

# Amputation und Prothesenversorgung

Indikationsstellung - operative Technik - Nachbehandlung - Funktionstraining -

Bearbeitet von

Dieter Bellmann, John Blasel, Michael Botta, Thomas Böni, René Baumgartner

Neuauflage 2007. Buch. 496 S. Hardcover

ISBN 978 3 13 136153 0

Format (B x L): 19,5 x 27 cm

[Weitere Fachgebiete > Medizin > Chirurgie > Orthopädie- und Unfallchirurgie](#)

Zu [Inhaltsverzeichnis](#)

schnell und portofrei erhältlich bei

**beck-shop.de**  
DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung [beck-shop.de](http://beck-shop.de) ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.



Abb. 8.116 Nichtbelastbare Interimsprothese zur Tarnung während der Dauer der Chemotherapie.



Abb. 8.117 Wasserfeste Borggreve-Prothese in Schalenbauweise. Das Unterschenkelteil lässt sich über ein Loch im Fuß fluten als auch entleeren. Oberschenkelkosmetik als feste Schale, seewasserfeste Gelenkschienen. DAW-Skin-Überzug.

## Badeprothese

Die Badeprothese sieht äußerlich wie eine normale Borggreve-Prothese aus, ist aber in Schalen- und nicht in Modularbauweise hergestellt. Das bedeutet, dass der Unterschenkel innen hohl ist und beim Baden das Wasser in den Hohlraum fluten kann. Die äußere Schale ist tragende Wand und Kosmetik zugleich (Abb. 8.117).

Der Oberschenkelteil besteht aus 2 Teilen: Ein innerer Schaft mit ringförmiger Einfassung des proximalen

Oberschenkelanteils und mediolateraler Führung des Unterschenkelanteils, an dem die seitlichen wasserfesten Gelenkschienen angebracht sind, und eine formgebende feste Außenschale, die dem kosmetischen Ausgleich dient und über das Knie reicht. Vorteil dieser Bauart ist das geringe Auftriebsverhalten im Wasser, da keine geschäumten Materialien verwendet werden. Mit dieser Prothese kann der Patient im Nassbereich gehen (barfuß oder mit Badeschuhen) und im Wasser stehen und schwimmen.

## 8.5 Knie

**Synonyme:** Knieexartikulation, transgenikuläre Amputation, transkondyläre Amputation.

### 8.5.1 Allgemeines

Knieexartikulationen mit ihren Varianten haben mit den Amputationen am Rückfuß vieles gemeinsam. Obwohl seit Urzeiten bekannt, schlagen Chirurgen einen weiten Bogen drum herum. Lehrbücher der Chirurgie und Orthopädie erwähnen sie, wenn überhaupt, nur am Rande. Sie sind die Stiefkinder zwischen den Unter- und Oberschenkelamputationen.

Zu einem guten Teil liegt die Ursache bei den Orthopädietechnikern. Der „überlange“ Stumpf nimmt einem Prothesenknie, das für Oberschenkelstümpfe gebaut ist, den Platz weg.

Mindestens 12 Zentimeter brauche es, und die Chirurgen mögen sich bitte daran halten. Erst recht, seit die Industrie im 1. Weltkrieg 1914–1918 Kniepassteile für Oberschenkelstümpfe produziert. Aus dieser Zeit stammt der Vorschlag von Gritti, distal im Oberschenkel abzusetzen und die Markhöhle mit der Kniescheibe abzudeckeln. Zur Verth (1941) bezeichnet in seinem Amputationsschema die Femurkondylen schlichtweg als „hinderlich“. Nur die Kniescheibe kommt mit „minder wertvoll“ etwas besser weg als Teil der Operation nach Gritti.

Seit über 40 Jahren sind Prothesenknie erhältlich, die eigens auf den Exartikulationsstumpf zugeschnitten sind.

Trotzdem ist der Gritti-Stumpf „nicht umzubringen“. Heute noch wird vor allem in frankophonen Ländern nach wie vor nach seiner Methode operiert mit der Begründung, der lange Knieexartikulationsstumpf sei ein Hindernis für eine funktionell und kosmetisch befriedigende Prothesenversorgung (Bonnel u. Lamoudi 1989). 2005 kommen Durand u. Mitarb. auf die glorreiche Idee, das Knie zu

exartikulieren und dafür das Femur zu kürzen, um Platz zu machen für ein Prothesenknie für Oberschenkelstümpfe.

Schon 40 Jahre früher waren andere völlig entgegengesetzter Meinung. In der Erkenntnis, die Technik habe sich nach der Anatomie zu richten und nicht umgekehrt, hat Lyquist in Kopenhagen 1968 das erste, eigens für die Knieexartikulation geschaffene OHC-Vierachsgelenk entwickelt und Botta in der Schweiz eine Schaftechnik, welche die Vorteile des Stumpfes voll zur Geltung bringt. Dazu gehört auch ein operatives Vorgehen, welche die Bedürfnisse der Prothetik gebührend berücksichtigt (Baumgartner 2006).

Nicht von ungefähr sind Athleten mit Knieexartikulationen im Behindertensport den Oberschenkelamputierten haushoch überlegen (s. Abb. 5.271, S. 152). Der knieexartikulierte Earl Connor ist mit 12,4 Sekunden über 100 Meter mehr als 2 Sekunden schneller als die Oberschenkelamputierten (Belitz 2004).

#### MERKE

Der Knieexartikulationsstumpf ist dem Oberschenkelstumpf haushoch überlegen, von der operativen Technik bis zur Rehabilitation.

#### Vorteile:

- Der Eingriff ist für jede Ätiologie geeignet, ausdrücklich auch bei arteriellen Verschlusskrankheiten (s.u.).
- Der Stumpf ist voll endbelastbar. Das Femurende ist von der Natur so konstruiert, dass es alle axialen Kräfte auf das Tibiaplateau übertragen kann und umgekehrt.

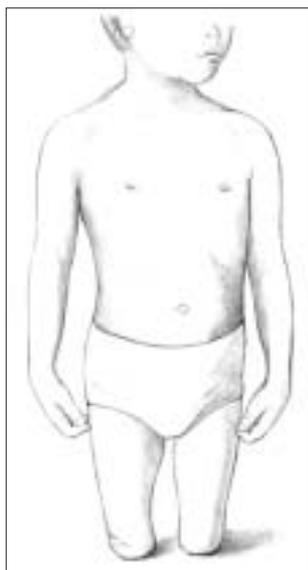


Abb. 8.118 Knieexartikulationsstümpfe sind voll endbelastbar. „Barfußgang“ bei doppelseitiger angeborener Fehlbildung, einer Knieexartikulation entsprechend (Technische Orthopädie Münster, Prof. Dr. med. G.G. Kuhn).

Das Femur braucht also „nur“ eine Unterlage, welche dieselben Eigenschaften hat wie das Tibiaplateau, und schon ist er wieder in seinem Element. Diese **volle Endbelastbarkeit** hat gleich mehrere Vorteile:

- keine Abstützung am Becken erforderlich. Das Hüftgelenk bleibt frei beweglich in allen Ebenen. Jede Kraftübertragung am Becken erübrigt sich, wie wir sie für Oberschenkelstümpfe benötigen:
- Die volle axiale Belastung bremst die Inaktivitätsosteoporose von Femur und Becken und stimuliert außerdem das Wachstum (s. Abb. 3.6, S. 76).
- Die distalen Epiphysenfugen bleiben erhalten. Sie sind für 80–90% des Wachstums verantwortlich. Werden sie geopfert, kommt das weitere Wachstum praktisch zum Stillstand. Aus dem langen Oberschenkelstumpf des Kleinkindes wird am Ende des Wachstums ein schmales, kurzes und spitz zulaufendes Gebilde (s. Abb. 3.7, S. 76).
- Nur bei voller Endbelastung kann die Vollhaut über dem Stumpfende die propriozeptiven Funktionen der Fußsohle übernehmen.
- Nach doppelseitiger Amputation ermöglicht die volle Endbelastung das „Barfuß“-Stehen und -Gehen, also ohne Prothesen oder Stubbies. Wie nach doppelseitigen Amputationen im Rückfuß benötigt der Amputierte einen Stock als drittes „Standbein“ zum Stehen, nicht aber zum Gehen (Abb. 8.118).
- Die operative Technik ist ausgesprochen atraumatisch: Keine Muskulatur ist zu durchtrennen und auch kein Knochen bei der Exartikulation. Daher kann es gar nicht zur Ausbildung von Exostosen, zu Kronensequestern (s. Abb. 2.50, S. 56) oder zur Zuspitzung des Stumpfendes kommen wie nach einer Amputation im Oberschenkel. Auch die Gefahr von Nachblutungen ist weit geringer als bei der großen Wundfläche am Oberschenkel.
- Infektionen treten seltener auf, da den Bakterien der Weg in die Muskulatur und in den Knochen versperrt bleibt. Oder sie heilen leichter, wenn nach dem Entfernen einer infizierten Knieprothese das Femur durch die Kondylen abgesetzt und die ausgefräste Markhöhle mit einem gestielten Muskellappen aufgefüllt wird (s. Kap. 8.5.2.4, S. 353).
- Prothesenschaft: Dank seiner Birnenform mit dreieckigem Querschnitt (s. Abb. 8.134 u. 8.141 a) sitzt der Stumpf fest und drehstabil im Vollkontakt-Container mit Weichwandschaft. Jede Verschmächigung der Kondylen verringert die Standfläche (Jensen 1996). Von orthopädietechnischer Seite her besteht kein plausibler Grund, um einer einfacheren und eleganteren Prothesenversorgung willen die Kondylen zurechtzustutzen. Ein Übergreifen des Schaftes auf das Becken oder eine Abstützung am Tuber wie an einem Oberschenkelstumpf ist auf keinen Fall nötig.

**Nachteile:**

- Bei dem nur aus Haut und Knochen bestehenden Stumpf die Dekubitusgefahr weit größer als am Oberschenkelstumpf. Ihr ist von Anfang an bewusst zu begegnen. Besonders gefährdet ist die Haut über der Patella und unter dem lateralen Kondylus.

Tabelle 8.3 Knieexartikulation im Vergleich zur Oberschenkelamputation: Vor- und Nachteile

Parameter	Knieexartikulation	Oberschenkelamputation
Operationstechnik	einfach, atraumatisch	einfach bis schwierig
Wundfläche	klein	groß
<b>Durchtrennung von:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Haut</li> <li>• Muskulatur</li> <li>• Knochen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ja</li> <li>• keine</li> <li>• keine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ja</li> <li>• viel</li> <li>• Femurdiaphyse</li> </ul>
<b>Postoperative Komplikationen</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nachblutung</li> <li>• Exostosenbildung</li> <li>• Infektrisiko</li> <li>• Dekubitusgefahr</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• selten</li> <li>• keine</li> <li>• gering</li> <li>• groß</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• häufig</li> <li>• häufig</li> <li>• groß</li> <li>• klein (Gesäß?)</li> </ul>
<b>Stumpf</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Form</li> <li>• Endbelastbarkeit</li> <li>• Muskelgleichgewicht</li> <li>• Wachstum</li> <li>• Hüftbeweglichkeit</li> <li>• Beugekontraktur</li> <li>• Femur: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Inaktivitätsosteoporose</li> <li>– Zuspitzung des Knochens</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• birnenförmig</li> <li>• vollständig</li> <li>• bleibt erhalten</li> <li>• bleibt erhalten</li> <li>• bleibt voll erhalten</li> <li>• keine</li> <li>– keine</li> <li>– keine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• konisch</li> <li>• höchstens teilweise</li> <li>• immer gestört</li> <li>• praktisch gestoppt</li> <li>• immer beeinträchtigt</li> <li>• zunehmend mit jeder Kürzung</li> <li>– immer</li> <li>– häufig</li> </ul>
<b>Prothese</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schaft</li> <li>• Abstützung am Becken</li> <li>• Kniepassteile</li> <li>• Auswahl</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weichwandschaft, Liner</li> <li>• nein</li> <li>• polyzentrisch</li> <li>• klein</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hart (Liner)</li> <li>• immer</li> <li>• mono- und polyzentrisch</li> <li>• groß</li> </ul>
<b>Doppelseitige Amputation</b>		
Gehfähigkeit		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• barfuß</li> <li>• mit Prothesen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• möglich</li> <li>• nur bei jungen sportlichen Patienten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• unmöglich</li> </ul>

- Eine Überlänge im Sitzen ist nicht ganz zu vermeiden. Mit polyzentrischen Prothesengelenken und speziellen Adaptoren lässt sie sich auf 3 cm reduzieren. Es sei denn, der Stumpf hätte aus medizinischen Gründen verkürzt werden müssen (s. Kap. 8.5.2.2, S. 350).

Um die Vorteile richtig einschätzen zu können, vergleicht die Tab. 8.3 die Vor- und Nachteile der Knieexartikulation mit denjenigen der Oberschenkelamputation.

**Indikationen und Kontraindikationen**

Dieses Thema ist bereits in Kap. 3, S. 71 ff abgehandelt worden. Bei Amputationen im Kniebereich lohnt es sich, darauf zurückzukommen und zu zeigen, wie viel weiter man gehen darf als gemeinhin angenommen wird.

**Angeborene Fehlbildungen.** Hier ist zu unterscheiden zwischen angeborenen transversalen und longitudinalen Fehlbildungen. Transversale (Peromelien) können funktionell einer Exartikulation im Kniegelenk entsprechen. Die Femurkondylen sind halbkugelig angelegt (Abb. 8.119).

Bei den longitudinalen Fehlbildungen des Unterschenkels, also beim Fehlen von Tibia oder Fibula, ist die Knieexartikulation das Ergebnis einer Resektion von Fuß und Unterschenkel. Die Alternative zu diesem verstümmelnden Eingriff ist die kalkaneofemorale Fusion nach Ernst Marquardt (s. Kap. 8.3.2.12, S. 317). Bei longitudinalen Fehlbildungen des Femurs steht der Fuß auf Höhe des Knies, ist voll endbelastbar und prothetisch wie eine Knieexartikulation zu versorgen (PFFD, Kap. 8.6.5, S. 388).

**Arterielle Verschlusskrankheiten.** Selbst bei einem Verschluss beider Femoralarterien ist die Knieexartikulation eine gangbare Alternative zur Amputation im Oberschen-



Abb. 8.119 „Angeborene Knieexartikulation“. Die dysplastischen Femurkondylen sind beide endbelastbar. Die Patientin kann darauf stehen, ohne und mit Prothesen (Klinik Balgrist, Zürich).

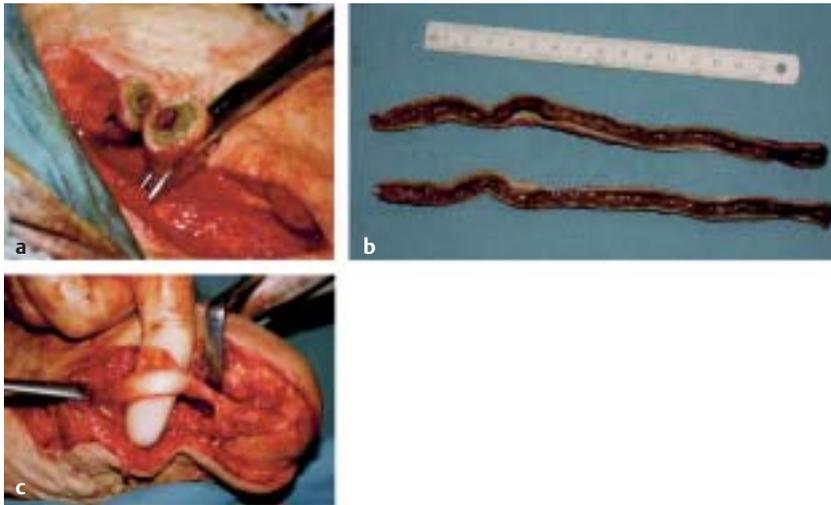


Abb. 8.120 a–c Allgemeine Arteriosklerose. Stumpfrevision nach Knieexartikulation.

- a u. b Entfernen der obliterierten Gefäßprothese.
- c Kürzen des zu lang belassenen, mit der Umgebung verwachsenen Ischiasnervs.



Abb. 8.121 a u. b Allgemeine Arteriosklerose. Infizierte Gefäßprothese mit multiplen Abszessen in der Leiste. A. femoralis superficialis verschlossen. Die Knieexartikulation ist primär abgeheilt. Die temporäre Fixation der Patella mit 2 Kirschner-Drähten erwies sich als überflüssig und wurde bald danach verlassen (Baumgartner, Orthop. Univ.-Klinik Genf, 1968).



Abb. 8.122 a–c Allgemeine Arteriosklerose. Gangrän an Fuß und Unterschenkel. Transkondyläre Amputation, Stumpf voll endbelastbar (Klinik für Technische Orthopädie, Münster, 1989).

kel. Sie ist der weit schonendere Eingriff und bietet dem Patienten viel die besseren Rehabilitationsaussichten. Dabei sind verschlossene Gefäßprothesen total zu entfernen und infizierte Wunden zu débridieren und per secundam offen zur Abheilung zu bringen (Abb. 8.120–8.122).

Zurückhaltung ist geboten bei der rasch progredienten **Winiwarter-Buerger-Krankheit** (s. S. 32).

**Beugekontrakturen** von Hüfte und Knie mahnen zur Vorsicht (Abb. 8.123). Dennoch lohnt auch in solchen Fällen der Versuch, erst im Knie zu exartikulieren. Das Absetzen des Lig. patellae vermag indirekt die Beugekontraktur der Hüfte zu verringern. Eine Amputation im Oberschenkel würde daran nicht viel ändern, außer mit einer zusätzlichen Desinsertion der Beugesehnen und einer vorderen Kapsulotomie der Hüfte.

**Trauma.** Nach schwerer Traumatisierung des Unterschenkels stellt sich die Frage einer Exartikulation erst dann, wenn es nicht möglich ist, bei einem intakten Knie einen ultrakurzen Unterschenkelstumpf zu erhalten (Abb. 8.124).

Bei Kindern ist alles daran zu setzen, das Femur und damit die distale Wachstumsfuge zu erhalten. Hier genügt eine Hautdeckung mit Meshgraft (s. Abb. 4.11, S. 102). Sie wird möglichst von der rasierten Kopfhaut entnommen, um Keloide an der Entnahmestelle zu vermeiden.

**Infekt nach Knie-Totalprothesen und Femurosteosynthesen.** Die Indikation zur Amputation nach anders nicht beherrschbarer Osteomyelitis nach Implantation einer Knieprothese oder sogar nach einem intraartikulären Eingriff ist so selten auch wieder nicht, jedoch von einer erheblichen Dunkelziffer belastet (Abb. 8.125).

Im Bestreben, alles infizierte Gewebe radikal zu entfernen, erfolgt die Absetzung in der Regel im Oberschenkel in respektvollem Abstand vom Implantat. Werden dagegen nur Prothese und Zement entfernt und das Wundbett dé-



Abb. 8.123 Kontrakturen von Hüfte und Knie bei einem bettlägerigen Patienten. Kontraindikation.



Abb. 8.124 Knieexartikulationen nach Trauma. 22-jähriger Patient, Motorradunfall. Offene Unterschenkelrümmerfraktur mit Luxation des Knies. Erst Exartikulation im Knie, dann Nachamputation transkondylär wegen Weichteilproblemen. Auch 30 Jahre später voll funktionstüchtiger Stumpf (Baumgartner, Klinik Balgrist, Zürich, 1977).



Abb. 8.125 Chronisch-rezidivierende Osteomyelitis der Tibia nach mehrmaligem Wechsel einer Totalprothese. Im Femurabschnitt ist sie fest einzementiert, mit Zementstopper. Transkondyläre Amputation mit gestieltem Gastrocnemius- und Vastuslateralis-Muskellappen (s. Abb. 8.140, S. 355) (mit Dr. A. Staubli, Kantonsspital Luzern, 2006).



Abb. 8.126 a u. b Knieexartikulation bei Osteosarkom des Tibiakopfes bei 9-jährigem Jungen. Ergebnis nach Chemotherapie: schwere Osteoporose und Atrophie der Weichteile. Patellectomie wegen Nekrose. Wachstumsfuge ausgeschaltet (Orthop. Uni.-Kliniken Münster, 1987).

bridiert, vermag eine transkondyläre Amputation den Infekt ebenso gut zum Stillstand zu bringen. Das Ergebnis ist ein endbelastbarer Stumpf mit langem Hebelarm und intakt gebliebener Oberschenkelmuskulatur (s. Kap. 8.5.2.4).

Analoge Überlegungen stellen sich bei einer anders nicht beherrschbaren Osteomyelitis nach Osteosynthesen am Femur. Anstelle einer hohen Oberschenkelamputation oder gar einer Exartikulation der Hüfte bietet sich hier die

Umkipplastik nach Sauerbruch an: Der betroffene Teil des Femurs wird samt Osteosynthesematerial entfernt. Den Defekt füllt der auf den Kopf gestellte Unterschenkel aus. Statt auf den Femurkondylen steht der Amputierte nun auf dem nach unten gerichteten Tibiaplateau (s. Kap. 8.5.2.3, S. 351).

**Tumoren.** Maligne Knochentumoren im Tibiakopf sind ideale Indikationen für die Knieexartikulation (Abb. 8.126 a u. b). Eine onkologische Nachbehandlung schädigt auch die Wachstumsfugen. Die daraus entstehende Längendifferenz kann durch die Operationstechnik nach Klaes und Eigler ausgeglichen werden (s.u.).

**Systemerkrankungen.** An einem Fall von Morbus Ollier wird gezeigt, dass auch ein schwer deformiertes, osteoporotisches Knie exartikuliert werden kann (Abb. 8.127 a–c).

### 8.5.2 Operative Techniken

Die verschiedensten Verfahren werden vorgeschlagen (Jensen 1996). Die meisten sind, wie die Amputation nach Gritti, Orthopädietechnikern zuliebe entwickelt worden, welche sich außerstande sehen, ein intaktes, nur mit Vollhaut bedecktes Femur samt Patella prothetisch zu versorgen. Den Vogel abgeschossen haben Autoren, welche aus dem gleichen Grund empfehlen, den Knochen diaphysär zu kürzen (Durand 2005).

Bei der Technik nach Klaes und Eigler (1985) bedeckt ein hinterer Haut-Muskel-Lappen die Femurkondylen, ähnlich wie bei der Unterschenkelamputation nach Verduyn und Burgess (s. Kap. 8.3.2.2, S. 302). Diese Technik hat den Vorteil eines gut gepolsterten Stumpfes. Der Preis ist jedoch eine Überlänge um die Dicke des Muskellappens. Au-



Abb. 8.127 a–c Morbus Ollier mit sarkomatöser Entartung am Unterschenkel. Exartikulation des ebenfalls deformierten Knie-

gelenkes. Stumpf nicht vollständig endbelastbar (Dr. R. Kellenberger, CH-Fribourg, 2002).

ßerdem muss man sich fragen, ob es denn, ausgenommen bei Tumoren der Tibia, nicht möglich gewesen wäre, einen ultrakurzen Unterschenkelstumpf zu schaffen, wenn der lange Hinterlappen mit den Gastrocnemii doch so vital geblieben ist.

Bowker u. Mitarb. (2000) haben 80 Exartikulationen nach dieser Technik durchgeführt. Sie resezierern zudem die Patella und verschmälern die Kondylen nach Mazet, aber nur dann, wenn eine Prothesenversorgung vorgesehen ist. Wenn nicht, lassen sie sie stehen und vernähen das Lig. patellae mit den Kreuzbändern bei gestreckter Hüfte, um eine Beugekontraktur zu vermeiden.

Immer stellt sich die Frage, was mit der Patella geschehen soll. Es ist nahe liegend, das Lig. patellae mit den Kreuzbändern zu vereinigen und so eine Muskelschlinge zu bilden wie bei der Oberschenkelamputation. Nur hat die Natur an dieses Vorhaben nicht gedacht. Die Bänder sind einfach zu kurz, oder aber die Patella muss mehr oder weniger stark nach unten geschlagen werden. Damit kommt sie in die Belastungszone zu liegen. Im Gegensatz zu den Kondylen ist die Patella nicht endbelastbar. Eine heruntergeschlagene, fixierte Kniescheibe verkleinert die natürliche Belastungsfläche der Femurkondylen und verlängert dazu noch den Stumpf (s. Abb. 8.133).

Diesen Modifikationen können wir nichts abgewinnen, mögen sie noch so gut gemeint sein. Sie beruhen auf den gleichen Überlegungen wie die Technik nach Gritti aus dem 1. Weltkrieg (s. Abb. 8.129c). Alle sind das Werk von Chirurgen, die sich von Technikern über den Tisch haben ziehen lassen, die mit der Prothesentechnik nicht genügend vertraut sind.

Die seit 1968 von Botta entwickelte Schaffttechnik und die eigens für die Knieexartikulation geschaffenen Gelenke (s. Kap. 5.4.3.5) beweisen seit 40 Jahren, dass mit der Exartikulation im Kniegelenk und mit erhaltener Patella ohne jeden zusätzlichen Eingriff am Knochen hervorragende Ergebnisse erzielt werden können.

Wir versuchen daher, es bei einer Exartikulation im Knie bewenden zu lassen. Die Belastungsfläche des Stumpfes könnte physiologischer nicht sein. Außerdem ist keine andere Technik derart gewebeschonend, ein weiterer Vorteil vor allem bei Patienten in prekärem Allgemeinzustand (Abb. 8.128a u. b). Die Patella trägt bei zur Drehstabilität (Abb. 8.134b).



Abb. 8.128 a u. b Exartikulation des Kniegelenkes bei arterieller Verschlusskrankheit. Technik nach Baumgartner: Femur und Patella bleiben intakt, das Lig. patellae wird entfernt.

- a Postoperatives Röntgenbild. Die Patella steht an ihrem angestammten Platz. Die verkalkten Arterien sind gut sichtbar.  
b 2 Jahre postoperativ. Birnenförmiger, verschmäligter Stumpf. Trägt Prothese nach Botta mit sperrbarem Vierachs-Kniegelenk.

Nur wenn die erforderliche Weichteildeckung nicht ausreicht, sind wir gezwungen, die Patella zu entfernen und die Schnittfläche transkondylär zu legen (Abb. 8.129b und 8.135a u. b).

### 8.5.2.1 Knieexartikulation und transkondyläre Amputation – eigene Technik

#### Prinzipien

- Der Stumpf ist nur mit Vollhaut bedeckt, um die Überlänge minimal zu halten und die sensorische Innervation auf der ganzen Fläche zu gewährleisten. Sie muss zur Unterlage verschieblich sein.
- Um dieses Ziel zu erreichen, kann eine transkondyläre Amputation indiziert sein, oder die Vollhaut kann zur Deckung des Stumpfendes dank Verkürzungsosteotomien des Femurs nach distal verlagert werden (s. Kap. 8.5.2.2).

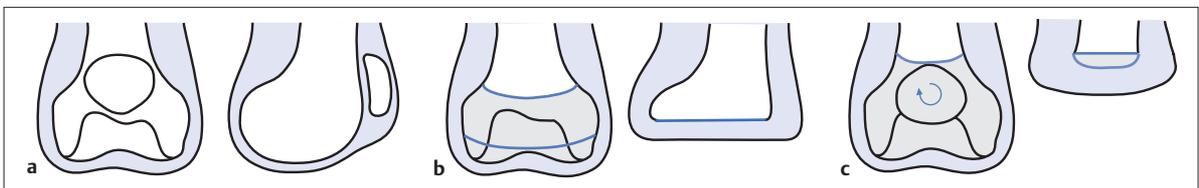


Abb. 8.129 a–c Amputationshöhen im Kniebereich.  
a Exartikulation.

- b Transkondyläre Amputation. Schnittführung leicht stempelförmig exakt in der Transversalebene, quer zur Längsachse des Beines, nicht des Femurs. Knochenkanten abrunden, auch dorsal (s. a. Abb. 8.135, S. 350).  
c Technik nach Gritti. Fusion zwischen Femur und Patella.

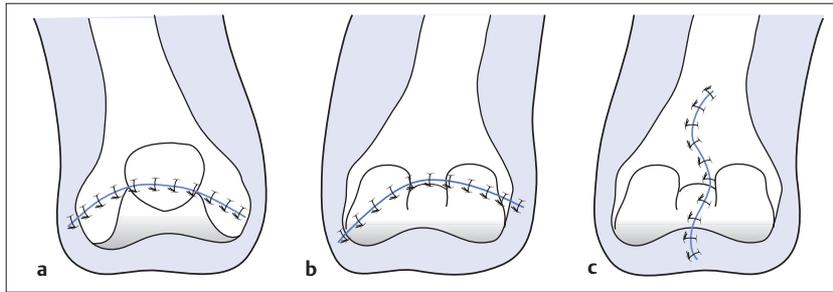


Abb. 8.130 a–c Lappenbildung mit Hautverschluss außerhalb der Belastungszone.

- a Langer Hinterlappen nach vorne (wie an Fuß, Unterschenkel, Hüfte).
- b Vorderlappen nach hinten.
- c Seitliche Lappen, nach zirkulärem Schnitt S-förmig zugerichtet. Verschluss hinten zwischen den Kondylen.

- Die Operationsnarbe kommt, wenn möglich, außerhalb der Belastungszone zu liegen, um den Stumpf bald endbelasten zu können. Die dorsale Haut ist stärker als die ventral gelegene (Abb. 8.130 a–c). Wenn es anders nicht geht, kann sie auch in die Belastungszone gelegt werden. Nur verzögern sich dann der Beginn der Endbelastung und damit die Mobilisation.
- Freie gefäßgestielte Vollhauttransplantate sind auf Dauer der mechanischen Belastung so wenig gewachsen wie an der Fußsohle. Außerdem haben sie keine propriozeptiven Eigenschaften.
- Die Gastrocnemii werden vollständig oder bis auf 3–4 cm entfernt, je nach der verfügbaren Haut.
- Die Femurkondylen bleiben voll erhalten, auch der Gelenkknorpel.
- Bei guter Durchblutung können sogar die Menisken stehen bleiben.
- Die Patella bleibt am Ort. Sie wird höchstens entfernt, wenn dies für eine spannungsfreie Hautdeckung nötig ist, oder wenn die Kondylen transkondylär abzusetzen sind, wo sich der Knochenquerschnitt bereits verschmälert. Lässt man die Patella in Ruhe, zieht sie sich höchstens um 1 cm zurück. Die Retinakula halten sie im patellofemorale Gleitlager zurück.
- Das Lig. patellae, die Kreuz- und die Seitenbänder werden an ihrer Basis reseziert.
- Hautverschluss spannungsfrei in Neutralstellung des Hüftgelenkes.
- Steht für einen spannungsfreien Verschluss nicht genügend Haut zur Verfügung, kann der Defekt provisorisch durch Meshgraft gedeckt werden. Die Entnahme darf auf keinen Fall am Stumpf erfolgen, sondern auf der Gegenseite oder, vor allem bei Kindern, von der behaarten Kopfhaut. Dieses Transplantat wird mit der Zeit nur bei Kindern tragfähig. Nach Wundheilung und Atrophie der Weichteile lässt es sich bei Erwachsenen nachträglich entfernen und der Defekt durch Mobilisation der benachbarten Haut unter Ausnützen ihrer erhöhten Elastizität decken.
- Gegebenenfalls ist das Entfernen der Patella, ein Kürzen oder Verschmälern der Kondylen erforderlich. Genügt auch dies nicht, ist die Verkürzungsosteotomie des Femurs indiziert, diaphysär oder suprakondylär (s. Kap. 8.5.2.2).

#### MERKE

Obliterierte Gefäßprothesen sind vollständig zu entfernen bis zum Abgang von der Arterie. Sie stören die Wundheilung und bieten den Bakterien eine willkommene „Himmelsleiter“ an (s. Abb. 8.120 a u. b).

#### Vorbereitungen

- **Lagerung.** Die Knieexartikulation kann sowohl in Rückenlage wie in Bauchlage durchgeführt werden. Wir ziehen die Rückenlage vor, schon für den Fall, dass die Amputation in den Oberschenkel zu verlegen ist. Ein 5 cm dickes Kissen aus Schaumstoff unter dem ganzen Gesäß hebt den Stumpf an und schafft Platz, um eine Nierenschale unter das Operationsgebiet zu legen. Hüfte und Knie müssen beweglich bleiben.
- **Blutsperrung, Blutleere.** Der Eingriff kann in Blutleere erfolgen. Nur ist die Manschette möglichst proximal, also unmittelbar unterhalb des Leistenbandes anzulegen. Die Blutsperrung muss sich während des Eingriffes auch entfernen lassen, ohne dass das gesamte Operationsfeld neu abzudecken ist. Zum Beispiel dann, wenn die Manschette nicht funktioniert oder die Amputation statt im Knie im Oberschenkel erfolgen muss.

#### Operatives Vorgehen

##### Vorbereitungen

- Ziel ist ein spannungsfreier Hautverschluss außerhalb der Belastungszone.

#### TIPPS UND TRICKS

Die Haut im Kniebereich ist überaus elastisch und zieht sich während des Eingriffes zurück. In der Regel braucht man daher längere Vollhautlappen als angenommen.

- Auch dem Routinier sei geraten, die Schnittführung zu markieren und dabei Narben zu exzidieren oder in den Schnitt miteinzubeziehen (s. Abb. 8.130)

## Zugang

- Ein zirkulärer Hautschnitt etwa 5–7 cm unterhalb des Tibiaplateaus ist am einfachsten. Am Ende des Eingriffs ist dann die Haut so zuzuschneiden, dass die Naht in der Längsrichtung hinten zwischen die Kondylen zu liegen kommt. Gleichwertige Alternativen sind lange dorsale oder ventrale Lappen. Wie am Unterschenkel ist die hintere Haut besser belastbar als die vordere. Es ist jedoch kein Unglück, wenn die Narbe quer darüber zieht, sollte nur so ein Kürzen des Stumpfes zu vermeiden sein. Dann dürfen Belastungsübungen etwas später einsetzen. Der Mercedes-Stern in Ehren, aber bitte nicht an einem Stumpf (Abb. 8.131).
- Der Hautschnitt geht in einem Zug durch Haut und Subkutis. Anschließend gleich Versorgen der Venen.

## OP-Schritte

- Nachdem der Hautschlauch oder die Hautlappen gebildet sind, erfolgt als erstes die Desinsertion des Lig. patellae von der Tuberositas tibiae. Wir schlingen es mit einem Faden an und ziehen es hoch, um den Zugang zum Tibiaplateau freizuhalten (Abb. 8.132a).

### TIPPS UND TRICKS

Da später das Lig. patellae reseziert wird, macht es nichts aus, wenn die Patellarsehne statt angeschlungen mit einer Kocher-Klemme gefasst und hochgezogen wird.

- Nun kippen wir das Skalpell in die Transversalebene und durchtrennen entlang dem Tibiaplateau nacheinander Kapsel, Seiten- und Kreuzbänder. Diese werden dauernd unter Spannung gehalten, indem der Assistent das rechtwinklig gebeugte Knie nach ventral zu luxieren sucht, als ginge es ihm darum, die Schublade zu prüfen (Abb. 8.132b).
- Bei ungestörter Durchblutung lohnt es sich, die Menisken stehen zu lassen. Dazu müssen aber alle Strukturen auf Höhe des Tibiaplateaus durchtrennt werden. Die Menisken müssen ihre proximalen Verbindungen zur Gelenkkapsel und den Bändern behalten. Sie dienen als Polster und vergrößern zusätzlich die Belastungsfläche des Femurs.

### TIPPS UND TRICKS

Bei Gefäßpatienten haben uns Nekrosen dieser bradytrophen Gewebe gelehrt, alle Menisken und Bänder vollständig zu entfernen.

- Ist schließlich auch die hintere Kniekapsel durchtrennt, lässt sich der Unterschenkel nach ventral luxieren. Am rechtwinklig gebeugtem Knie wird die „Schub-



Abb. 8.131 Wundheilungsstörung nach Knieexartikulation. Die 3 Hautlappen wurden zu kurz gewählt. Eine primäre Kürzung des Femurs hätte die Situation gerettet.

lade weiter geprüft“ und so der Hinterlappen unter Spannung gehalten.

- Der Reihe nach kommen in der Kniekehle die großen Gefäße und Nerven zum Vorschein und lassen sich leicht identifizieren und präparieren (Abb. 8.132c).

### MERKE

Keine Massenligatur von A. und V. poplitea und N. tibialis!

- Bei ungestörter Durchblutung sind Arterie und Vene getrennt mit resorbierbarem Material zu ligieren, die Arterie doppelt. Bei arterieller Durchblutungsstörung bedarf die Arterie (hoffentlich) keiner Ligatur mehr. Jeder derartige Versuch am untauglichen Objekt erhöht die Zahl der Fremdkörper in der Wunde und begünstigt Wundheilungsstörungen.

### MERKE

Ist aber auch die Vene thrombosiert, wird dringend empfohlen, die Amputationshöhe unverzüglich auf das mittlere Drittel des Oberschenkels zu verlegen.

- Nach durchgeführter Exartikulation durchtrennen wir in allen Fällen das Lig. patellae am unteren Pol der Kniescheibe.
- N. tibialis und N. peroneus sind, anders als die Gefäße, mindestens 5 cm weiter proximal abzusetzen. Ihre Stümpfe liegen proximal der Kondylen. Während der N. fibularis glatt durchtrennt werden kann, bedarf der N. tibialis einer Ligatur wegen seiner Arterie.
- Die Absetzung wird vervollständigt durch das Lösen der Mm. gastrocnemii vom Femur und die Bildung des hinteren Hautlappens. Von den beiden Muskeln kön-

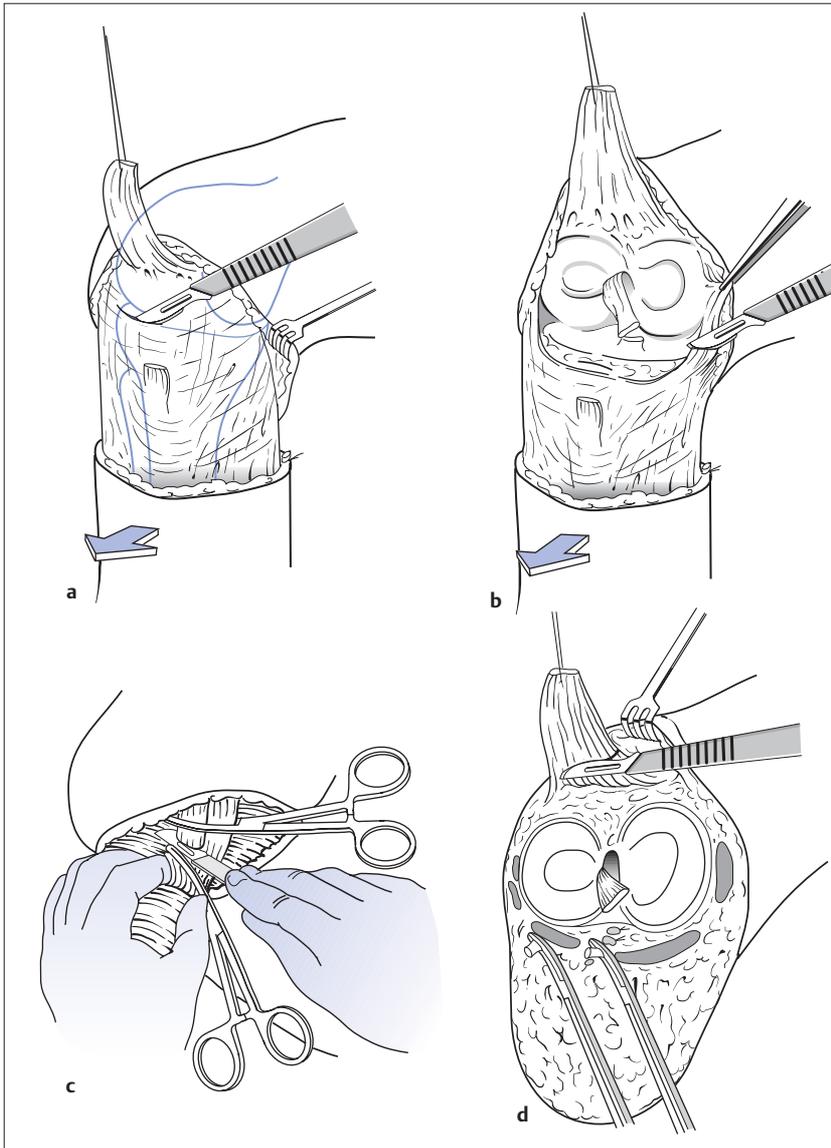


Abb. 8.132 a–d Exartikulation des Knies nach Baumgartner.

- a Zirkulärer Hautschnitt 5 – 7 cm unterhalb des Tibiaplateaus. Knie rechtwinklig gebeugt halten, „Schublade prüfen“. Lig. patellae anschlingen und hochschlagen.
- b Unter ständigem „Schubladenzug“ Kapsel und Ligamente durchtrennen bis zur hinteren Gelenkkapsel zur vollständigen Luxation nach ventral. Bei ungestörter Durchblutung können die Menisken stehen gelassen werden.
- c Präparieren und Versorgen der poplitealen Gefäße und des N. tibialis. Exartikulation vervollständigen.
- d Stumpf von distal: Menisken belassen, Ligamente durchtrennen, Gastrocnemii auf 3 – 4 cm kürzen. N. peroneus, ischiadicus und suralis kürzen.

nen die proximalen Anteile durchaus erhalten bleiben, falls ihre Durchblutung gewährleistet ist. Dagegen halten wir es für überflüssig, mit den Gastrocnemii das Stumpfende zu polstern und die heruntergeschlagene Patella dazwischen zu nehmen (Abb. 8.132 d).

#### RISIKEN UND GEFAHREN

Nach den geltenden Regeln wäre das Lig. patellae mit den Kreuzbändern und die Beugeschnen mit der hinteren Kapsel zu vernähen, um das Muskelgleichgewicht zwischen den Antagonisten wiederherzustellen, so wie es am Oberschenkel üblich ist. Bei der Knieexartikulation birgt dies nun aber einige Gefahren:

- Die heruntergeschlagene Patella kommt in die Belastungszone zu liegen. Die Kniescheibe ist aber überhaupt nicht endbelastbar. Entsprechend verringert sich die belastbare Fläche der Femurkondylen. Zudem verlängert sie den Stumpf (Abb. 8.133).
- Die Nähte durch die bradytrophen Gewebe der Sehnen und Kapseln können Fadengranulome verursachen. Als Fremdkörper erhöhen sie das Infektrisiko.

- Wir ziehen es vor, die Patella in ihrer angestammten Lage zu behalten und damit auch ihre Funktion als femoropatellares Gleitlager. Am schonendsten erreichen wir dieses Ziel, wenn wir das Lig. patellae entlang des unteren Pols der Kniescheibe entfernen. Die Retinakula

beidseits der Kniescheibe sorgen dafür, dass sie sich nicht mehr als 1 – 2 cm nach proximal hin verlagert. Die an ihrem angestammten Ort belassene Kniescheibe ist absolut kein Hindernis für die Prothesenversorgung. Im Gegenteil erfüllt sie eine wichtige Funktion. Ihr Profil erleichtert die rotationsstabile Einbettung des Stumpfes. Außerdem schätzen es die Patienten, ihre Kniescheibe aktiv auf- und abbewegen zu können, sofern der Prothesenschaft dafür Platz bietet.

#### TIPPS UND TRICKS

Es ist auch nicht notwendig, die Patella mit dem Femur zu arthrodesieren. Wir haben Pseudarthrosen und gelockerte druckempfindliche Schraubköpfe erlebt. Auch die vorübergehende Fixierung der Patella mit Spickdrähten haben wir längst aufgegeben.

- So wenig wie die Entfernung der Patella halten wir eine Synovektomie für notwendig. Das femoropatellare Gleitlager mit dem Recessus suprapatellaris ist ja weiterhin auf Synovialflüssigkeit angewiesen. Anders bei einer rheumatischen Synovialitis. Hier ist es angezeigt, die überschießenden und entzündlich gereizten Gewebe zu entfernen. Eine anfänglich überschießende Sekretion von Synovialflüssigkeit hört im Normalfall bald von selbst auf, wenn nichtnekrotische Gewebeteile und Fremdkörper zurückgelassen wurden. Kommt es zu einer Gelenkfistel, dürften ihre Ursachen eher in solchen Nekrosen oder aber in einem Wundinfekt zu suchen sein. Das Wunddébridement erstreckt sich dann auch auf die Synovialis.
- Die Reduktion an Länge kommt vor der Verschmächtigung. Die Knieexartikulation wird zur transkondylären Amputation. Auch dieser Stumpf ist endbelastbar bis zum Übergang in die Diaphyse. Besondere Aufmerksamkeit ist der Schnittfläche zu schenken. Sie liegt exakt in der Transversalebene, also quer zur Längsachse des Beines und nicht des Femurschaftes. Der steht zur Ebene der Kondylen in einem Winkel von etwa 95°.
- Entgegen unserer früheren Schemata legen wir sie nicht mehr quer, exakt in der Transversalebene, sondern wiegenförmig, wie ein Stempel. Diese Form verteilt die auf das Stumpfende wirkenden Kräfte „physiologischer“.
- Je mehr von den Kondylen abgesetzt wird, umso schärfer stehen die Knochenkanten seitlich und vor allem hinten vor. Sie sind sparsam zu brechen, lieber wieder mit der oszillierenden Säge als mit der traumatisierenden Feile (s. Abb. 8.135).
- Osteophyten bei Gonarthrose werden mit der oszillierenden Säge entfernt und die Kanten gleich damit abgerundet.
- Ein Kürzen des Femurs ist dann gegeben, wenn nur so der Stumpf mit Vollhaut gedeckt werden kann, angenommen bei Kindern.



Abb. 8.133 Beim Vernähen von Lig. patellae mit den Kreuzbändern wird die Kniescheibe nach unten geschlagen. Sie ist nicht endbelastbar, verkleinert die belastbare Fläche der Kondylen und verlängert außerdem den Stumpf.

- Der Knorpel bildet den natürlichen Abschluss des Knochens. Er wirkt als Polster und vor allem als natürliche Barriere gegen Infekte. Wird er entfernt, vergrößern sich die Wundfläche und Blutverlust (s. Kap. 4.3.6, S. 112). Wir lassen den Knorpel lieber stehen, es sei denn, der Knochen müsse zugerichtet werden, um einem spannungsfreien Hautverschluss zu ermöglichen.

#### Wundverschluss

- Eröffnen der Blutleere, Blutstillung, ausgiebiges Spülen.
- Zuverlässige Drainage, am besten mit doppelten dicken Redon-Drains für 24–48 Stunden.
- Zurichten der Hautlappen für einen spannungsfreien Verschluss in einer Linie (keine Dreiecke!), mit tiefen Rückstichnähten etwa alle 2 cm. Dazwischen Steri-strips oder oberflächliche Hautnähte.

#### Verbandtechnik

- Patella und Femurkondylen (der laterale vor allem) sind die „Achillesfersen“ des Stumpfes und dürfen daher auf keinen Fall zu stramm und ohne wirksame Entlastung gewickelt werden (Abb. 8.134). Zu empfehlen sind weiche elastische Zweizugbinden, wie sie für die Behandlung von Krampfadern verwendet werden oder die speziellen Seton-Stumpfbinden. Jeder Kompressionsverband ist mindestens einmal täglich zu erneuern, beim Schmerzen und Fieber jederzeit. Die gleichen Vorsichtsmaßnahmen gelten natürlich auch für feste Verbände.
- Es ist das kleinere Übel, auf jedes Wickeln und Gipsen zu verzichten, wenn die Voraussetzungen dazu nicht vorhanden sind. Nur wird man verlangen dürfen, die Kondylen durch ein Kissen unter dem Oberschenkel anzuheben.

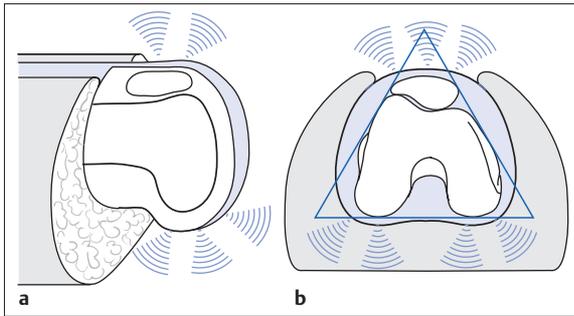


Abb. 8.134 a u. b Lagerung: Entlasten der druckempfindlichen Stellen durch gezielt gepolsterten elastischen oder festen Verband: Patella, Femurkondylen (vor allem den lateralen Kondylus). Der Querschnitt ist dreieckig (s. a. Abb. 8.141 a).



Abb. 8.135 Transkondyläre Amputation. Röntgenaufnahmen a. – p. und seitlich. Schnitt leicht wiegenförmig, Ebene quer zur Beinachse, Kanten gebrochen (s. a. Abb. 8.129).



Abb. 8.136 a – c Transdiaphysäre Verkürzungsosteotomie des Femurs. 32-jährige Patientin, Motorradunfall. Offene Femurtrümmerfraktur. Osteosynthese mit Marknagel und Fixateur externe.

- a Mittleres Fragment nekrotisch und sklerosiert.  
 b Resektion des Fragmentes. Diaphysäre Verkürzungsosteotomie, erst Osteosynthese mit Fixateur externe, dann mit Platte. Materialentfernung 2 Jahre später.  
 c Voll endbelastbarer, um 10 cm verkürzter Exartikulationsstumpf (Baumgartner 1979, Klinik Balgrist, Zürich).

### 8.5.2.2 Verkürzungsosteotomien des Femurs

#### Indikationen

- **Femurtrümmerfraktur.** Eine Trümmerfraktur des Femurschaftes ist noch lange kein Grund für die Amputation im Oberschenkel, wenn das distale Femur verschont geblieben ist. Selbst bei massiver Verkürzung behält der Exartikulationsstumpf seine großen Vorteile. Nebenbei ermöglicht das Ergebnis eine Prothesenversorgung ohne störende Überlänge.
- **Mangel an Vollhaut.** Nach Ausrissverletzungen mit Verlust der Weichteile um die Kondylen ist es möglich, durch Kürzen des Knochens und Mobilisation der Weichteile den Stumpf mit Vollhaut zu schließen (Baumgartner 1994).

#### Kontraindikation

Eine Verkürzungsosteotomie an der Femurdiaphyse aus dem einzigen Grunde, Platz zu schaffen für ein bestimmtes Passteil für Oberschenkelprothesen, schießt über das Ziel hinaus. Die Schwere des Eingriffes und der Aufwand an Zeit bis zur Belastbarkeit stehen in keinem Verhältnis

zum Ziel einer optimalen Prothesenversorgung, das auch ohne diese Operation erreicht werden kann.

#### Operative Verfahren

Der Oberschenkelknochen lässt sich verkürzen, indem entweder aus der Diaphyse oder aus den Kondylen ein Stück Knochen entnommen wird.

**Transdiaphysäre Verkürzung** (Abb. 8.136 a – c). Nach der Resektion eines nekrotisch gewordenen Fragmentes werden die angefrischten Knochenstümpfe aufeinander gestellt und gehalten, erst durch externe Fixation, dann mit Plattenosteosynthese (Baumgartner 1979). Unabhängig davon empfehlen Wendt und Zimmerman (1994) dasselbe Vorgehen am Übergang vom unteren in das mittlere Drittel zum Decken des Stumpfendes mit Vollhaut.

Transdiaphysär lässt sich das Femur um 8–10 cm verkürzen. Diese massive Verkürzung hat einen Überschuss an Weichteilen zur Folge, der die Prothesenversorgung erheblich erschwert. Die Weichteile weichen in die Breite aus und machen die für die Verankerung des Schaftes unerlässliche Birnenform zunichte. Es gehört zur Pflicht des Operateurs, die überschießenden Weichteile zu kürzen und am Femur zu reinsrieren. Erst mit der Zeit atrophiert die „überlang“ gewordenen Muskulatur, unterstützt durch äußere Kompression im anpassbaren Weichwandtschaft, und die Birnenform kommt wieder zum Vorschein.

**Transkondyläre Verkürzung** (Abb. 8.137 a–e). Falls eine Verkürzung um 3–5 cm ausreicht, ist die Osteotomie am Übergang der Kondylen in die Diaphyse die weit schonendere Methode. Die Osteotomiefläche ist größer und geht distal durch spongiösen Knochen. Der knöcherne Durchbau erfolgt schneller als transdiaphysär und die Gefahr von Pseudarthrose und Infekt ist geringer. Die Muskulatur des Oberschenkels bleibt fast in voller Länge erhalten. Der Fixateur externe für 4 Wochen hält die Osteotomieflächen ständig unter Kompression. Für die Entfernung braucht es keinen neuen Eingriff (Baumgartner 1994, Greitemann, Baumgartner u. Schüling 1994).

### 8.5.2.3 Extirpation des Femurs mit Umkipplastik des Unterschenkels nach Sauerbruch, modifiziert nach Ochsner/Baumgartner

Nach multiplen misslungenen Versuchen, bei einer chronisch-rezidivierenden Osteomyelitis oder bei Femurtumoren das Femur zu erhalten, stellt sich die Frage einer Amputation im Oberschenkel im proximalen Drittel. Das Ergebnis wäre ein kurzer Stumpf mit kurzem Hebelarm und Beugekontraktur mit ungünstigen Voraussetzungen für Prothesenversorgung und Rehabilitation.

1922 beschrieb Sauerbruch an 2 Fällen seine Alternative der Umkipplastik des Unterschenkels als Femurersatz. Der erste betraf ein 13-jähriges Mädchen mit Zerstörung des Femurs in den distalen beiden Dritteln nach einer offenen infizierten Trümmerfraktur im Alter von 7 Jahren. Sauerbruch resezierte die beiden Drittel und ersetzte sie durch die um 180° umgekippte Tibia. Der zweite Patient war an einem „chondro- oder osteoblastischen Sarkom“ im proximalen Femurdrittel erkrankt. Hier ersetzte er den ganzen Femur und stellte die Tibia in das Hüftgelenk ein.

Nach der zirkulären Amputation des Fußes kippte Sauerbruch den Unterschenkel um 180° in der Sagittalebene

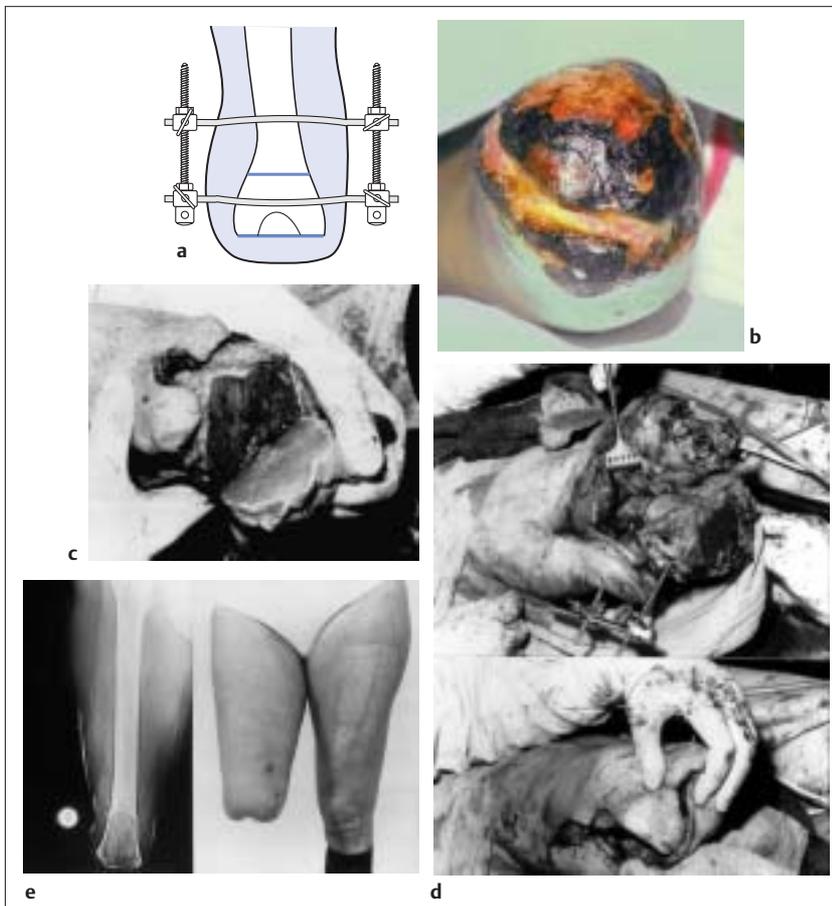


Abb. 8.137 a–e Transkondyläre Verkürzungsosteotomie.

- a Schema.
- b Posttraumatische Weichteilnekrose, darunter inakte Femurkondylen.
- c Osteotomie und Patellektomie nach Débridement der Weichteile.
- d Oben: Osteosynthese mit Fixateur externe, unten: Hautverschluss.
- e Ergebnis 1 Jahr später. (Baumgartner, Technische Orthopädie Münster, 1993).

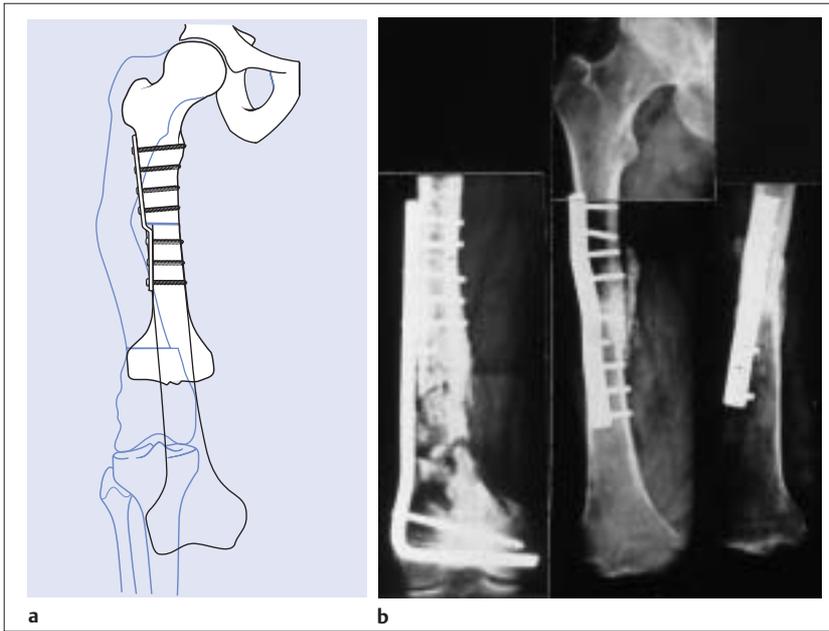


Abb. 8.138 a u. b Umkipplastik nach Sauerbruch, modifiziert nach Ochsner/Baumgartner.

**a** Röntgenpause von Fall 2 (Ochsner): die um 180° in der Frontalebene gekippte Tibia wird mit einer Plattenosteosynthese an das Femur „angedockt“. Dahinter die präoperativen Umriss mit der Achsenfehlstellung des Femur und der Beinverkürzung. Die Verkürzung im Oberschenkel beträgt etwa 10 cm (vgl. Abb. 8.139 a).

**b** Fall 1: links: infizierte Femurpseudarthrose 8 Jahre nach offener Trümmerfraktur und 12 Operationen. Rechts: postoperative Aufnahmen.

um. Die Idee der Marknagelung nahm er vorweg, indem er die Fibula in einen intramedullären Bolzen umwandelte und die Markhöhlen von Femur und Tibia darüber auffälte.

Das Ziel war erreicht: Anstelle einer hohen Oberschenkelamputation kamen die Patienten zu einem langen, voll endbelastbaren Stumpf mit gleichen biomechanischen Eigenschaften wie ein Knieexartikulationsstumpf.

Begeistert von den Vorteilen der Knieexartikulation (s. Tab. 8.3, S. 341) hatten Ochsner und Baumgartner 1992 bei einem Fall von posttraumatischer Femurosteomyelitis die Idee von Sauerbruch wieder aufgenommen. Ochsner stellte nun die Tibia nicht in der Sagittal-, sondern in der Frontalebene auf den Kopf und vereinigte Tibia und Femur mit einer Plattenosteosynthese (Abb. 8.138 a u. b).

2001 kam ein zweiter Fall von chronisch-rezidivierender Osteomyelitis mit pathologischen Frakturen und multiplen Rettungsversuchen hinzu, ausgegangen von einer hämatogenen Osteomyelitis Typ Garré vor 20 Jahren (Abb. 8.138 a und 8.139 a).

Das **Umkippen in der Frontalebene** hat einige Vorteile:

- ▶ Die Poplitealgefäße beschreiben eine lockere Schlinge, während sie in der Sagittalebene Gefahr laufen, unter Spannung zu geraten beim Lappenverschluss und unter Druck beim Belasten des Stumpfendes.
- ▶ Die meist lateral gelegenen Narben und Verwachsungen lassen sich breit exzidieren und schaffen einen leichten Zugang zum Femur (Abb. 8.139 b).
- ▶ Die ventralen, meist nicht betroffenen Gewebe mit den wichtigen Gefäßen bleiben verschont.

### Operatives Vorgehen

- ▶ Nachdem das zu ersetzende Stück des Femurs entfernt wurde, ist das „Nest“ für die Tibia zu einem guten Teil schon vorbereitet. Der Schnitt wird seitlich verlängert bis auf die geplante Höhe der Absetzung des Fußes.
- ▶ Vorher wird die exakte erforderliche Länge des Unterschenkelteils in situ geprüft (Abb. 8.139 c u. d).
- ▶ Die Fibula wird in toto ausgeschält, freigelegt und entfernt, um dann in der Knochenmühle als Spongiosaersatz zubereitet zu werden.
- ▶ Der Oberschenkel wird im Vergleich zur Gegenseite verkürzt. Das umgekehrte Tibiaplateau kommt 8–10 cm höher als die Femurkondylen zu stehen, zur Freude des Orthopädietechnikers, der hier genug Platz hat für ein Kniepassteil für Oberschenkelstümpfe.
- ▶ Tibia und Femur werden mit einer gekröpften Platte miteinander verbunden, ausgerichtet auf die medialen Ränder der beiden Knochen (Abb. 8.138 b und 8.139 e).
- ▶ Knochenbrei aus der zermalmten Fibula wird um die Osteosynthese eingelegt.
- ▶ Zurichten des langen seitlich gelegenen Haut-Muskel-Lappens. M. soleus und Extensoren sind zu entfernen. Spannungsfreier Hautverschluss (Abb. 8.139 f u. g).

Die Ergebnisse hätten besser nicht sein können. Die Osteomyelitis war beseitigt, der kräftige Stumpf mit seinem langen Hebelarm voll endbelastbar. Mit einer Knieexartikulationsprothese versorgt, konnten beide jungen Männer ihre weitere soziale und berufliche Laufbahn gestalten, ohne immer wieder Infektrezidive, Spontanfrakturen, weitere Operationen und lange Klinikaufenthalte befürchten zu müssen (Kalwa 2005) (Abb. 8.139 h).



Abb. 8.139 a–h Fall 2: chronisch-rezidivierende Osteomyelitis mit pathologischen Frakturen nach einer hämatogenen Osteomyelitis Typ Garré.

- a** Präoperatives Röntgenbild (vgl. Abb. 8.138 a).
- b** Markieren der bestehenden Narben, dann Exzision bis auf den Knochen und Resektion des betroffenen Femurs.
- c** Präparat.
- d** Nachdem der Fuß „à la guillotine“ abgesetzt worden ist, wird der in der Frontalebene umgekippte Unterschenkelteil seitlich an den Oberschenkel gelegt, um die benötigte Länge der Tibia zu bestimmen.
- e** Osteosynthese mit gekröpfter Platte und Schrauben. Medial stehen die Ränder von Tibia und Fibula übereinander. Um die Osteosynthese Knochenbrei aus der Fibula.
- f u. g** Ansicht von lateral: zugerichteter Weichteillappen, postoperativ (f) und 2 Jahre später (g) (Prof. Dr. med. P. Ochsner, Kantonsspital Liestal).
- h** Prothesenversorgung mit Liner nach Maß und C-Leg (OTM Fleischer, Fa. Sumser, Bad Rothenfelde)

#### 8.5.2.4 Transkondyläre Amputation bei Femurosteomyelitis nach Knie totalendoprothese – Gastrocnemiusplastik nach Baumgartner

Nach Jahren missglückter Eingriffe, eine chronische Osteomyelitis verbunden mit der Lockerung einer Knie totalendoprothese zu beherrschen, stellt sich unweigerlich die

Frage, ob eine Beinamputation nicht die bessere und definitive Lösung wäre. Den Ausschlag gibt meist ein akutes Rezidiv der Osteomyelitis mit lebensbedrohender Sepsis (s. Abb. 8.125, S. 343).

Die Überlegungen sind die gleichen wie bei der Umkipplastik (s. o.). Eine Amputation hoch im Oberschenkel wäre für die älteren und geschwächten Patienten ein schwerer Eingriff und bedeutete das Ende der Gehfähigkeit.

Gelingt es dagegen, die Osteomyelitis zur Abheilung zu bringen und dabei das Femur in seiner ganzen Länge zu erhalten, ist das Ergebnis ein transkondylärer und damit voll endbelastbarer Stumpf mit weit besseren Rehabilitationsaussichten.

Prinzip:

- Débridement der Markhöhle und der angrenzenden Kortikalis,
- Auffüllen des Defektes mit gestielten Muskellappen (s. a. Kap. 8.6.2.6, S. 368).

An einem Femurstumpf reicht ein halber Knochen aus, um die mechanischen Kräfte auf den Schaftboden der Prothese und umgekehrt zu übertragen.

Statt Knochenzement und Zementspacer mühsam der Markhöhle „par morcellement“ abzurufen, wird das vordere Drittel des Femurs als Deckel abgehoben. Von diesem Zugang her lassen sich Fremdkörper und Sequester übersichtlich, rasch und atraumatisch entfernen.

Wie bei der Unterschenkelamputation nach Burgess wird ein langer Hinterlappen gebildet, welcher den Umrissen des M. triceps surae entspricht (s. Kap. 8.3.2.2, S. 302). Nach vorne geschlagen, bedeckt er das Stumpfenende und füllt obenrein die Rinne im Femur aus.

## Operatives Vorgehen

### Vorbereitungen

- Planungsskizze: proximales Ende der Prothese messen und damit die Länge des Deckels bestimmen.
- Rückenlage, Gesäß erhöht, keine Blutsperre.
- Schnittführung markieren. Bestehene Narben miteinbeziehen. Vorderlappen quer über dem Femurende, dann Umschwenken um 90° zum Hinterlappen. Der lange Lappen entlang der Grenze des M. triceps surae benötigt eine genügend breite Basis.
- Fistel: Abstrich zur bakteriologischen Untersuchung, dann Anfärben mit Blau. Alle angefärbten Gewebe sind radikal zu entfernen.

### Zugang

- Inzision von Haut und Subkutis, beginnend mit dem Vorderlappen quer am oberen Rand der Patella, dann der Hinterlappen. V. saphena magna versorgen.
- Quadrizepssehne durchtrennen, Patella zurückschlagen. Eingehen auf die Prothese. Gelenk breit eröffnen. Abstrich, absaugen, spülen.

### OP-Schritte

- Wenn möglich, Prothese vom Oberschenkelteil abkoppeln. Wenn nicht möglich, Vorderseite des Femurs frei präparieren.
- So weit der Prothesenstiel hinaufreicht, Eröffnen der Markhöhle mit einem vorderen „Drittelrohrdeckel“.

Die Umrisse des Deckels werden mit dem Meißel markiert, die proximale Umschlagsstelle mit zwei 4–5 mm dicken Bohrlöchern. Die Schnittfläche verläuft nicht senkrecht zur Kortikalis, sondern etwas tangential in Richtung Frontalebene. Mit der oszillierenden Säge wird nun der Deckel gebildet und abgehoben. Er wird nicht wieder verwendet.

- Luxation der Knieprothese nach vorne aus dem Femur. Unterschenkel um 90° flektieren.
- Präparation und Versorgen der Poplitealgefäße unterhalb der Äste zu den Mm. gastrocnemii.
- Provisorisch Nn. tibialis und peroneus durchtrennen und mit Klemmen markieren.
- Hinterlappen in 90–120° Flexion in der Längsrichtung unter Spannung setzen. In dieser Stellung trennt das lange Amputationsmesser in Sekundenschnelle den langen Hinterlappen und vervollständigt damit die Amputation. Folgt der Weg des Messers genau der bereits gemachten Hautinzision, entfallen zeitraubende anatomische Überlegungen (s. a. Abb. 8.76g, S. 304).
- Blutstillung, Vitalität des Hinterlappens prüfen, N. suralis identifizieren und kürzen.
- Wenn nicht schon geschehen: Eröffnen des Femurs von vorne, wie oben bereits beschrieben.
- Präparation der Femurrinne: Entfernen aller Fremdkörper und Sequester, auch in alten Bohrlöchern und Fisteln mit dem scharfen Löffel und mit Kugelfräsen. Auch der noch intakte Teil der Markhöhle ist auszufräsen.
- Eventuell erneut Abstrich. Ausgiebig spülen (Jet-Lavage).
- Knochenkanten mit zylindrischer oder konischer Fräse glätten. Wieder spülen.
- Den langen Hinterlappen nach vorne schlagen und voraussichtliche Länge prüfen. Überlegungen zum Hautlappen anstellen: Weitere Narben exzidieren? Wie weit hinauf wird er reichen?
- Präparation von N. tibialis und peroneus und definitiv kürzen proximal der Femurkondylen.
- Den medialen M. gastrocnemius schonend freilegen bis an den Gefäßstiel und probeweise einlegen. Der Muskellappen füllt die Rinne aus und quillt ein wenig heraus. Es dürfen keine Hohlräume zurückbleiben.
- In die Rinne bis in die Markhöhle hinauf wird eine Septopal-Kette mit 30 Perlen eingelegt (Abb. 8.140a).
- Darüber kommt der Muskellappen zu liegen (Abb. 8.140b). Es ist nicht unbedingt nötig, ihn mit Nähten zu fixieren. Es genügt, wenn er bis zum Hautverschluss ohne Unterbrechung in seiner endgültigen Lage gehalten wird (Abb. 8.140c).
- Ist der hintere Lappen zu kurz, um die Markhöhle auszufüllen, ist ein gestielter Muskellappen aus dem M. vastus lateralis indiziert (s. S. 369).
- Spülen, Blutstillung, offene oder zuverlässige Saugdrainage.

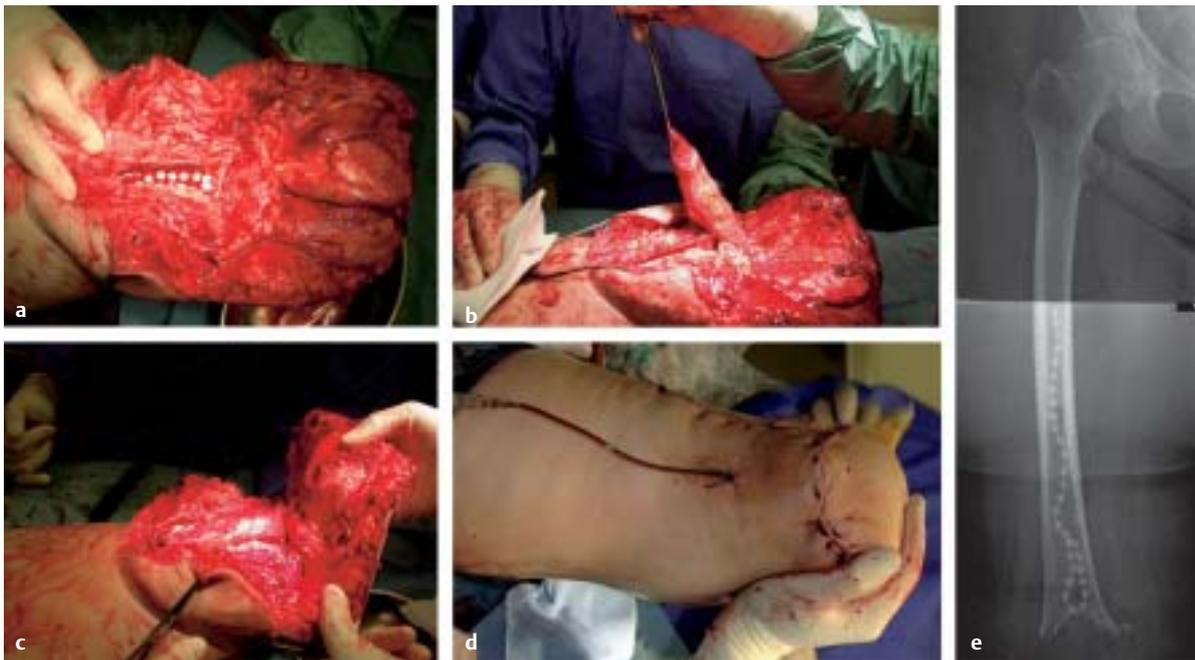


Abb. 8.140 a–e Gastrocnemiusplastik bei Osteomyelitis nach Knie totalprothese (Baumgartner).

**a** In die ausgefräste Rinne wird zuerst eine Septopal-Kette eingelegt.

**b** Ausfüllen der Rinne mit dem gefäßgestielten Gastrocnemius medialis.

**c** Das Stumpfende bedeckt der lange hintere Weichteillappen.

**d** Hautverschluss.

**e** Röntgenbild a.–p. (mit Dr. A. Staubli, Kantonsspital Luzern, 2006).

## Wundverschluss

- Hautlappen zurichten, bei gestreckter Hüfte spannungsfrei verschließen (Abb. 8.140 d). Röntgenkontrolle (Abb. 8.140 e).

## Postoperative Behandlung

- Diagonaler Kompressionsverband.
- Stumpf leicht erhöht lagern. Keine Gefahr einer Beugekontraktur der Hüfte.
- Der Muskellappen polstert das Stumpfende aus. Eine teilweise axiale Belastbarkeit ist trotz der geringen Knochenfläche bei der Schaftgestaltung voll auszureizen.

## 8.5.3 Prothesenversorgung

### 8.5.3.1 Technik nach Botta

Die Merkmale eines Stumpfes nach Knieexartikulation sind ein langer, sehr stabiler, kräftiger Hebelarm mit einer totalen Endbelastbarkeit und eine vollständig intakte Oberschenkelmuskulatur. Die Birnenform des Knieexstumpfes ist das Herzstück dieser Amputation. Die Anatomie des Stumpfendes bietet eine großflächige, schmerzfreie Endbelastbarkeit. Dazu ermöglicht sie eine einwandfreie Verbindung mit der Prothese (s. Abb. 8.141, S. 357).

Mit geeigneter Schaft- und Aufbautechnik und mit speziellen Kniegelenken lässt sich für jeden Patienten eine funktionelle, leistungsfähige Prothese herstellen. Für den älteren Menschen bietet die Prothese Sicherheit und ein leichtes An- und Ausziehen.

Die vielen Vorteile sind schon in Kap. 8.5.1, S. 339 ausführlich vorgestellt worden. Hier nochmals die wichtigsten:

- Verbesserte Propriozeption: Rückschlüsse auf die Beschaffenheit des Bodens lassen sich weit besser ziehen als mit einem Oberschenkelstumpf.
- Geringere Inaktivitätsosteoporose dank voller axialer Belastung. Ganz zu vermeiden ist sie nicht. Dem Femur fehlen die Kräfteinwirkungen von der Seite her.
- Die distale Wachstumsfuge bleibt erhalten.
- Die axiale Belastung stimuliert das Wachstum. Oberschenkelstümpfe bei Kindern wachsen dagegen kaum noch weiter, spitzen sich zu und sind überhaupt nicht endbelastbar.
- Ungestörte arterielle, venöse und lymphatische Zirkulation. Im Gegenteil: Der Rückfluss wird durch den nach proximal hin abnehmenden Druck des Schaftes von außen her in gleicher Weise unterstützt wie beim Krampfadernstumpf.
- Die Kniescheibe bringt nur dann Vorteile, wenn sie an ihrem natürlichen Ort belassen wird, als würde das Knie gestreckt gehalten. Sie bringt Nachteile, wenn sie in der Belastungszone fixiert wird (s. Abb. 8.133,

S. 349). Der Verzicht auf eine Fixation der Patella in irgendwelcher Form (auch durch eine knöcherne Fusion mit dem Femur) hat lediglich eine bescheidene Retraktion des Kniescheibe um 1 – 1½ cm zur Folge. **Orthopädietechnisch gesehen besteht keine Notwendigkeit, die Patella zu entfernen.** Im Gegenteil leistet sie einen wichtigen Beitrag zur dreieckigen Konfiguration des Stumpfes und damit zu seiner Rotationsstabilität (Abb. 8.141 a u. 8.134 b, S. 350). Der Einzige Grund zur Entfernung ist ein Mangel an Weichteilen für einen spannungsfreien Hautverschluss.

### Gipstechnik

Bei der Gipsabnahme müssen die spezifischen Trümpfe eines Knieexartikulationsstumpfes voll zur Geltung kommen. **Dies ist paradoxerweise nur möglich, wenn der Stumpf nicht belastet wird.** Den Stumpf im Stehen und unter Belastung auf ein Kissen oder auf die Hand des Technikers abzugipsen, hat gewichtige Nachteile:

- Die Muskulatur des Patienten und besonders seines Stumpfes ist mehr oder weniger verspannt.
- Die Achsenstellung des Stumpfes entspricht derjenigen im Einbeinstand, nicht im Zweibeinstand. Beim Belasten des Stumpfes prägen wir diese falsche Stellung in das Gipsnegativ hinein.

Nur im Liegen ist es möglich, eine genaue Abformung des tragenden Stumpfendes, den beiden asymmetrischen Femurkondylen und der Furche zwischen beiden Kondylen zu erzielen. Jedes Drücken, Belasten oder Manipulieren zerstört sein subtiles, tragfähiges Relief.

Die Muskelmasse lässt sich gezielt ihrer neuen Bestimmung zuführen, nämlich den Prothesenschaft exakt zu führen, ohne jedes Weggleiten zur Seite.

Nur im Liegen ist der Patient völlig entspannt und kann seinen Kopf bequem auf einem Kissen abstützen. Er hält seinen Stumpf um etwa 30° angewinkelt. Und wir haben die volle Sicht auf das einmalige Relief der Femurkondylen und die so unterschiedlichen Muskelgruppen des Oberschenkels.

### Gipsnegativ

- Wir bereiten einen formgerechten, distal birnenförmigen Schlauchstrumpf aus Tubigrip vor, um das Stumpfende exakt umschließen zu können (Abb. 8.141 b).
- Proximal schneiden wir den Schlauch nach dem Vorbild einer Strumpfhose zu, um auf keinen Fall den oberen Rand des Stumpfes einzuengen oder gar einzuschnüren. Der Patient liegt auf dem oberen Rand des Stumpfes und hält ihn unter Spannung (Abb. 8.141 c).
- Zuerst wird das Stumpfende abgipst. Das knöcherne Relief bringt es mit sich, dass zwischen und oberhalb der Kondylen sowie an den Rändern der Kniescheibe Dellen vorhanden sind. Diese sind mit Gipslonguetten aufzufüllen, bevor der Stumpf mit Gipsbinden umwickelt wird (Abb. 8.141 d u. e). Besonders wichtig ist das Modellieren des oberen Randes der beiden Kondylen. Das findet einzig und allein am oberen Rand statt, und nicht darüber oder irgendwo weiter oben am Femur. Diese Form ist entscheidend für eine komfortable und zuverlässige Aufhängung der Prothese, ohne Pumpbewegung und ohne Fenster, Klappen oder Gurten.
- Ist das Stumpfende einmal abgipst, besteht die nächste Aufgabe darin, einen Behälter zu formen, der



Abb. 8.141 a–r Prothesentechnik nach Botta.

- a Kondylen und Patella bilden ein Dreieck.
- b Vorbereitung: zugenähter Schlauchstrumpf aus elastischem Tubigrip und Gipslonguetten.
- c Der Strumpf wird unter Spannung gehalten.
- d Rinnen mit den zugeschnittenen Gipsstreifen ausfüllen.
- e Modellieren des Stumpfendes (Pierre Botta 1985).
- f Wir bitten den Patienten, seinen Stumpf zu strecken und fest an das gesunde Bein zu adduzieren.

Fortsetzung ▶

die ganze Muskulatur des Oberschenkels umschließt. Dabei darf sich nicht der geringste Wulst bilden, weder ventral, noch medial, noch dorsal. Wiederum nur im Liegen können wir die natürliche, längsovale Form des Stumpfes mit unseren Gipsbinden abformen. Entscheidend ist, dass wir den kräftigen, vom Sitzbeinhöcker nach distal ziehenden Sehnen und Muskeln sorgfältig und ausreichend Platz geben.

- Ist der Stumpf mit Gipsbinden umwickelt, legen wir die eine Hand dorsal hohl um den Sehnenstrang am Sitzbeinhöcker und die andere Hand um den Trochanter. Nun bitten wir den Patienten, seinen Stumpf vollständig zu strecken und fest an das gesunde Bein zu pressen, und so seine Adduktoren anzuspannen (Abb. 8.141 f).
- In dieser Stellung bleiben die Hände auf dem Gips und modellieren weiter die Adduktoren und das Trochantermassiv. Das Ergebnis ist ein leicht längsovales Gipsnegativ, mit ausgeprägten Formen, die wir nachmodellieren müssen (Abb. 8. 141 g).

### Gipspositiv

Wir müssen den knöchernen Anteilen gezielt Raum geben, so dass in der Stossrichtung kein Schmerz entsteht und trotzdem der Vollkontakt erhalten bleibt! Die Form ist entscheidend, nicht das Material.

Bei den Weichteilen müssen die Kniestrecker und -beuger, Quadrizeps und Flexoren, gemäß ihrer Anatomie entsprechend Raum haben, um sich ausdehnen zu können, wenn sie sich kontrahieren. Wir müssen hier gezielt genug Gips abtragen, damit die ganze Muskulatur präzise umhüllt ist und weder nach distal noch proximal hin geschoben wird.

### Schaft

#### Soft-Socket (Weichwandschaft)

Der Weichwandschaft hat verschiedene Aufgaben zu erfüllen:

- Er wandelt die birnenförmige Form des Stumpfes in eine annähernd zylindrische, konische um.
- Er dient als Kissen.
- Er bildet mit dem Gießharzschaft eine funktionelle Einheit.

Der Soft-Socket dient als Riegel, wenn seine von ventral her gesehene, distale Breite A–B wenige Millimeter mehr aufweist als die Breite C–D, welche 3 cm über dem oberen Rand des medialen Kondylus gemessen wird (Abb. 8.141 h).

Mit dieser Technik erreichen wir eine absolut zuverlässige Verriegelung ohne zusätzliche Fenster, Klappen, Gurten, Knöpfe.

Wurden die Kondylen operativ reduziert, muss der Soft-Socket weniger oder überhaupt nicht kompensiert werden.

Wie lang muss ein Soft-Socket sein?

- Die Breite auf der Höhe der Kondylen bestimmt das Hineinschlüpfen des Stumpfes in den Schaft. Die Länge wird von den Weichteilen bestimmt. Um das Hineinschlüpfen eines schlanken Stumpfes zu ermöglichen, muss zwangsläufig der Umfang des Soft-Sockets mehr kompensiert werden und ist deshalb länger als bei einem voluminösem Stumpf.
- Entspricht der Soft-Socket exakt der Birnenform des Stumpfendes, ist es zwingend erforderlich, ihn zu



Abb. 8.141 a–r Fortsetzung.  
**g** Der Querschnitt ist längsoval wie beim Oberschenkelschaft.  
**h u. i** Der Soft-Socket dient als Riegel, wenn seine von vorne gesehene distale Breite A–B wenige Millimeter mehr aufweist als die Breite C–D, welche 3 cm über dem oberen Rand der Kondylen gemessen wird.  
**j** Wenn der Soft-Socket genau der Birnenform des Stumpfes entspricht, ist es zwingend erforderlich, ihn zu schlitten. Durch die Formgebung sind die Kondylen geschützt, die Überlänge reduziert, der Aufbau der Prothese wird erleichtert.  
**k u. l** Der Sitzbeinhöcker wird nicht umgriffen, die ganze Muskulatur ist im Container untergebracht.

Fortsetzung ►

schlitzen. Wir schlitzen ihn nur vorne auf. Genau verarbeitet, wird er zum angenehmen Kissen und zum zuverlässigen Riegel. Damit wird das Tragen der Prothese entscheidend aufgewertet.

- Wir schleifen den Boden flach, exakt in der Transversalebene, entsprechend der natürlichen Adduktionsstellung des Stumpfes. Durch diese Formgebung sind die Kondylen geschützt, wird die Überlänge reduziert und der Aufbau des Containers auf das Kniegelenk erleichtert (Abb. 8.141 i).

### Schaft oder „Container“

Bei der Versorgung von Knieexartikulationen benötigen wir Container und nicht Schäfte.

„Schaft“ ist für uns mit einigen negativen Merkmalen verbunden:

- Tuberbank, um Gewicht zu übertragen,
- Gegendruck vorne auf das Scarpa-Dreieck,
- katastrophale Wülste, an denen Kraft übertragen wird, ganz besonders am medialen Rand des Schaftes.

### Aufgaben des Containers:

- Der Container muss die subtile Form des Beckens berücksichtigen und trotzdem jeden Kontakt mit ihm vermeiden. Der Sitzbeinhöcker wird weder umgriffen noch als Abstützpunkt missbraucht. Die ganze Muskulatur ist in den Container eingeordnet, weder vorgeht noch gestaucht, sondern entspannt (Abb. 8.141 j)
- So kann sie jetzt dank des hydrostatischen Druckes ihre vornehmste Aufgabe erfüllen: die Prothese in der Schwungphase aktiv fest und harmonisch führen, in der Standphase jedes Weggleiten zur Seite hin verhindern.

### Container-Merkmale:

- Um den Kontakt des Containers beim Sitzen zu verbessern, ist die Hinterwand weitgehend flexibel zu gestalten (Abb. 8.141 m). Dazu verwenden wir das Plattenmaterial Erkoflex, das wir auf der Rückseite des Gipsnegativs tief ziehen. Es ist genügend breit und lang zu wählen, damit sich keine Sitzfläche störend bemerkbar macht. Für einen Reiter haben wir die mediale Seite fle-

xibel gestaltet, um einen möglichst guten Kontakt zwischen Prothese und Sattel herzustellen.

- Der Container spiegelt genau unseren Gipsabdruck wieder. Sein Querschnitt ist leicht längssoval. Die kräftigen vom Tuber nach distal ziehenden Sehnen haben genug Raum.
- Die Muskelmassen arbeiten in ihrer anatomisch vorgegebenen Lage.

### Statischer Aufbau

Für den Aufbau einer Knieexartikulationsprothese gelten dieselben Gesetze wie für die Oberschenkelprothese.

Am Bein bilden die Zentren von Hüft, Knie- und oberem Sprunggelenk eine gerade Linie. Diese Linie ist für den Aufbau in der Frontalebene zwingend. Zu prüfen ist dennoch eine Parallelverschiebung von Knie und Unterschenkelteil nach lateral (s. Abb. 5.21, S. 144). Wenn der Container den ganzen Stumpf harmonisch umgreift, ist es möglich, die physiologische Adduktion des Oberschenkelknochens beim Aufbau der Prothese voll auszunützen.

Dann kann auch unter Belastung die Prothese gar nicht zur Seite ausbrechen. Von Bedeutung ist, dass es keine Druckstellen geben darf, weder am oberen medialen Rand noch an den Kondylen, weder medial noch dorsal noch lateral.

### Pasteile

Siehe S. 150 u. 153.

Im Gegensatz zum Aufbau gelten für die Pasteile **nicht** dieselben Gesetze wie für die Oberschenkelprothese:

- **Die große Kraft eines Knieexstumpfes verlangt nach einer leistungsfähigen Schwunghasensteuerung und nicht nach einer Bremse.**
- Am langen Knieexstumpf darf die mechanische Verbindung nicht mehr als die unbedingt notwendigen 30 mm Bauhöhe aufweisen. Dazu sind Bauhöhe und Breite des Gelenkes auf ein Minimum zu beschränken.
- In Beugstellung muss sich der Körper des Prothesenkniees nach hinten unter den Oberschenkel einordnen. Nur so ist es möglich, eine noch bessere Kosmetik zu erreichen. Mit monozentrischen Gelenken ist dies



Abb. 8.141 a–r Fortsetzung.

Forts. k u. l: Für den Aufbau der Knieexprothesen gelten in der Frontalebene dieselben Gesetze wie für den Aufbau einer Oberschenkelprothese.

m Die Hinterwand des Containers ist weitgehend flexibel.

n, o Der Körper des Prothesenkniees muss sich unter den Oberschenkel einordnen, damit die Überlänge noch mehr von ihren Nachteilen verliert.

p Kosmetische Verkleidung.

Fortsetzung ▶



Abb. 8.141 a–r Fortsetzung.  
**q** Ergebnis.  
**r** Passformprobe mit Lippenstift.

nicht zu schaffen. Nun sind die auf dem Markt erhältlichen polyzentrischen den Beanspruchungen im Mobilitätsgrad 3 und 4 nicht immer gewachsen. Ein weiteres Problem ist die Überlänge. Die Firma Botta & Söhne hat daher seit 1997 eigene Konstruktionen entwickelt (s. S. 153) (Abb. 8.141 o).

**Kosmetik**

Die Kosmetik der Knieexprothese kommt mit den besonderen Vorteilen des Stumpfes zur Geltung:

- ein sehr gutes, harmonisches, sicheres Gangbild.
- Der proximale Rand der Prothese ist dünn und damit der Übergang zum Körper diskret.
- Beim Stehen ist eine harmonische Formgebung möglich.

**MERKE**

Die Überlänge des Oberschenkelteils ist auf das absolut mögliche Minimum zu reduzieren. Ein sachgerechtes Kniegelenk, eine entsprechende Formgebung und die totale Freiheit beim Sitzen relativieren den zu sehr angeprangerten Nachteil einer geringen Überlänge.

Um die Überlänge des Oberschenkelteils beim Sitzen sauber zu meistern, bietet sich dem Techniker die Bauweise mit PE-Schaum an. Die PE-Schaum-Wade ist auf der Vorderfront des Kniegelenkes nur 3 mm dick. So ist es möglich, ein schönes Knie und eine naturgetreue Wade zu formen, mit einer natürlichen, nicht dachrinnenähnlichen Tibiakante. Damit verliert die Überlänge viel von ihren Nachteilen (Abb. 8.141 p u. q).

Es ist uns bewusst, dass die Bauweise hinten und seitlich offen ist. Diese Option entspricht nicht dem Begriff „Kosmetik“. Viele unserer Patienten wünschen trotzdem diese Ausführung und schätzen die markanten Vorteile gegenüber derjenigen mit PUR-Schaumstoff.

Die Passform lässt sich mit der Lippenstiftprobe einwandfrei prüfen (Abb. 8.141 r).

**8.5.3.2 Liner-Techniken**

Auch bei Knieexartikulationen ist eine Linerversorgung möglich, sowohl mit Silikon- als auch mit Gellinern. Bei nur geringer Weichteildeckung ist der PU-Liner eine sinnvolle Lösung.

Um eine Überlänge durch den Pin-/Raster-Mechanismus zu vermeiden, eignen sich hier dann entweder proximale Dichtlippen oder ein Einzug bzw. Arretierung über ein Kordelzugsystem (s. Abb. 8.170 b, S. 385).

Die Inkongruenz der Belastungsfläche des Stumpfes und dem Trichter des Linerbodens verunmöglicht jedoch eine gleichmäßige Kraftübertragung, solange der Liner nicht nach Maß hergestellt wird.

Gottinger baut Knieexprothesen aus einem Karbonrahmenschaft, der hinten geöffnet ist. Im distalen Bereich setzt er ein Ausstoßventil ein. Der Patient rollt über den Stumpf einen Oberschenkel-Alpha-Liner und steigt in den Schaft ein. Danach rollt er eine Standard-Kniekappe aus Silikon oder PU über. Die Prothese hält ohne Kondylenfassung: Kein Druck auf die Kondylen, kein Pumpen der Prothese. Ein Nachteil ist die respektable Überlänge (Abb. 8.142).



Abb. 8.142 Liner-Technik nach Gottinger.