

R. Baumgart · M. Kettler · C. Zeiler · A. Betz · L. Schweiberer · Chirurgische Klinik und Poliklinik, Klinikum Innenstadt, Ludwig-Maximilians-Universität München

# Möglichkeiten der Knochendurchtrennung

## Osteotomie- und Kortikotomietechniken

### Zusammenfassung

Nach Epiphysenschluß lassen sich Korrekturmaßnahmen am Knochen nur nach Kontinuitätsunterbrechung durchführen. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit den verschiedenen Möglichkeiten der Knochendurchtrennung, die dem orthopädisch-chirurgischen Operateur zur Verfügung stehen. Nach einer Begriffserklärung wird auf die Vaskularität des Knochens, lokale Besonderheiten, verschiedene Indikationen und operative Einzelheiten eingegangen. Besondere Berücksichtigung finden die minimal-invasiven Techniken sowie die Knochendurchtrennungen im Rahmen der Kallusdistraction. Neben etablierten Verfahren wird auch eine neue Sägenführung zur geschlossenen Osteotomie nach Küntscher vorgestellt.

### Schlüsselwörter

Osteotomie · Kortikotomie · Kompaktotomie · Osteoklasie · Kallusdistraction · Achsenkorrektur · Längskorrektur · Meißel · Gigli-Säge · Bohrlochosteotomie · Markraumsäge

### Terminologie

Unter dem Begriff Osteotomie, der von Heine und Mayer [31] Anfang des letzten Jahrhunderts geprägt wurde, wird eine vollständige Knochendurchtrennung verstanden, ohne daß auf die Kompromittierung der Versorgungsgefäße näher eingegangen wird. Hiervon abzugrenzen ist die Kortikotomie und die Kompaktotomie, Begriffe, die Ilizarov [14] zugeschrieben werden. Er verstand unter Kortikotomie eine perkutane Durchtrennung der Kortikalis im Diaphysenbereich unter maximal möglicher Schonung sowohl des Endosts, des Periosts als auch der umgebenden Weichteile. Unter Kompaktotomie ist die in gleicher Weise schonende Knochendurchtrennung im Metaphysenbereich zu verstehen. Weitere Möglichkeiten, die knöcherne Kontinuität zu unterbrechen, stellt die Osteoklasie, der kontrollierte Knochenbruch, dar. Die verschiedenen Techniken können auch vorteilhaft miteinander kombiniert werden.

In der älteren Literatur wird einerseits der Begriff Osteotomie übergeordnet für alle Arten der Knochendurchtrennung gebraucht [19, 31], andererseits wird er der Kortikotomie und Kompaktotomie als weniger biologisches Verfahren gegenübergestellt [7, 8, 17, 23]. Der uneinheitlichen Terminologie wird in dieser Arbeit durch folgende Definitionen Rechnung getragen:

- Osteotomie: Vollständige Knochendurchtrennung über den gesamten Querschnitt ohne Unterscheidung zwischen Dia- und Metaphyse. Durchtrennung des Medullarsystems aber Schonung der umgebenden Weichteile und des Periosts entspre-

chend der allgemeinen Operationstechniken.

- Kortikotomie: Durchtrennung der diaphysären Kortikalis unter Anwendung minimal-invasiver Techniken mit Schonung der umgebenden Weichteile, des Periosts und des Medullarsystems.
- Kompaktotomie: Durchtrennung der dünnen metaphysären Kortikalis und der spongiosen Randbereiche unter Anwendung minimal-invasiver Techniken mit Schonung der umgebenden Weichteile, des Periosts und des metaphysären Kernquerschnitts.
- Osteoklasie: Kontrollierter Knochenbruch unter Schonung der umgebenden Weichteile, des Periosts und des Medullarsystems.

### Indikationen zur Knochendurchtrennung

Ein großer Indikationsbereich zur Knochendurchtrennung besteht bei Achsenfehlstellungen und Längendifferenzen in erster Linie an der unteren Extremität, wo die Methode der Kallusdistraction, die in einzigartiger Weise das natürliche Regenerationspotential des körpereigenen Knochens ausnutzt, das Behandlungsspektrum in den letzten Jahren entscheidend bereichert hat [5, 20, 25]. Weitere Indikationen bestehen bei Arthrosen, die durch Umstellungsosteotomien oder Prothesen behandelbar sind. Avitale Knochenareale, z. B. als primäre Unfallfolge, nach unbiologischen Osteosynthesen, klinisch als atro-

---

Dr. R. Baumgart  
Chirurgische Klinik und Poliklinik,  
Klinikum Innenstadt,  
Ludwig-Maximilians-Universität München,  
Nußbaumstraße 20, D-80 336 München

R. Baumgart · M. Kettler · C. Zeiler ·  
A. Betz · L. Schweiberer

## Possibilities for osteotomy. Osteotomy and corticotomy techniques

### Summary

Corrective measures on the bone undertaken after the fusion of epiphyses are only possible through an initial break in its continuity. This paper deals with the different methods of osteotomy available to the orthopaedic or trauma surgeon. After introducing the terminology of the so-called "osteotomy", the vascularity of the bone, special features of the various osteotomy sites, the different indications, and particular details of the operative procedures are discussed. Special emphasis is placed on minimally invasive techniques and osteotomies in the framework of callus distraction. In addition to established procedures a new sawing technique for the Küntscher's closed osteotomy is described.

### Key words

Osteotomy · Corticotomy · Compactotomy · Osteoclasia · Callus distraction · Axis correction · Limb lengthening · Osteotomy · Gigli saw · Drill-hole osteotomy · Medullary saw

## Originalien

phe Pseudarthrosen auffällig, die häufig den Nährboden für chronische Infektionen bilden, müssen ohne Rücksicht auf die entstehenden Defekte bis an die Vitalitätsgrenzen reseziert werden. Für die Rekonstruktion der knöchernen Kontinuität bietet sich neben der Spongiosaplastik die Segmentverschiebung, ebenfalls nach der Kallusdistractionsmethode [4] als effektives Verfahren an. Weiterhin ist bei der Therapie benigner und maligner Knochentumore die En-bloc-Resektion nach wie vor fester Bestandteil der Behandlungsstrategie.

Bei den genannten Indikationen wird die Art der Knochendurchtrennung vor allem durch 3 Kriterien maßgeblich bestimmt:

- lokale Vaskularität,
- operatives Grundkonzept,
- nachfolgende Stabilisierungsverfahren.

### Lokale Vaskularität

Die Kortikalis des langen Röhrenknochens wird von den medullären, den periostalen und den epimetaphysären Gefäßen versorgt. Durch mikroradiographische Untersuchungen in den 70er Jahren [29] konnten bereits grundlegende Erkenntnisse hinsichtlich der Knochendurchblutung gewonnen werden. In erster Linie ist es das medulläre Gefäßsystem, das ca. 70 % des Röhrenknochens versorgt, den Rest übernehmen die periostalen Gefäße [28]. Das medulläre Gefäßsystem weist innerhalb kürzester Zeit ein außerordentliches Regenerationspotential auch, z. B. nach Markraumb Bohrungen um den liegenden Marknagel herum, auf [26, 28] und behält auch bei der Frakturheilung seine überragende Bedeutung für die Kortikalis bei. Das Periost und dessen Verbindung zu den Weichteilen ist dagegen bei der sekundären Knochenbruchheilung in erster Linie für die Durchblutung der initialen Kallusmanschette verantwortlich, ohne daß zunächst Gefäßverbindungen zur Kortikalis des Knochenrohrs zu beobachten sind. Ferner erfolgt über das Periost die venöse Drainage der Kortikalis, was bei einer Thrombosierung in gleicher Weise wie die arterielle Durchblutungsstörung zur Knochennekrose führen kann [29].

Bei der Kallusdistraction kommt es, bedingt durch den kontinuierlichen

Zug, offenbar zu einer zeitlichen Überlagerung der peri- und endostalen Reparaturvorgänge, so daß Gefäßverbindungen auftreten, die bei der sekundären Knochenbruchheilung nur von untergeordneter Bedeutung sind. Kojimoto [18] und Delloye [9] folgerten sogar aus ihren tierexperimentellen Beobachtungen, daß die periostale Versorgungsschiene für die gleichmäßige Regeneratbildung von größter Bedeutung ist. Als Konsequenz aus den Betrachtungen der lokalen Vaskularität für die Wahl des Verfahrens zur Knochendurchtrennung ergibt sich, daß beide Gefäßsysteme ihre reparative Aufgabe, sowohl bei der sekundären Frakturheilung, als auch bei der Kallusdistraction zu erfüllen haben. In diesem Sinne sind auch die Ausführungen Ilizarovs über den synergistischen Einfluß beider Versorgungsschienen, die es möglichst zu schonen gilt, zu verstehen [17].

Zu diesen grundlegenden Betrachtungen addieren sich die lokalen Besonderheiten am Röhrenknochen. Der Femur wird, bedingt durch seinen ausgeprägten Weichteilmantel, von einer Vielzahl muskuloperiostaler Gefäße versorgt. Darüberhinaus treten entlang der Linea aspera über die gesamte Länge 2–3 Aa. nutritiae in den Markraum ein, so daß eine nahezu ideale Versorgungssituation gegeben ist. Die Tibia weist in ihrem mittleren und distalen Drittel nur wenige Muskelansätze auf, entsprechend verhält es sich mit der muskuloperiostalen Versorgung. Auch ist es nur eine einzige A. nutritia, die am Übergang vom proximalen zum mittleren Drittel in den Markraum eindringt.

### Operatives Grundkonzept

Ausgedehnte devaskularisierende Voroperationen, der Wechsel von einer Marknagel- auf eine Plattenosteosynthese und umgekehrt, chronisches Infektgeschehen und auch En-bloc-Resektionen bei Knochentumoren führen zu einer erheblichen Schädigung der knöchernen Gefäßversorgung. Diesen ungünstigen biologischen Voraussetzungen muß durch ein schonendes Verfahren der Knochendurchtrennung Rechnung getragen werden.

Daneben gilt es in gleicher Weise, mechanische Besonderheiten zu beachten. Bei einer Umstellungsosteotomie wird zum Zweck einer Achsenkorrektur

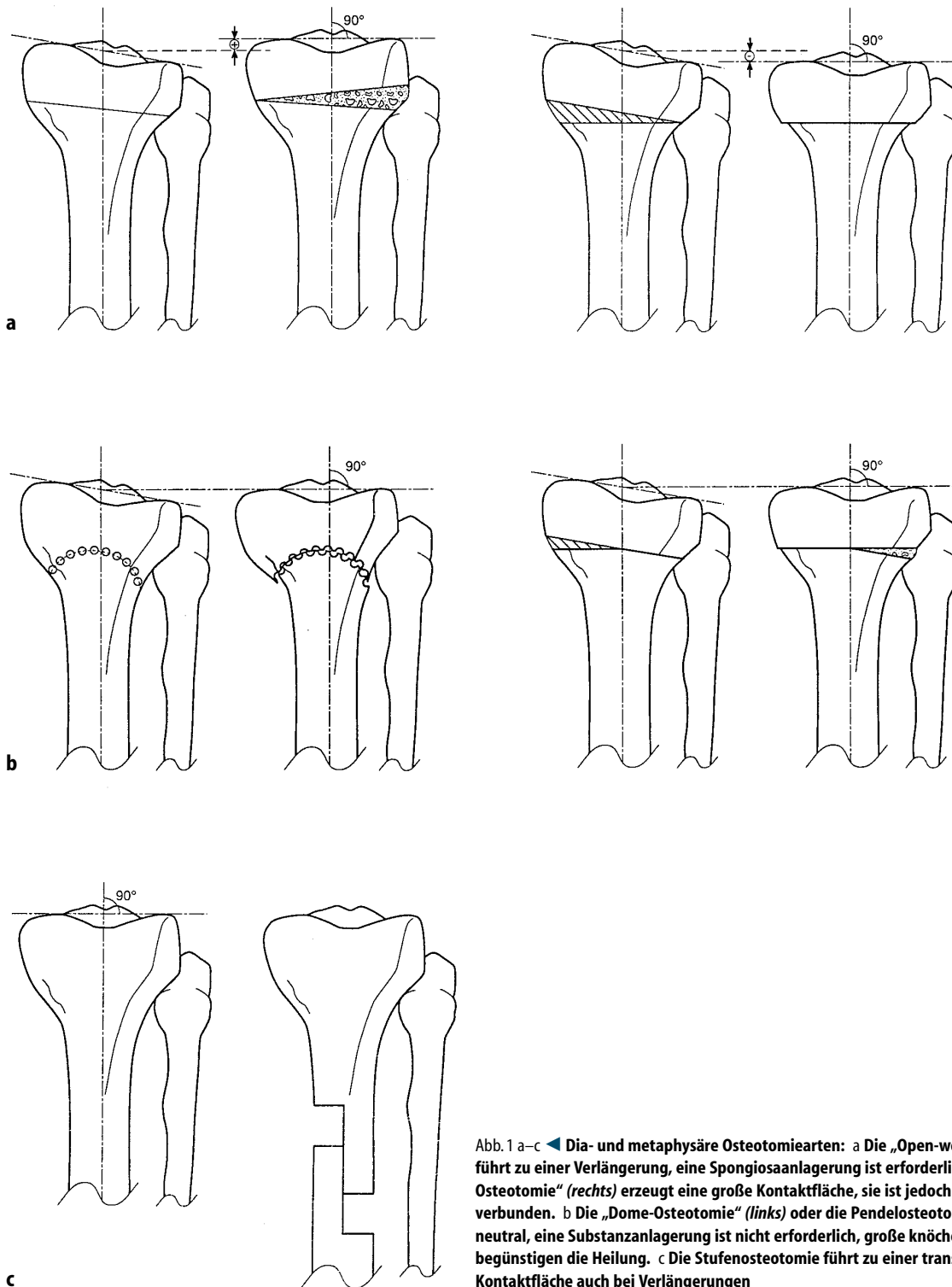


Abb. 1 a-c ◀ **Dia- und metaphysäre Osteotomiearten:** a Die „Open-wedge-Osteotomie“ (links) führt zu einer Verlängerung, eine Spongiosaanlagerung ist erforderlich. Die „Closed-wedge-Osteotomie“ (rechts) erzeugt eine große Kontaktfläche, sie ist jedoch mit einer Verkürzung verbunden. b Die „Dome-Osteotomie“ (links) oder die Pendelosteotomie (rechts) ist längenneutral, eine Substanzanlagerung ist nicht erforderlich, große knöchernen Kontaktflächen begünstigen die Heilung. c Die Stufenosteotomie führt zu einer transversalen knöchernen Kontaktfläche auch bei Verlängerungen

der Knochen zunächst durchtrennt, anschließend werden die Knochenenden unter einem geänderten Winkel wieder fixiert. Man unterscheidet im wesentlichen 4 Osteotomiearten (Abb.1): Die „Open-wedge-Osteotomie“ mit Längenzuwachs, bei der eine Substanzanlagerung erforderlich ist, die längenneu-

tralen „Dome“- oder „Schwenk-Osteotomien“ und die „Closed-wedge-Osteotomie“, die mit einer Verkürzung verbunden ist. Je flächiger (glatt oder verzahnt) die Abstützung des unter Druck gesetzten Knochens ist, desto günstiger sind die Heilungsvoraussetzungen unter adäquater Stabilisierung.

Das operative Grundkonzept basiert auf einer Kräfteutralisierung durch das Implantat unter Einbeziehung der knöchernen Abstützung. Im gut vaskularisierten Metaphysenbereich sind unter diesen Voraussetzungen unabhängig von der Osteotomietechnik wenig Probleme zu erwarten. Setzt man den

durchtrennten Knochen unter Zug, entfernen sich die Knochenenden voneinander und die axiale flächige Abstützung entfällt. Durch eine Stufenosteotomie kann man die flächenhafte Berührung zumindest über einen bestimmten Bereich aufrechterhalten, die Anforderungen an das Implantat sind jedoch völlig anders, da die gesamte Stabilisierung, d. h. die Aufhebung aller 6 Freiheitsgrade nun in einem „ausreichenden“ Maß übernommen werden muß. Arbeiten von Goodship [12], Aronson [1] und Ilizarov [17] belegen einen günstigen Einfluß von axialen Mikrobewegungen, Scherbewegungen sind in jedem Fall zu vermeiden. Operative Konzepte ohne knöchernen Fragmentdruck sind deshalb aus 2 Gründen im besonderen Maße auf eine schonende Knochendurchtrennung angewiesen. Zum einen wird die Spaltheilung durch das Einsetzen der endostalen und der periostalen Reparaturvorgänge (s. oben) begünstigt, zum anderen unterliegen die Reparaturvorgänge wesentlich größeren Störeinflüssen [10, 21], da das Fixationssystem nur in engen Grenzen optimal stabilisiert.

### Nachfolgendes Stabilisierungsverfahren

Die nachfolgende Stabilisierung hat ebenfalls entscheidenden Einfluß auf die Wahl des Verfahrens zur Knochendurchtrennung. Prinzipiell sollte sich für die Kontinuitätsunterbrechung dem Knochen von der gleichen Seite genähert werden, wie es das anschließende Stabilisierungsverfahren erfordert. Ist es z. B. vorgesehen, eine Achsenkorrektur mit einer Platte zu stabilisieren, ist die Knochendurchtrennung von der Seite des Plattenlagers vorteilhaft. Achsen- oder Längskorrekturen stabilisiert mit einem Marknagel erfordern nicht zwangsläufig eine Freilegung der Korrekturregion, sofern keine Spongiosaanlagerung vorgesehen ist. Hier empfiehlt es sich, auch die Knochendurchtrennung über den ohnehin eröffneten Markraum durchzuführen und die periostale Hülle so weit wie möglich unangetastet zu lassen. Die externe Fixation führt zu der geringsten vaskulären Schädigung des Knochens, sie ist jedoch von vielen anderen Nachteilen, vor allem dem permanenten Infektrisiko, dem erheblichem Mißkomfort und der

Narbenbildung begleitet. Bei Verwendung von externen Fixateuren stehen die minimal-invasiven schonenden Techniken zur Knochendurchtrennung, wie die Kortikotomie und die Kompaktotomie im Vordergrund.

Zusammenfassend gilt für die verschiedenen Indikationen, sofern der Ort der Knochendurchtrennung nicht ohnehin wie bei Tumoren, Defekten oder Pseudarthrosen vorgegeben ist, folgendes: Achsenkorrekturen werden entsprechend der Diagnostik und Planung wenn möglich im Zentrum der Fehlstellung vorgenommen. Aufgrund der guten Durchblutungssituation bietet die Metaphyse günstigste Voraussetzungen für eine schnelle Knochenbruchheilung. Knochenverlängerungen nach der Kallusdistraktionsmethode sind sowohl diaphysär als auch metaphysär möglich [20, 30]. Bei der Verwendung monolateraler externer Fixateure kann im Gegensatz zu Ringfixateuren ein mangelhaftes Stabilisierungspotential in dem kurzen, relativ weichen gelenknahen Hauptfragment Probleme bereiten. Eine schonende Diaphysendurchtrennung mit guter Fixationsmöglichkeit im harten kortikalen Knochen ist in der Regel vorzuziehen, weshalb in diesem Bereich auch die Mehrzahl der Längskorrekturen vorgenommen werden. Bei Längsfehlstellungen in Kombination mit Achsenfehlern ist ohnehin wieder das Zentrum der Fehlstellung entscheidend, da ansonsten Translationsverschiebungen auftreten [22].

### Verfahren zur Knochendurchtrennung

Die hier beschriebenen Verfahren beschränken sich auf die Knochendurchtrennungen in der Transversalebene (quer, schräg oder bogenförmig). Zur Verbreiterung des Querschnitts oder zur partiellen Segmentverschiebung sind auch Sonderformen der längsgerichteten Knochendurchtrennung [27] vorteilhaft, für die jedoch hinsichtlich der Vaskularität die gleichen Voraussetzungen gelten.

Die alleinige Osteoklasie erfordert die lokale Induktion hoher Kerbspannungen, um die Bruchlinien vorzugeben. Ilizarov [15] stellte eine Modifikation des Ringfixateurs vor, bei der 3 gebogene, von gegenüberliegenden Seiten

um den Knochen geführte Drähte unter hohe Zugspannung gebracht werden können, so daß dazwischen ein kontrollierter Knochenbruch eintritt. Die Platzierung und Vorspannung der Drähte bringt jedoch zusätzliche Gefahren für die Leitungsbahnen und schädigt das umgebende Weichteil, so daß sich die Osteoklasie als alleinige Methode nicht durchsetzen konnte.

### Meißel

Der Würzburger Bernhard Heine, von August Bier vielfach gewürdigt, erhielt im Jahr 1835 in Paris den „Monthyon-Preis“ für die Erfindung des „Osteotoms“ (50. Tagung der DGC 1926), einer umlaufenden Kettensäge, mit der er experimentelle Arbeiten über die Regeneration am deformierten Knochen durchführte. Damals war man von der Erfindung so begeistert, daß man erhoffte, „die Meißel endgültig aus dem Operationssaal verbannt zu haben.“ Heute wird der Meißelosteotomie wieder eine große Bedeutung eingeräumt, da man mit einem einfachen Werkzeug arbeitet, das keine apparative Energieversorgung benötigt und den Knochen ohne wesentliche Hitzeeinwirkung durchtrennt. Ilizarov hat diese Methode deshalb favorisiert. Bereits durch kleine Hautinzisionen kann der schmale Meißel wenig invasiv eingeführt werden, wobei sich vor allem an der Tibia der Periostschlauch nach Längsinzision abheben und schonen läßt [17, 23]. Nachteilig ist, daß von einem einzelnen Zugang aus eine Kortikotomie über die gesamte Zirkumferenz nicht möglich ist (Abb. 2 a). In der Regel ist eine 2. Inzision unter einem Winkel von etwa 90° (Abb. 2 b), am Femur von lateral an der Tibia von medial oder die Kombination mit einem anderen Verfahren erforderlich. Eine schmale Restbrücke wird durch Osteoklasie, durch Außenrotation (bei Innenrotation Gefahr der Peronäusschädigung) oder durch eine 90°-Drehung des Osteotomiemeißels im Knochenspalt geteilt. An der Tibia sollte maximal 1/3 und am Femur maximal die Hälfte der Zirkumferenz der Osteoklasie überlassen werden. Die Osteoklasie beinhaltet das Risiko der unkontrollierten Bruch- oder Fissurbildung zu Befestigungselementen (Schanz-Schrauben). Kleinere Knochensplinter, wie sie z. B. im Sinne eines Biegekeils entstehen

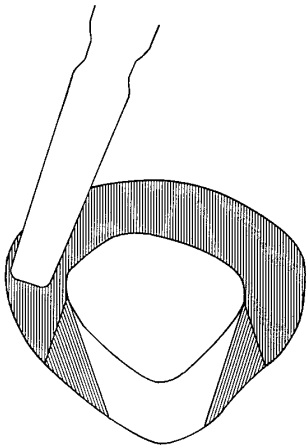


Abb. 2 ▲ Die Körtikotomie mit dem Meißel läßt sich über Stichtinzisionen ausführen. Die gegenüberliegenden Knochenanteile sind nur über einen zweiten Zugang erreichbar

können, werden bei der Kallusdistraction u. U. in vorteilhafter Weise einen Teil der Wegstrecke mitgezogen, und dienen dann als „Brückenpfeiler“ für das Regenerat. Bei Umstellungsosteotomien oder Verkürzungen kann der ausgebrochene Biegungskeil auf der Medialseite die Abstützung aufheben, so daß dieser hier eher schädlich ist. Weiterhin besteht das Risiko einer Nervenverletzung (N. peroneus) sowie der Verletzung des medullären Gefäßsystems [8], wobei letzteres sich meist tamponiert und, wie bereits ausgeführt, rasch regeneriert wird.

### Oszillierende Säge

Die oszillierende Säge wird von der Industrie als Preßluftwerkzeug oder mit Akkuversorgung angeboten. Tierexperimentelle Untersuchungen von Frierison [8] zeigten, daß Osteotomien mit der oszillierenden Säge im Vergleich zu Bohrer- oder Meißelosteotomien oder Körtikotomien bei Kallusdistractionen zur verzögerten Knochenkonsolidierung führen. Als Grund wird eine Denaturierung an den Schnittflächen durch die Wärmeentwicklung angesehen. Während man lange Zeit nur auf einfache Sägezahnblechwerkzeuge zurückgreifen konnte, werden jetzt auch dickere Sägen mit Dachverzahnungen und negativen Spanwinkeln angeboten, die zum einen eine exaktere Führung ermöglichen und zum anderen durch besseren Materialabraum eine höhere Schnittleistung erzielen. Bei Umstel-

lungsosteomien oder bei der Konfektionierung von Prothesen steht die exakte Führung im Vordergrund. Für die Kallusdistraction hat die oszillierende Säge trotz der verbesserten Schnittleistung wegen der Wärmeentwicklung und auch wegen der Weichteiltraumatisierung um die Säge vor Ort zu bringen, keine Bedeutung. Letzteres führt zudem zu einem Verlust der Selbsttamponierung und damit zu einer nachteiligen Entlastung des Frakturhämatoms und zu einer größeren Narbe. Die oszillierende Säge kann deshalb unter diesen Gesichtspunkten nur empfohlen werden, wenn ohnehin zur Stabilisierung die Region eröffnet werden muß, wie es

z. B. bei der Plattenosteosynthese der Fall ist.

### Markraumsäge

Die Idee einer Markraumsäge, die über den Markraum eingeführt, den Knochen im Sinne einer „geschlossenen Osteotomie“ durchtrennen kann, geht auf Küntscher [19] zurück. Im Jahre 1964 stellte er eine Säge sowie eine dazugehörige Führung vor und wies auf die Vorteile des lokal verminderten Weichteilschadens und die verbesserte Knochenheilung hin. Zur Zeit werden keine Markraumsägen auf dem Markt angeboten, so daß noch letzte Exemplare

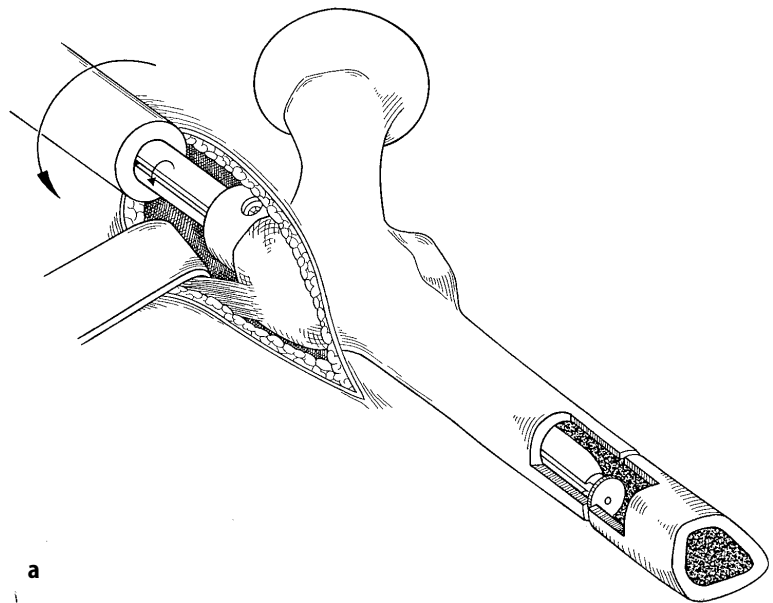


Abb. 3 ▲ a Neue axienparallele Führung einer Innensäge für die Femurdiaphyse. b Schnelle und exakt kontrollierbare diaphysäre Osteotomie mit der Innensäge ohne Hitzeentwicklung



der Küntscher-Säge vereinzelt zum Einsatz kommen. Nachteilig stellte sich heraus, daß das dünne Sägeblatt aufgrund der gebogenen Führung zum spiralförmigen Verlaufen neigt und durch Deformierung hohe Temperaturen entwickelt. Derzeit erlebt die Osteotomie über den Markraum als Folge neuer Marknagelinnovationen [3, 6, 13] und dem Trend zu minimal-invasiven Verfahren eine Renaissance. Verbesserte dachverzahnte Sägeblattgeometrien führen zu einem verbesserten Schneidverhalten, so daß der Materialabraum mit weniger lokaler Hitzeentwicklung verbunden ist. Eine verbesserte Vorrichtung [2] mit einer zur anatomischen Knochenachse parallelen Führung der Sägeblattwelle (Abb.3a) erlaubt einen gut kontrollierbaren exakten Schnitt (Abb.3b) bei gleichzeitiger Kühlung des Sägeblatts und ist derzeit in klinischer Erprobung.

Indikationen für die Markraumsäge liegen immer dann vor, wenn als anschließendes Stabilisierungsverfahren ein Marknagel gewählt wird. Da der Markraum ohnehin eröffnet, und das endostale Gefäßsystem zerstört oder zumindest kompromittiert ist, sollte das Periost unberührt bleiben. Mit der Markraumsäge läßt sich im Diaphysenbereich eine vollständige Osteotomie erreichen, oft ist auch am Übergang zur Metaphyse zumindest eine semizirkuläre Schwächung möglich, so daß die restliche Knochenbrücke durch Osteoklasie oder über eine kleine Inzision von außen z. B. mit einem Meißel durchtrennt werden kann.

### Gigli-Säge

Die Gigli-Säge, von dem italienischen Arzt Leonardo Gigli im Jahre 1894 erstmals zur Pubiotomie [11] vorgestellt, wird derzeit hauptsächlich in der Neurochirurgie zur Kraniotomie angewandt. Der etwa 50 cm lange Sägedraht, als Einmalwerkzeug verfügbar, kann vor allem im Diaphysenbereich vorteilhaft eingesetzt werden [23]. Die Platzierung gelingt atraumatisch über 2 Stichinzisionen von ventral und lateral am Femur (Abb. 4a) und medial an der Tibia, das Frakturhämatom bleibt erhalten. Falls ohnehin ein größerer Zugang erforderlich ist, kann die Platzierung auch unter Zuhilfenahme von speziellen Führungen (Abb. 4 b) erfolgen. Die hohe

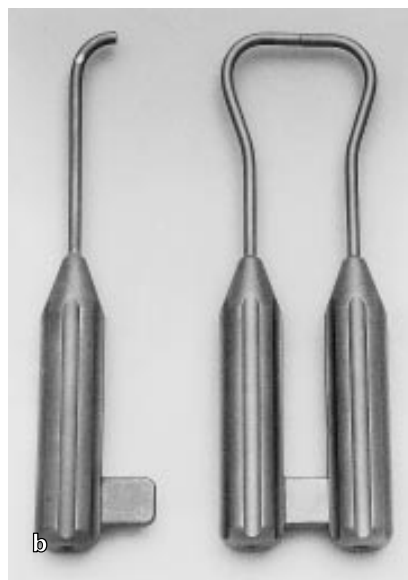
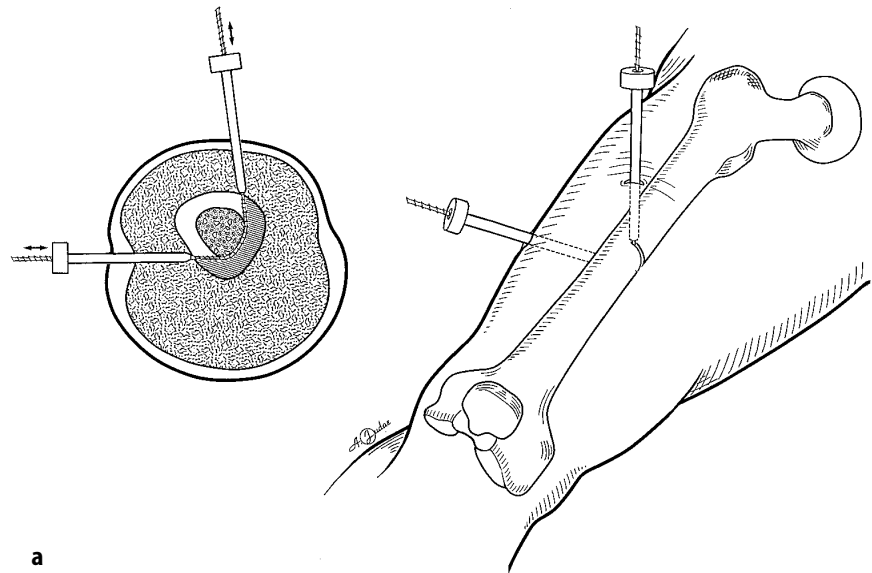


Abb. 4 ◀ a Atraumatische Platzierung einer Gigli-Säge über 2 Stichinzisionen und unter Verwendung von Bohrhülsen als Gewebeschutz. b Kanüliertes Führungsinstrumentarium, zur Umfahrung des Knochens, insbesondere der Femurdiaphyse. Nach Durchzug eines Cerclagendrahts wird die Gigli-Säge nachgezogen

Schnittleistung kann von dem Operateur gut dosiert und ohne wesentlichen thermischen Schaden appliziert werden. Letzteres macht die Gigli-Säge für die Kallusdistraction interessant, wo sie auch vielfach Anwendung findet. Mit der Gigli-Säge können sowohl Osteotomien als auch Kortikotomien durchgeführt werden. Die Gigli-Säge erreicht in erster Linie die dorsalen, der Meißel die ventralen Anteile der Zirkumferenz. Zur Durchführung einer gewebeschonenden Kortikotomie lassen sich deshalb beide Instrumente über die gleichen Zugänge einführen und besonders vorteilhaft und zeitsparend ergänzen.

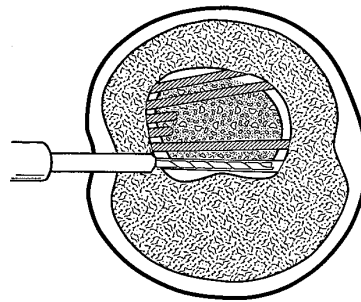
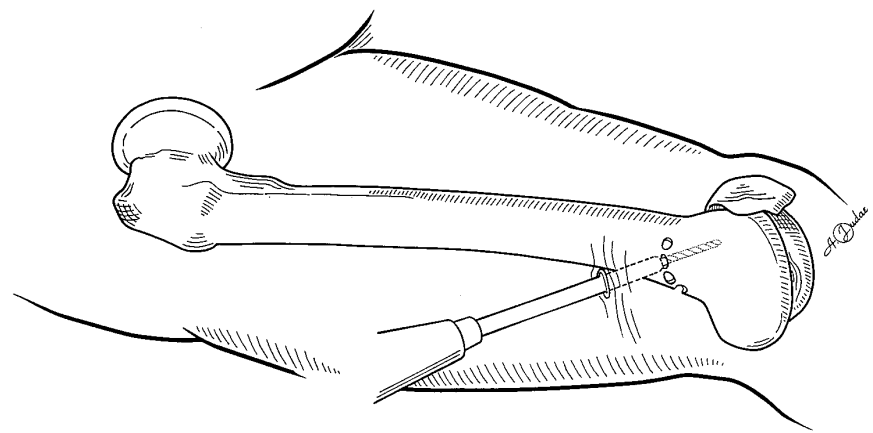
### Bohrer

Perthes [24] erwähnte bei einer Tagung der Mittelrheinischen Chirurgen in Heidelberg 1921 einen gewissen Franz König, der bereits um die Jahrhundertwende den Weg für eine Meißelosteotomie durch eine „Reihe von Bohrlöchern“ vorbahnte. Perthes selbst bezeichnete die „Bohrlöchermethode“ als vorteilhaft, da sie die Durchtrennungslinie der Meißelosteotomie exakt vorzeichnet und das Markgewebe unversehrt läßt. Auch heute noch gilt diese Methode, einen Röhrenknochen zu durchtrennen als technisch einfach und schonend. Unter Verwendung einer Gewebeschutzhülse läßt sich über eine Stichinzision die gesamte Zirkumferenz errei-

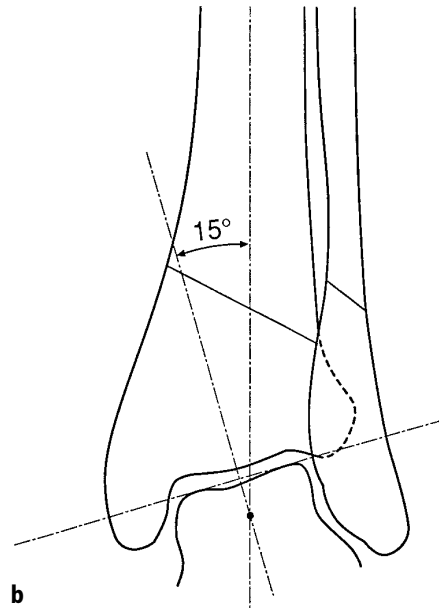
chen (Abb. 5 a). Verwendet werden sollten nur neue, gut schneidende Bohrer zwischen 3,2 und 4,5 mm Durchmesser. Das tangentielle Abgleiten kann verhindert werden, wenn man, wie von Paley (persönliche Mitteilungen) vorgeschlagen, zuerst einen Kirschner-Draht platziert und diesen dann mit einem kanülierten Bohrer überbohrt. Bohrstosteotomien setzen ebenfalls Hitzeschäden, besonders wenn die Bohrer stumpf sind oder die Drehzahl zu hoch gewählt wird. Vorteilhaft sind langsam drehende Akkubohrmaschinen. Zwischenstege und damit die Komplettierung der Durchtrennung bleiben dem Meißel vorbehalten. Vorteilhafteste Einsatzregionen sind die Metaphysen der langen Röhrenknochen. Die Gigli-Säge ist hier wegen der unmittelbaren Nähe der großen Leitungsbahnen nicht geeignet, der Meißel läßt sich über die großen Querschnittsflächen wegen der Verklebungstendenz nicht gut kontrollieren. Mit den Bohrern kann die weiche und dünne Kortikalis auch an der Dorsalseite, ebenso wie die Spongiosa durch viele Bohrkanäle in der gewünschten Ebene (quer, schräg oder bogenförmig) gezielt geschwächt werden. Zur besseren Schonung der metaphysären Gefäße empfiehlt es sich die zentralen Querschnittsbereiche auszusparen und die Durchtrennung in Sinne eine Kompaktotomie wie in Abb. 5 b dargestellt auszuführen. Falls zu große Randbezirke unbearbeitet bleiben, besteht bei der Osteoklasie der Restbrücken die Gefahr einer Gelenkfraktur.

## Diskussion

Die biologische Wertigkeit der einzelnen Verfahren ist weniger an den Ambitionen zu messen, die das jeweilige Verfahren beansprucht, als an der tatsächlich erreichten Schonung der knöchernen Vaskularität und des umgebenden Weichteilmantels, was sich letztendlich in der schnellen, unkomplizierten Knochenheilung ausdrückt. Allein der Erhalt der medullären Gefäße ist nicht gleichzusetzen mit schonender oder gar „minimal-invasiver“ Knochen-durchtrennung. Eine behutsam mit geeignetem Instrumentarium durchgeführte Osteotomie richtet biologisch weniger Schaden an als eine erzwungene Kortikotomie oder Kompaktotomie, zumal wenn letztendlich die Markraum-



a



b

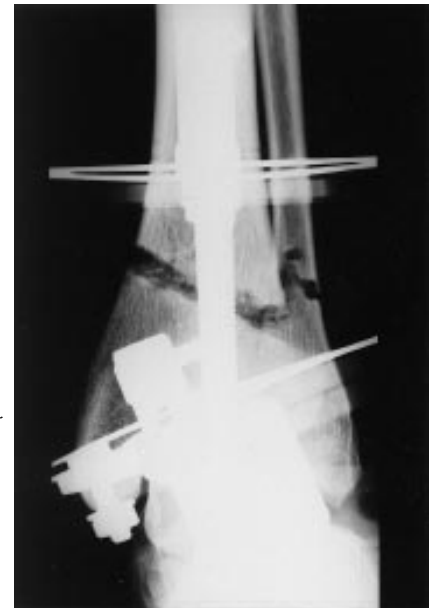


Abb. 5 ▲ a Bohrchosteotomie in minimal-invasiver Technik über eine Stichinzision. Das tangentielle Abgleiten des Bohrers wird durch Vorplatzierung von Kirschner-Drähten und die Verwendung von kanülierten Bohrern verhindert. b Exakte gewebeschonende Bohrchosteotomie in der distalen Tibiametaphyse entsprechend der präoperativen Planung zur Durchführung einer kontinuierlichen Achsenkorrektur nach der Kallusdistraktionsmethode mit einem Ringfixateur

gefäße häufig doch nicht erhalten bleiben. Eine unvollständige Kortikotomie birgt zudem die Gefahr in sich, daß eine zu große Kortikalisbrücke übersehen wird, die infolge einer unkontrol-

lierten Osteoklasie zu Fissuren in der Nähe von Verankerungspunkten führt. In gleicher Weise kann es bei einer Kompaktotomie zu intraartikulären Frakturen kommen.

Die Auswahl des Verfahrens zur Knochendurchtrennung wird in erster Linie von der Folgebehandlung bestimmt. Achsenkorrekturen im Metaphysenbereich, längenneutral oder unter Verkürzung, stabilisiert mit einer Platte oder die Knochenkonfektionierungen für eine Prothese lassen sich am schnellsten mit einer oszillierenden Säge ausführen. Bei biologisch anspruchsvollen Verfahren, z. B. der Spongiosaplastik oder der Kallusdistraction ist im Metaphysenbereich die Bohrlochosteotomie oder Kompaktomie, ergänzt durch den Meißel, vorteilhaft. Im Diaphysenbereich läßt sich in minimal-invasiver Technik sowohl eine Osteotomie als auch eine Kortikotomie gewebe-schonend über Stichinzisionen mit der Gigli-Säge, ebenfalls ergänzt durch den Meißel, ausführen. Die minimale Weichteil- und Periostschädigung fördert die Knochenheilung. Diaphysäre Osteotomien, stabilisiert mit einem Marknagel, lassen sich ohne gesonderte Zugänge über den ohnehin eröffneten Markraum mit einer Markraumsäge durchführen. Neue Sägezahngeometrien und intramedulläre Sägenführungen ermöglichen eine exakte Schnittführung mit geringer Hitzeentwicklung.

Zusammenfassend ergeben sich für die operative Knochendurchtrennung folgende Konsequenzen: Im vaskulär unkritischen Versorgungsgebiet bei flächiger Abstützung der Schnittflächen ist auch bei einer weniger schonenden Osteotomie kein Nachteil zu erwarten. In einer Vielzahl der Fälle sind bei Indikationsstellung jedoch durch Unfallfolgen, Voroperationen oder vorausgegangenen Komplikationen die Versorgungsschienen zumindest teilweise geschädigt. Da sich die nachteiligen Effekte addieren, kommt der überlegten, die Biologie des Knochens berücksichtigenden Knochendurchtrennung in diesen Fällen die größte Bedeutung zu. In Abhängigkeit von der lokalen Vaskularität, dem operativen Grundkonzept und dem nachfolgenden Stabi-

lisierungsverfahren lassen sich jeweils optimale Verfahren für die Knochendurchtrennung ohne großen apparativen Aufwand wählen. Minimal-invasive Techniken mindern das Infektrisiko und fördern die Knochenheilung, Stichinzisionen garantieren ein gutes kosmetisches Ergebnis.

## Literatur

- Aronson J, Harrison B, Boyd CM, Cannon DJ, Lubansky HJ (1988) **Mechanical induction of osteogenesis: The importance of pin rigidity.** J Pediatr Orthop 8: 396
- Baumgart R, Betz A (1990) **Vorrichtung zum Führen einer Markraumsäge zur Osteotomie langer Röhrenknochen.** Deutsche Patentschrift DE 3921973
- Baumgart R, Betz A, Hierner R, Seibold R, Schweiberer L (1993) **Der programmierbare Marknagel zur Extremitätenverlängerung und Segmentverschiebung mittels Kallusdistraction.** Hefte Unfallheilkd 229: 324–334
- Baumgart R, Betz A, Kessler S, Kettler M, Schweiberer L (1994) **Möglichkeiten der Rekonstruktion von Knochendefekten.** Orthopäde 23: 396–403
- Baumgart R, Betz A, Kettler M, Zeiler C, Schweiberer L (1996) **Perspektiven der Kallusdistraction.** Unfallchirurg 99: 84–91
- Betz A, Baumgart R (1990) **Erstes voll implantierbares intramedulläres System zur Callusdistraction – Marknagel mit programmierbarem Antrieb zur Beinverlängerung und Segmentverschiebung.** Chirurg 61: 605–609
- Brutscher R, Rüter A, Rahn B, Perren SM (1992) **Die Bedeutung der Kortikotomie oder Osteotomie bei der Kallusdistraction.** Chirurg 63: 124–130
- Frierson M, Kamal I, Boles M, Boté H, Ganey T (1994) **Distraction osteogenesis – A comparison of corticotomy techniques.** Clin Orthop 301: 19–24
- Delloye C, Delefortrie G, Coutelier L, Vincent A (1990) **Bone regenerate formation in cortical bone during distraction lengthening.** Clin Orthop 250: 34–42
- Fischgrund J, Paley D, Suter C (1994) **Variables affecting time to bone healing during limb lengthening.** Clin Orthop 301: 31–37
- Gigli L (1884) **Taglio lateralizzato del pube. Suoi vantaggi, suo tecnica.** Ann Ostet Ginecol 16: 649
- Goodship AE, Kenwright J (1985) **The influence of induced micromovement upon the healing of experimental tibial fractures.** J. Bone Joint Surg [Br] 67: 650–655
- Guichet JM, Grammont PM, Trouilloud P (1992) **Clou d'allongement progressif. Expérimentation animale avec un recul de deux ans.** Chirurgie 118: 405–410
- Ilizarov GA, Ledyev VI, Shitin VP (1969) **Techenie reparativnof regeneratsii kompaktnof kosti pri distraktsionnom osteosinteze v razlichnykh usloviakh fiksatsii kostnykh otomkov (eksperimental' noe issledovanie).** Eksh Khir Anest 14: 3–12
- Ilizarov GA, Shreiner AA (1979) **A new method of closed flexion osteoclasis (experimental study).** Ortop Travmatol Protez 40: 9
- Ilizarov GA (1990) **Clinical application of the tension – stress effect for limb lengthening.** Clin Orthop 250: 8–26
- Ilizarov GA (1992) **Transosseous osteosynthesis. Theoretical and clinical aspects of the regeneration and growth of tissue.** Springer, Berlin Heidelberg New York
- Kojimoto H, Yasui N, Goto T et al. (1988) **Bone lengthening in rabbits by callus distraction: The role of periosteum and endosteum.** J Bone Joint Surg [Br] 70: 543–549
- Küntscher G (1966) **Erfahrungen mit der geschlossenen Osteotomie.** Chirurg 37: 69–71
- Paley D (1988) **Current techniques of limb lengthening.** J Pediatr Orthop 8: 73
- Paley D (1990) **Problems, obstacles and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique.** Clin Orthop 250: 81–104
- Paley D (1994) **Corrective osteotomies for lower limb deformities.** Curr Orthop 8: 237–244
- Paley D, Tetsworth K (1991) **Percutaneous osteotomies – osteotome and Gigli saw.** Tech Orthop Clin North Am 22: 613–624
- Perthes G (1921) **Einige Bemerkungen über Ostetomien.** Zentralbl Chir 44: 1614–1619
- Pfeil J, Grill F, Graf R (1996) **Extremitätenverlängerung, Deformitätenkorrektur, Pseudarthrosenbehandlung.** Springer, Berlin Heidelberg New York
- Rhineland FW (1987) **The vascular response of bone to internal fixation.** In: Browner BD, Edwards CC (eds) The science and practice of intramedullary nailing. Lea & Febiger, Philadelphia
- Schwartzman V, Schwartzman R (1991) **Corticotomy.** Clin Orthop 280: 37–47
- Schweiberer L, Dambe LT, Eitel F, Klapp F (1974) **Revascularisation der Tibia nach konservativer und operativer Frakturbehandlung.** Hefte Unfallheilkd 119: 18–26
- Schweiberer L (1978) **Nekrosepseudarthrose – Eine experimentelle Studie.** Unfallheilkunde 81: 228–237
- Steen H, Fjeld TO (1989) **Lengthening osteotomy in the metaphysis and diaphysis.** Clin Orthop 247: 297–305
- Witt AN (1991) **Zur Entwicklungsgeschichte der Orthopädie.** In: Witt AN (Hrsg) Orthopädie in Praxis und Klinik, Bd. II: Allgemeine Orthopädie. Thieme, Stuttgart, New York