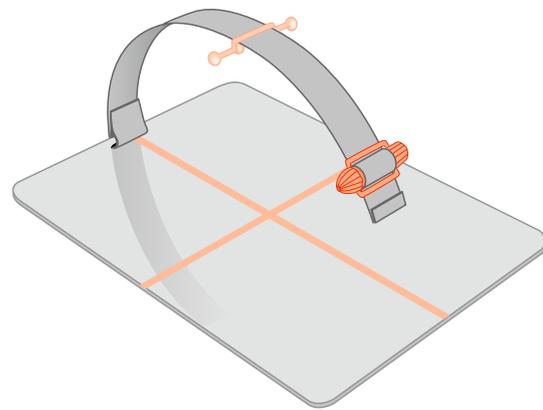
- Zum Ausschluss einer Rotationsfehlpositionierung sollten die Foramina obturatoria symmetrisch abgebildet sein.
- Das Os coccygis sollte vertikal über der Symphyse liegen, wobei der Abstand des Oberrandes der Symphyse zum Os coccygis im Durchschnitt ca. 20 mm beträgt. Eine Überlagerung von Os sacrum/Os coccygis und Symphyse impliziert eine Flexionsstellung des Beckens, eine zu große Distanz wird bei lumbosakraler Hyperlordose und entsprechender Extension des Beckens beobachtet.



■ **Abb. 2.8** A.-p. Zielaufnahme des proximalen Femurs für eine bessere Beurteilbarkeit der Gelenkgeometrie (femorales Offset, Kanalform)



■ **Abb. 2.9** Anatomische Varianten des proximalen Femurs, eingeteilt nach Dorr et al. (1993): Typ A – »Champagne Flute«, Typ B und C – »Stove Pipe«. Entsprechend erfolgt die Wahl des Implantatdesigns und der Verankerung (zementfrei/zementiert)



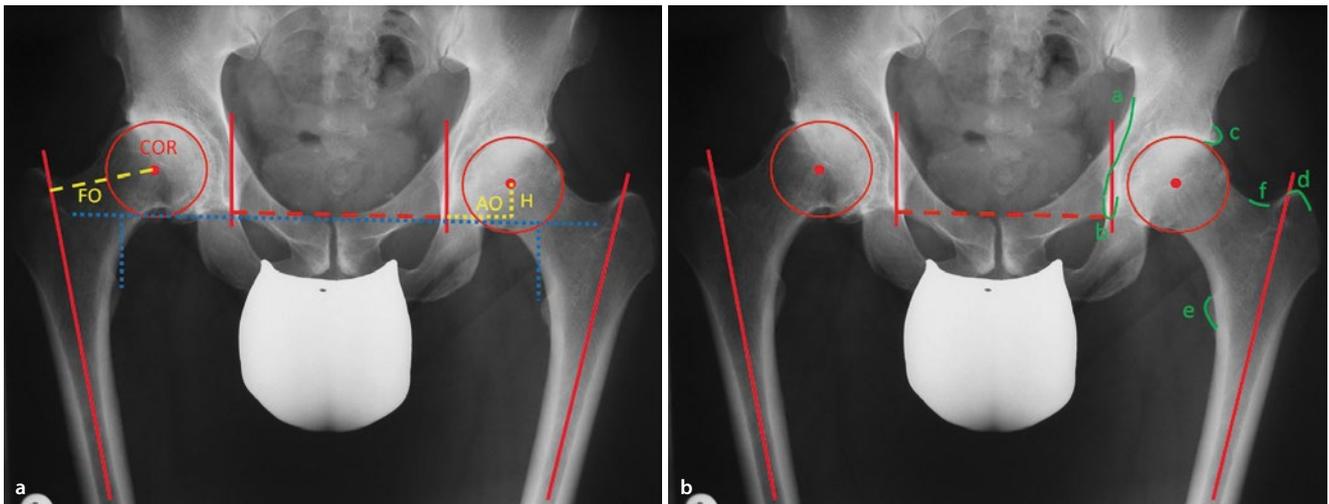
■ **Abb. 2.10** King-Mark-System mit 2-fachem Marker (ventral: Gürtel mit Kugeln, dorsal: Platte mit Strichmarker) zur objektbasierten Kalibrierung der Beckenübersichtsaufnahme

- Eine vermehrte Prominenz des Trochanter minor ist bei einer Außenrotationskontraktur des Femurs zu beobachten; dies führt projektionsbedingt zu einer scheinbaren/radiographischen Verkürzung des Schenkelhalses mit signifikanter Unterschätzung des femoralen Offsets und Erhöhung des CCD-Winkels (Merle et al. 2012; ■ Abb. 2.6). Bei fortgeschrittener Außenrotationskontraktur kann eine a.-p. Zielaufnahme des proximalen Femurs eine bessere Beurteilbarkeit von Gelenkgeometrie (femorales Offset, CCD-Winkel; ■ Abb. 2.8) und Kanalform des proximalen Femurs ermöglichen. Die Kanalform des Femurs ist für die Implantwahl mitentscheidend und wird nach Dorr et al. (1993) in 3 morphologische Typen eingeteilt (■ Abb. 2.9).
 - Durch Minimierung der projektionsbedingten Effekte durch Strahlendivergenz und der Möglichkeit durch Anheben der betroffenen Hüfte bzw. Aufnahme in Bauchlage kann die Abbildung der tatsächlichen Anatomie des Schenkelhalses und der Kanalform des Femurs in der Frontalebene optimal eingestellt und besser kontrolliert werden (Merle et al. 2012).
 - Zusätzlich zur Beckenübersichtsaufnahme sollte eine Aufnahme im streng seitlichen Strahlengang (Hüfte axial nach Lauenstein) angefertigt werden, um die meta-/diaphysäre Antekurvatur des proximalen Femurs und die Anteversion des Schenkelhalses abschätzen zu können.
- **Ein wesentlicher Aspekt der präoperativen Röntgenaufnahme ist eine akkurate Kalibrierungsmethode.**

Grundsätzlich unterscheidet man die objektbasierte Kalibrierung (z. B. Kugel, Lineal) von festen Vergrößerungsfaktoren, welche unter Kenntnis der Fokus-Objekt-Distanz und der Objekt-Film-Distanz errechnet werden können. Die objektbasierte Kalibrierung mit einem 2-fachen Marker (■ Abb. 2.7, ■ Abb. 2.10) hat sich als zuverlässig erwiesen (King et al. 2009).

Operationsplanung

Eine akkurate und reproduzierbare präoperative Planung der Position und Orientierung der Schaft- und Pfannenkomponente ist in der Endoprothetik des Hüftgelenkes von großer Bedeutung. Die Wahl eines geeigneten Implantatsystems, dessen exakte intraoperative Positionierung sowie eine angemessene intraoperative Weichteilbalancierung sind nicht nur für ein gutes funktionelles Ergebnis essenziell, sondern können auch im Langzeitverlauf Komplikationen wie Glutealinsuffizienz, Impingement, progredienter Knochenverlust um das Implantat (Stress-Shielding), Polyethylenabrieb und konsekutive Osteolysen reduzieren (Charles et al. 2005).



▣ **Abb. 2.11a,b** **a** Die wichtigsten geometrischen Parameter des Hüftgelenkes: Rotationszentrum (COR), femorales (FO) und azetabuläres Offset (AO) und radiologische Beinlängenbestimmung (blau), **b** relevante knöcherne Landmarken: *a* Linea iliochiadica, *b* distaler Aspekt der Tränenfigur, *c* superolaterale Begrenzung des Azetabulums, *d* Trochanter-major-Spitze, *e* Trochanter minor, *f* Fossa piriformis sowie das Rotationszentrum und die femorale Schaftachse

- **Planungsziel ist die Rekonstruktion einer funktionellen Gelenkbiomechanik unter Berücksichtigung der individuellen Patientenanatomie auf der Basis einer korrekten Röntgenaufnahme. Die wichtigsten geometrischen Parameter des Hüftgelenkes (▣ Abb. 2.11) sind das Rotationszentrum, das femorale und azetabuläre Offset und die radiologische Beinlänge (▣ Abb. 2.11a).**

Die zweidimensionale Planung auf kalibrierten und standardisierten Röntgenaufnahmen wird heute meist mit digitaler Planungssoftware und Bildverarbeitung mit ausreichender Präzision und Reproduzierbarkeit (Iorio et al. 2009) durchgeführt. Für das Anfertigen der Planungsskizze ist eine gute Darstellung der knöchernen Landmarken entscheidend (▣ Abb. 2.11b). Aus rechtlichen Gründen muss die präoperativ erstellte Planungsskizze mit planungsrelevanten Daten (planender Arzt, Implantate, Größen) archiviert werden.

Postoperative Beurteilung

Die mit Abstand wichtigste Untersuchungsmodalität zur intra- und postoperativen Beurteilung eines Implantates sind konventionelle Röntgenaufnahmen in 2 Ebenen (tief zentrierte Beckenübersichtsaufnahme und Hüfte axial nach Lauenstein, ohne Gonadenschutz). Die postoperative Röntgenaufnahme erfolgt nach Entfernung von Verbänden und Drainagen und dient der Beurteilung und Dokumentation der korrekten Prothesenposition und -orientierung sowie der Integrität des periprothetischen Knochens (Ausschluss von periprothetischen Fissuren/Frakturen, Trochanter-major-Abriss, Implantatfehlage).

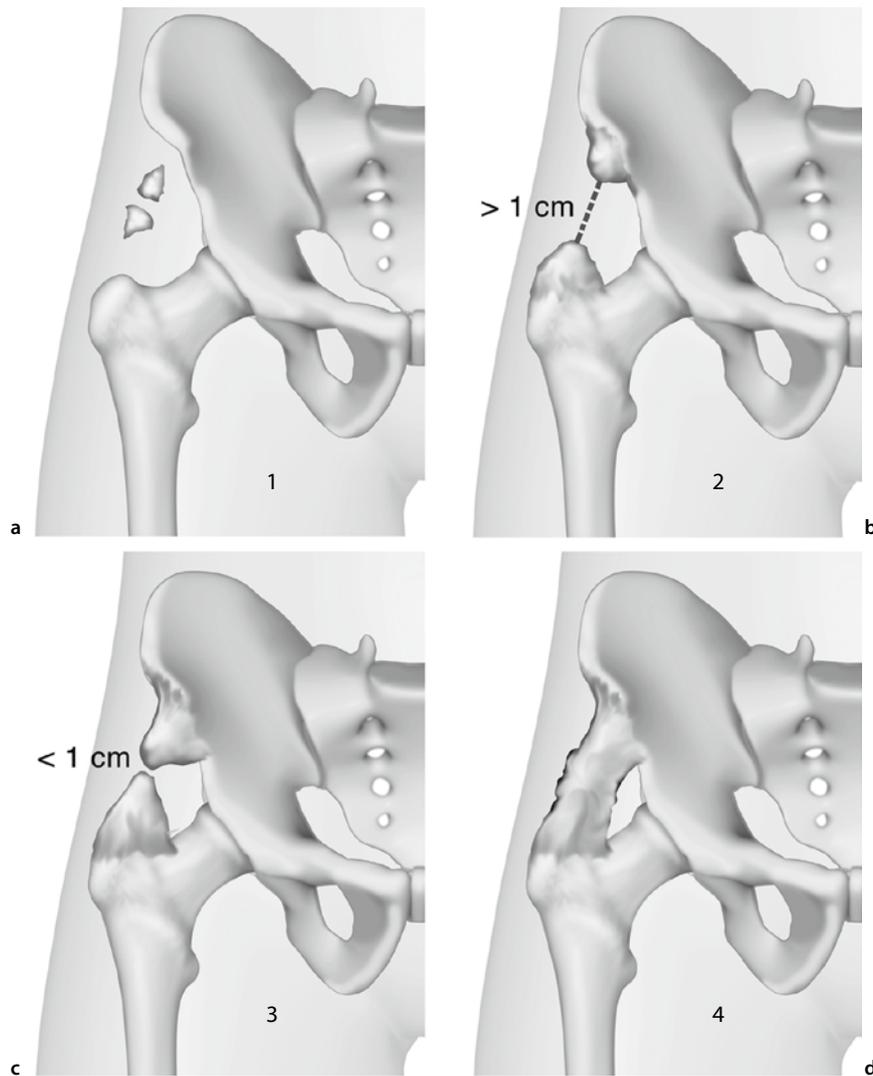
- **Für die weitere zeitliche Beurteilung dienen die erste(n) Röntgenaufnahmen als Referenz, um eine mögliche Implantatlockerung und -migration oder pathologische Veränderungen des periprothetischen Knochens (Stress-Shielding/Knochenremodelling) nachzuweisen. Radiologische Lockerungszeichen sind: zunehmende Lyse-**

säume (>2 mm), Osteolysen, Implantatmigration und Bruch des Zementmantels.

Es gibt keine verbindlichen Vorgaben für die Zeitpunkte, an denen Röntgenkontrollen nach Implantation einer Hüftgelenktotalendoprothese erfolgen müssen. Die Nachuntersuchungsintervalle sollten das zeitliche Auftreten von Komplikationen nach primärem Gelenkersatz mit 2 Häufigkeitsgipfeln berücksichtigen (frühpostoperativ: Luxation, Sinterung, Frakturen, heterotope Ossifikationen – eingeteilt nach Brooker et al. [1973], ▣ Abb. 2.12, ▣ Abb. 2.13; im Langzeitverlauf: Lockerung, Osteolysen, Abrieb, periprothetische Frakturen). Bei komplikationslosem und asymptomatischem Verlauf empfehlen die Autoren klinische und radiologische Nachuntersuchungen nach 1, 3, 5 und 10 Jahren. Die entsprechenden Intervalle müssen jedoch bei klinischen oder radiologischen Auffälligkeiten und in Abhängigkeit der individuellen Patientensituation verkürzt bzw. angepasst werden.

Bei der postoperativen Beurteilung der azetabulären Rekonstruktion werden die ossäre Verankerung sowie die Positionierung und Orientierung der Pfannenkomponente beurteilt. Das Rotationszentrum als zentraler Parameter der azetabulären Positionierung sollte physiologisch rekonstruiert werden, wobei bei unilateraler Coxarthrose das gesunde, kontralaterale Hüftgelenk als Referenz dient. Sowohl eine exzessive Kranialisation (High Hip Center, ab 5–20 mm Kranialisation des Rotationszentrums) als auch eine Lateralisation des Drehzentrums ist zu vermeiden, da in mehreren Studien eine hiermit verbundene Erhöhung der resultierenden Gelenkkräfte mit potenziell höheren Versagensraten der Implantate aufgezeigt werden konnte (Doerhing et al. 1996; Bozic et al. 2004).

Um das Risiko von Impingement und Luxationen zu minimieren, sollte die Pfannenkomponente in einer in der Literatur kontrovers diskutierten Zielzone für die Inklination und Anteversion orientiert werden. Die am häufigsten zitierte Zielzone (»Lewinnek-Zone«) liegt bei Inklination von ca. 40°(+/-10°)



■ **Abb. 2.12** Brooker-Klassifikation (schematisch). Aus: Hug et al. 2015 (mit freundl. Genehmigung von Kate Sweeney)

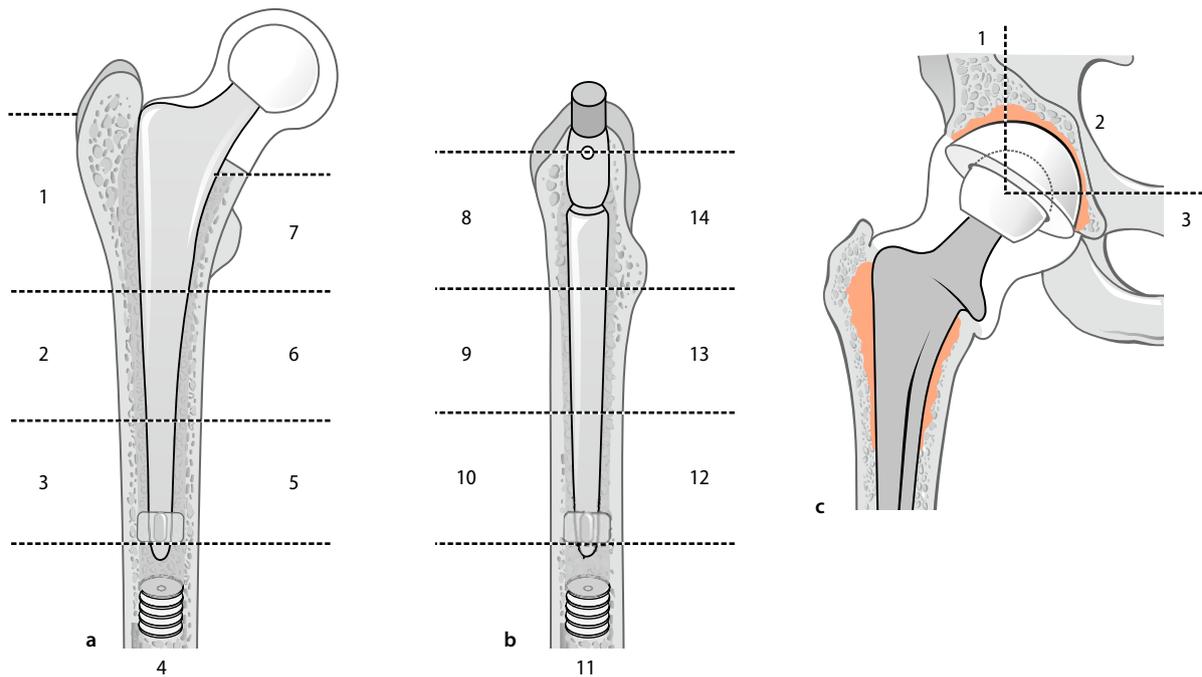


■ **Abb. 2.13** Bilaterale heterotopere Ossifikationen nach Hüftendoprothese beidseits (Brooker: rechts Grad 3, links Grad 4)

und einer Anteversion von ca. 15° ($\pm 10^\circ$; Lewinnek et al. 1978).

Die Größe sollte bei zementfreien Pfannen so gewählt werden, dass die äußere Pfannenzirkumferenz die subchondrale Grenzlamelle des nativen Azetabulums erreicht oder um 1–2 mm überragt, um ein adäquates Press-fit zu ermöglichen. Wird eine zementierte Pfannenkomponente eingesetzt, muss ein gleichmäßiger Zementmantel von mind. 2 mm um das Implantat in Zone I–III nach Charnley (DeLee und Charnley 1976) erreicht sein, um eine dauerhafte Fixierung zu gewährleisten (■ **Abb. 2.14**, hier ■ **Abb. 2.14c**).

Zum Erzielen einer hohen Primärstabilität ist bei den heute gängigen hemisphärischen Pfannenkomponenten eine Medialisierung des Drehzentrums bei der Implantation häufig unvermeidbar; eine exzessive Medialisierung sollte jedoch vermieden werden, da hierbei einerseits das azetabuläre Offset und somit auch die muskuläre Vorspannung der Abduktoren reduziert wird (Bonnin et al. 2012) und andererseits ein erhöhtes Risiko für ossäres Impingement besteht (Malik et al. 2007). Ein exzessiver



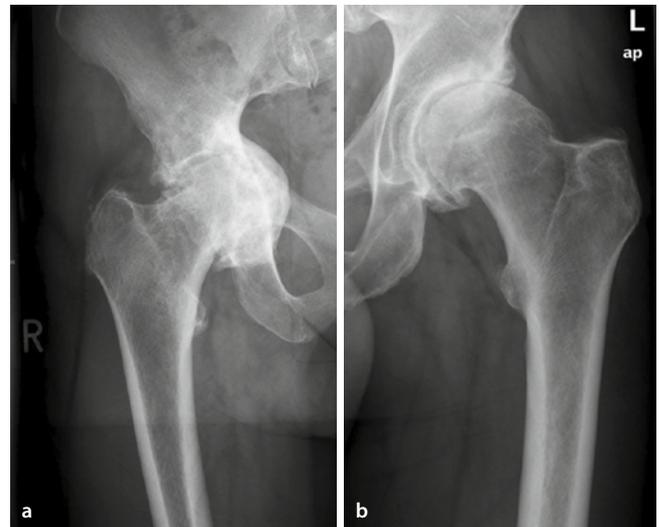
■ **Abb. 2.14a-c** a,b Periprothetische Zonen nach Gruen et al. 1979 (Femur a-p. und axial), c Zonen I–III nach DeLee und Charnley 1976 (Azetabulum) zur Beurteilung der Intaktheit des Zementmantels und im Verlauf neu aufgetretener Veränderung am Knochenlager (Osteolysen, kortikale Hypertrophien, Säume am Implantat-Knochen-Interface, Stress-Shielding)

Überhang der azetabulären Komponente sollte ebenfalls vermieden werden, da dies zu einem Verlust von äquatorialem Press-fit, zu Komponentenimpingement und zu einer symptomatischen Weichteilirritation führen kann, insbesondere zu einem Überhang am vorderen Pfannenrand mit Irritation der Sehne des Musculus (M.) iliopsoas (Bonnin et al. 2011).

- Die Pfannenkomponente sollte im postoperativen Bild auf Höhe der Köhlerschen Tränenfigur abschließen und die originäre subchondrale Grenzlamelle um 1–2 mm überragen. Die Inklination der Pfannenkomponenten sollte ca. $40^{\circ} (+/-10^{\circ})$ bei einer Anteversion von ca. $15^{\circ} (+/-10^{\circ})$ betragen.

Liegen pathologische Konfigurationen des Drehzentrums vor, kann bewusst eine Kranialisierung, Medialisierung oder Distalisierung (z. B. Dysplasiexarthrose) bzw. eine Lateralisierung des Drehzentrums mit Pfannenbodenplastik (Protrusionscoxarthrose) angestrebt werden (■ Abb. 2.15). Liegt eine weitestgehend physiologische Anatomie mit erhaltener Pfannenzirkumferenz (Contained Defect) vor, kommen sowohl zementierte (Polyäthylen-[PE-]Pfannen mit Markierungsring) als auch zementfreie Primärimplantate (Press-fit, Schraubpfannen) in Betracht. Bei ausgeprägten Deformitäten oder ossären Defektsituationen sind aufwendigere Versorgungen notwendig (■ Abb. 2.16).

Die postoperative Beurteilung der femoralen Rekonstruktion (Schaftkomponente) berücksichtigt die Wiederherstellung einer physiologischen Gelenkgeometrie bei ausgeglichener Beinlänge sowie die achsgerechte Implantatposition mit Bezug auf die Femurschaftachse (Varus/Valgus). Als Referenz für die Tiefe der Schaftpositionierung stellt die Fossa piriformis eine zuverlässige Landmarke dar (■ Abb. 2.11b). Der Rekonstruktion des femora-



■ **Abb. 2.15a,b** Pfannenvariationen mit Medialisierung des Rotationszentrums (a Protrusion) und Lateralisierung der Drehzentrums mit doppeltem Pfannenboden und zentralem Osteophyten (b)

len Offsets kommt eine besondere Bedeutung zu (■ Abb. 2.11a). Eine adäquate Offsetrekonstruktion ermöglicht eine verbesserte postoperative Abduktorenkraft (Asayama et al. 2005), eine höhere Implantatstabilität bei geringerer Luxationsrate (Fackler und Poss 1980) und einen größeren Bewegungsumfang durch Vermeidung von Impingement (McGrory et al. 1995). Des Weiteren ist eine physiologische Rekonstruktion des femoralen Offsets mit reduzierten aseptischen Lockerungsraten der Pfanne (Hodge et al. 1991) sowie geringerem PE-Abrieb assoziiert (Little et al. 2009).



<http://www.springer.com/978-3-662-50524-3>

Kompodium Orthopädische Bildgebung
Das Wesentliche aus orthopädischer und
radiologischer Sicht

Weber, M.-A.; Streich, N. (Hrsg.)

2017, XX, 472 S. 1500 Abb. in Farbe., Hardcover

ISBN: 978-3-662-50524-3