

Oper Orthop Traumatol 2020 · 32:509–529
<https://doi.org/10.1007/s00064-020-00684-6>
Eingegangen: 11. November 2019
Überarbeitet: 19. März 2020
Angenommen: 25. März 2020

© Der/die Autor(en) 2020

Wissenschaftliche Leitung
K. Dresing, Göttingen
F. Unglaub, Bad Rappenau
Zeichnungen
H.J. Schütze, Köln



CME

Zertifizierte Fortbildung

Technik und Biomechanik der Bohr-Draht(Kirschner-Draht)-Osteosynthese bei Kindern

Theddy Slongo

Traumatologie des Bewegungsapparates, Kinderorthopädie, Universitätsklinik für Kinderchirurgie, Inselspital, Universitätsspital Bern, Bern, Schweiz

Zusammenfassung

Online teilnehmen unter:
www.springermedizin.de/cme

Für diese Fortbildungseinheit werden 3 Punkte vergeben.

Kontakt
Springer Medizin Kundenservice
Tel. 0800 77 80 777
(kostenfrei in Deutschland)
E-Mail:
kundenservice@springermedizin.de

Informationen
zur Teilnahme und Zertifizierung finden Sie im CME-Fragebogen am Ende des Beitrags.

Operationsziel: Sichere und stabile Fixierung metaphysärer sowie epiphysärer Frakturen (Salter-Harris I–IV) mittels korrekter Bohrdraht(Kirschner[K]-Draht)-Osteosynthese, in der Folge als K-Draht-Osteosynthese (OS) bezeichnet.

Indikationen: Gemäß der AO(Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen)-Kinderklassifikation der langen Röhrenknochen (AO Pediatric Comprehensive Classification of Long-Bone Fractures [PCCF]) alle Salter-Harris- und metaphysären Frakturen sowie Frakturen des Fuß- und Handskelettes, unabhängig von der Repositionsart, geschlossen oder offen, sofern eine Adaptationsosteosynthese eine hinreichende Stabilität zulässt. Eine K-Draht-OS erfordert immer eine zusätzliche Fixierung/Ruhigstellung in einem Gipsverband.

Kontraindikationen: Alle diaphysären Frakturen, sofern ein K-Draht nicht im Sinne der Markraumschienung verwendet wird. Nicht korrekt reponierte respektive nicht reponierbare Frakturen.

Operationstechnik: Nach geschlossener oder offener, möglichst anatomischer Reposition werden unter Durchleuchtungskontrolle 1, 2, gelegentlich 3 K-Drähte pro Fragment eingebracht. Wichtig ist dabei, dass die K-Drähte das zu fixierende Fragment sowie das Hauptfragment (Metaphyse) optimal fassen. Es muss daher möglich sein, mit dem Durchleuchtungsgerät eine streng seitliche sowie korrekte anteroposteriore Aufnahme machen zu können. Dabei ist darauf zu achten, dass man das Gerät in die entsprechende Ebene schwenken kann. Ein Drehen der Extremität sollte auf ein Minimum beschränkt werden. Durch eine zusätzliche Manipulation zwecks Durchleuchtung könnten die zuvor optimal reponierten Fragmente erneut dislozieren. Dies wiederum kann zu einer schlechten K-Draht-Fixierung führen. Je nach Morphologie der Fraktur, Größe der Fragmente und Lokalisation der Fraktur (Humerus, Unterarm, Femur oder Tibia, Hand oder Fuß) muss die K-Draht-Technik angepasst werden. Diese kann sein: monolateral gekreuzt, monolateral divergierend auf- oder absteigend oder die häufigste angewendete aufsteigend gekreuzte Technik. Die K-Drähte werden in

der Regel über Hautniveau belassen und umgebogen. Somit können sie ohne erneute Narkose in der Ambulanz entfernt werden. Man muss sich bewusst sein, dass der K-Draht weder eine Kompressions- noch eine Neutralisations-OS ist, sondern immer nur eine Adaptation. Daher braucht eine K-Draht-OS immer eine zusätzliche Ruhigstellung mittels Gips oder konfektionierter Schiene.

Weiterbehandlung: Ruhigstellung im Gipsverband für 4 bis 5 Wochen abhängig vom Alter.

Ergebnisse: Bei technisch optimal durchgeführter Fixation und korrekter Indikation für eine K-Draht-OS sowie adäquater Nachbehandlung sind die Ergebnisse sehr gut bis gut.

Schlüsselwörter

Metaphysäre Fraktur · Epiphysäre Fraktur · Salter-Harris · Geschlossene Reposition · Offene Reposition

Abstract

Technique and biomechanics of Kirschner wire osteosynthesis in children

Objective: Safe and stable fixation of metaphyseal and epiphyseal fractures by Kirschner (K-)wire osteosynthesis. Use of various K-wire configurations depending on the fracture morphology.

Indications: In accordance with the AO Pediatric Comprehensive Classification of Long-Bone Fractures (PCCF), all Salter-Harris (SH) and metaphyseal fractures as well as fractures of the foot and hand independent of the reduction technique, closed or open, provided that adaptation osteosynthesis allows sufficient stability. Fixation/immobilization in a plaster cast is mandatory after K-wire osteosynthesis.

Contraindications: All diaphyseal fractures, if a K-wire is not used as an intramedullary nail. Fractures that can not be correctly reduced or are nonreducible fractures.

Surgical technique: After closed or open, as anatomical reduction as possible, one, two, occasionally three K-wires per fragment are inserted under fluoroscopic control. Care must be taken that the K-wires optimally capture the fragment to be fixed as well as the main fragment (metaphysis). It must therefore be possible to make a strictly lateral and correct anteroposterior x-ray by image intensifier. It is important that the C-arm can be positioned at the appropriate level. Rotating the limb should be minimized, as prior to fixation the previously reduced fragments may shift again, resulting in poor K-wire fixation. Depending on the morphology of the fracture, size of the fragments and location of the fracture (humerus, forearm, femur or tibia, hand or foot), the K-wiring technique must be adapted, e.g., mono-laterally crossed, mono-laterally divergent, in an ascending or descending direction, or the most commonly used ascending crossed technique. In most cases, the K-wires protrude through the skin and the exposed ends are bent. This allows removal without renewed anesthesia in the outpatient setting. K-wire osteosynthesis is neither a compression osteosynthesis (OS) nor a neutralization OS, but is always an adaptation and fixation of the fragments. Therefore, K-wire OS always needs additional immobilization using a plaster or prefabricated splint.

Postoperative management: Immobilization in plaster cast for 4–5 weeks, depending on the age; care must be taken to avoid interference between the cast and the skin/K-wires.

Results: With technically and optimally performed fixation and correct indication for K-wire OS, as well as adequate posttreatment, very good to good results are achieved.

Keywords

Metaphyseal fracture · Epiphyseal fracture · Salter-Harris · Closed reduction · Open reduction

Lernziele

Nach der Lektüre dieses Beitrags ...

- kennen Sie die Indikationen für eine Kirschner(K)-Draht-Osteosynthese (OS),
- wissen Sie, welche Segmente des Skelettes für K-Draht-OS geeignet sind,
- können Sie die verschiedenen K-Draht-Konfigurationen beschreiben,
- sind Sie in der Lage, die biomechanischen Eigenschaften einer K-Draht-OS zu erklären.

Vorbemerkungen

Aufgrund der Morphologie des Kinderskelettes entstehen Frakturen zu einem überwiegenden Teil, bis zu 70% [1], in den epiphysären respektive metaphysären Regionen der langen Röhrenknochen. Obwohl die Mehrzahl dieser Frakturen konservativ, also ohne interne Stabilisierung, behandelt werden kann, wird doch in gewissen Fällen eine sichere und dem kindlichen Skelett angemessene **Osteosynthese** benötigt. Die weltweit meistverbreitete Stabilisierung epimetaphysärer Frakturen im Kindesalter erfolgt dabei mit **Bohrdrähten** verschiedener Dicke und mit glatter Oberfläche, sog. **Kirschner-Drähte**. Kirschner beschrieb diese OS-Technik erstmals 1909 [2, 3]. Die von ihm beschriebene Technik hat sich bis heu-

te trotz vieler moderner Implantate und Techniken als Standard halten können.

Obwohl die Kirschner-Draht-Osteosynthese prinzipiell als einfache Technik angesehen wird, sind dennoch gewisse biomechanische Gegebenheiten zu kennen und zu berücksichtigen. Zudem müssen auch die korrekten technischen Prinzipien eingehalten werden. Wie die tägliche Erfahrung jedoch zeigt, besteht hier eine nicht unwesentliche Wissens- und Handhabungslücke (**Abb. 1**).

Untersuchungen haben gezeigt, dass Erwachsenentraumatologen, die mehrheitlich offene Vorgehen durchführen, deutlich mehr Probleme mit dieser Fixierungstechnik haben als **Kindertraumatologen**, für die diese Technik sozusagen „tägliches Brot“ ist [4]: Je öfter jemand diese Technik anwendet, desto bessere Ergebnisse werden erzielt [4, 5]. Für eine optimale Platzierung und somit auch suffiziente Stabilisierung ist jedoch primär eine perfekte, weitgehend anatomische Reposition der Fragmente essenziell. Denn es gilt der einfache Grundsatz: „Nur wenn ein K-Draht in beiden Fragmenten fixiert ist, ist eine suffiziente Stabilität möglich.“ Somit besteht das Hauptproblem dieser Fixierungsmethode in der verbleibenden Instabilität bei **ungenügender Reposition**. Dies ist bei der am häufigsten mittels K-Draht-Osteosynthese versorgten suprakondylären Humerusfraktur exemplarisch zu beobachten. Eine ungenügende Reposition kombiniert mit daraus folgender insuffizienter Stabilisierung sind die Hauptgründe eines

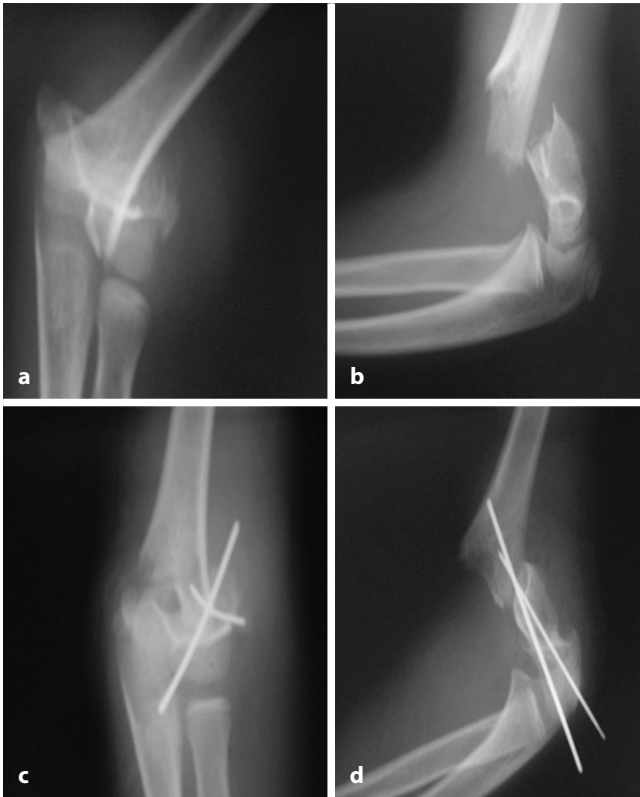


Abb. 1 ▲ Typisches Beispiel einer insuffizienten Reposition und Fixierung. **a, b** Relativ hohe suprakondyläre Humerusfraktur Typ IV. **c, d** Zustand nach misslungener Reposition und Fixation. Man beachte, dass die K(Kirschner)-Drähte die Fragmente nicht fassen. Sekundär wurde hier in einem anderen Krankenhaus eine Revision vorgenommen. (Mit freundl. Genehmigung von © Dr. T. Slongo, Bern. Alle Rechte vorbehalten)

zunehmenden **Rotationsfehlern** [6, 7]. Dieser Fehler „per se“ ist nicht das eigentliche Problem, sondern die damit verbundene ungenügende Auflagefläche der Fragmente, was dann zu einer Verkipfung und damit verbunden zu einem unschönen „Cubitus varus“ führt (**Abb. 2**).

Im Weiteren ist darauf zu achten, dass aufgrund des geschlossenen Vorgehens keine iatrogenen **Nerven- und Gefäßschäden** produziert werden. Dies wiederum ist eine der häufigsten Begleitkomplikationen bei der suprakondylären Humerusfraktur.

Die in der AO(Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen)-Kinderklassifikation beschriebene Definition der **Epimetaphyse** stellt gleichzeitig das optimalste Segment für die K-Draht-Osteosynthese dar. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass nur Frakturen, die innerhalb des „metaphysären Quadrates“ liegenden Bereiches für diese Fixation geeignet sind. Bereits Frakturen im Bereich der Grundlinie sind mit dem Bohrdraht problematisch zu fixieren (**Abb. 3**; [9]).

Wie in **Abb. 4** dargestellt, eignen sich folgende Segmente für diese Fixationsmethode am besten:

- proximaler Humerus,
- distaler Humerus,
- distaler Radius,
- distales Femur,

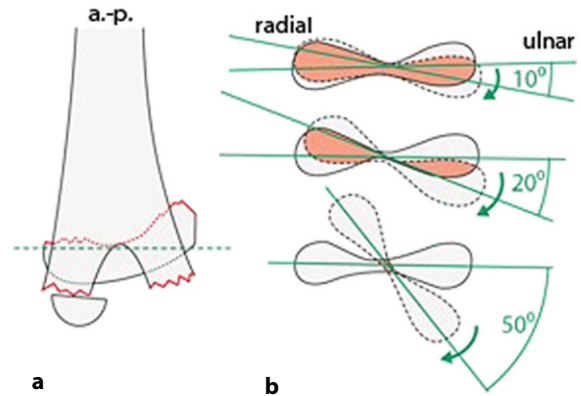


Abb. 2 ▲ Die Grafik zeigt den Zusammenhang zwischen dem Drehfehler und der daraus resultierenden verminderten Auflagefläche der Fragmente. Dadurch kommt es aufgrund ungenügender Fixierung zum ulnaren Kollaps und klinischen „Cubitus varus“. **a** a.-p. **b** Ansicht von oben. (Aus [8])

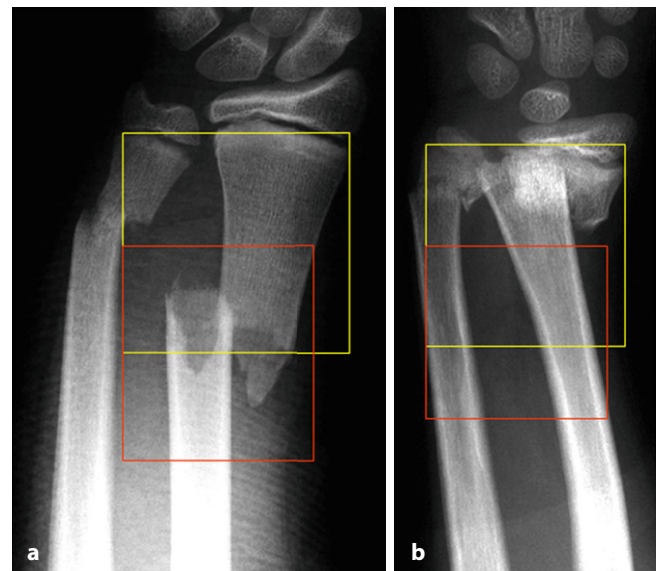


Abb. 3 ▲ Gemäß AO(Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen)-Kinderklassifikation bezeichnet das Quadrat über einer Epiphysenfuge die Fläche der Metaphyse. Die Fläche über der Basis dieses Quadrates, wie in der Abbildung in Rot dargestellt, umschreibt die kritische Zone, die für eine K(Kirschner)-Draht Fixation nicht mehr geeignet ist, da die Drähte in einem zu spitzen Winkel eingebracht werden müssten und so nur schwer die Gegenkortikalis fassen können. (Mit freundl. Genehmigung von © Dr. T. Slongo, Bern. Alle Rechte vorbehalten)

- proximale Tibia,
- distale Tibia.

Ergänzend kommen Kombinationen von Fixierungen wie die **Zuggurtungsosteosynthese** der proximalen Ulna sowie Frakturen im Hand- und Fußskelett hinzu [10].

Im Folgenden möchten wir die biomechanischen Eigenschaften einer K-Draht-OS im Generellen beschreiben sowie die unterschiedlichen Fixationstechniken, die Besonderheiten der verschiedenen

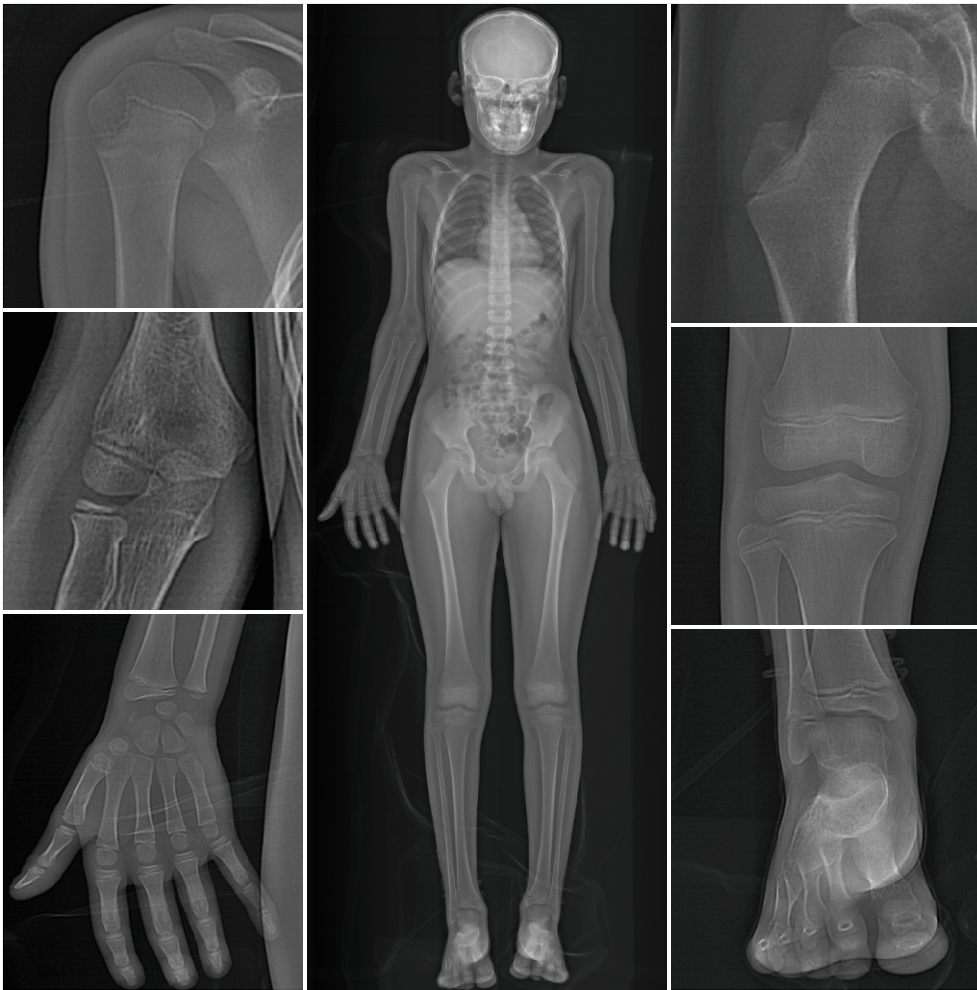


Abb. 4 ◀ Die Röntgengrafik veranschaulicht die für eine K(Kirschner)-Draht-Fixation optimalen Segmente. Die Ganzskelettaufnahme wurde mit einem EOS-Gerät mit absolut geringer Strahlenbelastung gemacht. (Mit freundl. Genehmigung von © Dr. T. Slongo, Bern. Alle Rechte vorbehalten)

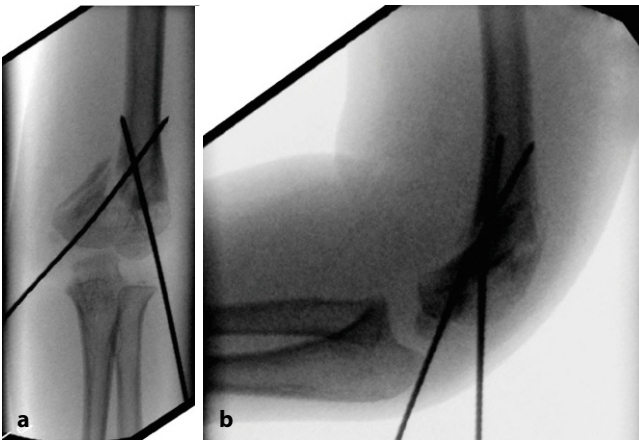


Abb. 5 ▲ Suprakondyläre Humerusfraktur mit unzureichender Reposition mit Ad-latus-, Rekurvations- und Rotationsfehlstellung. Dementsprechend ist die Fixierung ungenügend und kann höchstens als „betrachtungstabil“ bezeichnet werden. **a** ap-Ansicht, **b** seitliche Ansicht. (Mit freundl. Genehmigung von © Dr. T. Slongo, Bern. Alle Rechte vorbehalten)

oben gezeigten Segmente, vorstellen. Werden all diese erwähnten Punkte berücksichtigt, steht einer erfolgreichen K-Draht-OS nichts mehr im Wege. Die K-Draht-Fixation sollte in jedem Falle intraoperativ **bewegungsstabil** sein; sie braucht postoperativ immer eine zusätzliche Gipruhigstellung. Leider sehen wir zu oft eine ungenügende Stabilisierung, die wir gerne nur als „**betrachtungstabil**“ bezeichnen (Abb. 5). Demzufolge nennen wir solche Osteosynthesen „Frakturmanipulation mit interner Dekoration“.

Operationsprinzip und -ziel

Das Operationsprinzip besteht darin, mithilfe von 2 oder maximal 3 K-Drähten, die dem Fragment und dem Alter des Kindes angepasst sein sollten, geschlossen oder offen reponierte, metaepiphysäre Frakturen zu stabilisieren [7]. Erstes und oberstes Ziel bleibt jedoch, eine solche Fraktur primär geschlossen zu reponieren und im Gipsverband ruhezustellen. Dies setzt eine gute Handfertigkeit in der Reposition sowie dem Anlegen eines perfekten Gipsverbandes voraus. Die immer mehr vernachlässigte Schulung dieser beiden Methoden führt dazu, dass bei ungenügender Reposition schnell auf eine K-Draht-OS gewechselt wird. Man muss sich jedoch bei jedem, auch noch so kleinen Eingriff bewusst sein, dass auch solche Eingriffe ein nicht zu

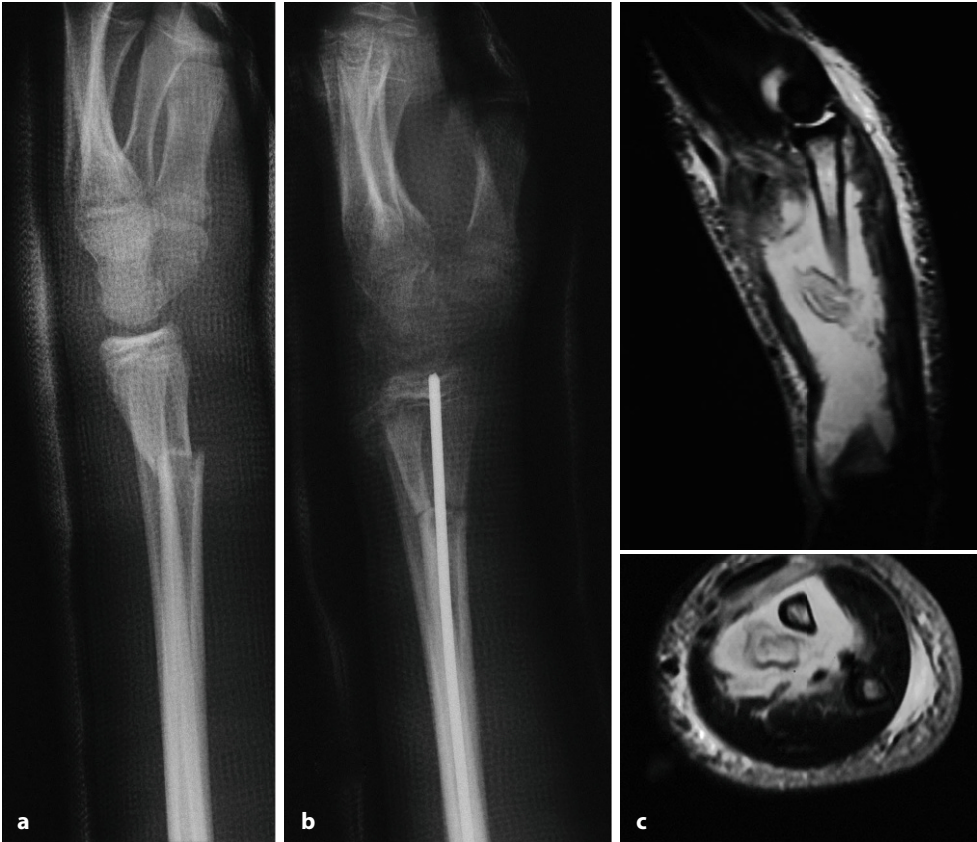


Abb. 6 ◀ Metaphysäre distale Unterarmfraktur nach Reposition im Gipsverband bei einem Kind von 10 Jahren. **a** Die erste Nachkontrolle zeigt eine für dieses Alter absolut unproblematische Abkipfung. **b** Diese wurde als nicht tolerierbar gewertet und deshalb mit einem K(Kirschner)-Draht fixiert. **c** Bereits nach 3 Wochen kam es zu einer schweren Osteomyelitis, der K-Draht musste wiederum entfernt werden: Es ist festzuhalten, dass diese OS (Osteosynthese) nicht indiziert war und deshalb die Osteomyelitis als schwere Komplikation angesehen werden muss. (Mit freundl. Genehmigung von © Dr. T. Slongo, Bern. Alle Rechte vorbehalten)

vernachlässigendes Komplikationsrisiko haben, wie z. B. oberflächliche Infektionen bis hin zur Osteomyelitis (Abb. 6) oder Wachstumsstörungen bei Penetration der Fuge (Abb. 7). Daher sind die Indikationen zur Osteosynthese immer sorgfältig zu überlegen [11, 12]. Ziel einer K-Draht-OS muss es ein, eine sichere, zumindest intraoperativ bewegungsstabile, Fixation zu erreichen.

Vorteile

- Sicherung der Reposition
- Prävention einer sekundären Dislokation
- Dadurch anatomisch und funktionell gute Heilung

Nachteile

- Implantatentfernung entweder in Sedation oder bei subkutan belassenen Drähten in Kurznarkose
- Pin-Track-Infektion
- Pflege der perkutan belassenen Drähte
- Gefahr der Fugenverletzung (Abb. 7)

Indikationen

Alle Frakturen der in Abb. 4 dargestellten Skelettregionen kommen für eine K-Draht-Fixierung infrage. Die Indikation, ob die reponierte Fraktur mittels K-Draht stabilisiert werden muss, hängt von verschiedenen Faktoren ab:

- Alter des Kindes: Je älter das Kind, umso eher sollte eine Fraktur sicher stabilisiert werden, da das Modelling-Potenzial geringer wird,
- Größe des Fragments,
- Morphologie der Fraktur; schräg verlaufende Frakturflächen lassen sich nur schwer ohne interne Fixierung halten und gelten deshalb auch bei guter anatomischer Reposition als potenziell instabil,
- schwere Schwellungszustände, die eine alleinige externe Gipsfixierung erschweren,
- vorangegangene Repositionsversuche: Kommt es nach konservativer Behandlung zu einer sekundären Dislokation, sollte bei einer allfälligen Revision eine K-Draht-Fixierung vorgenommen werden.

Kontraindikationen

- Frakturen des metadiaphysären Übergangs (Quadrat über der Fuge der AO-Kinderklassifikation in Abb. 3)
- Diaphysäre Frakturen (sofern der K-Draht nicht als Markraum-schiene verwendet wird; Abb. 8)
- Stabile Frakturen

Patientenaufklärung

- Offene Aufklärung der Eltern/des Kindes über alle möglichen Behandlungsverfahren inklusive Verwendung eines externen Fixateurs



Abb. 7 ◀ a–c Fugenüberkreuzende K(Kirschner)-Draht-Fixation einer SH(Salter-Harris)-I-Fraktur bei einem 9-jährigen Kind. Nach 1 ½ Jahren besteht immer noch die die zentrale Brücke in der Fuge, die in der Magnetresonanztomographie (MRT) gut nachgewiesen werden kann. Da es sich um eine schmale Brücke handelt, kann diese von der restlichen Fuge kompensiert werden. d, e Analoger Fall, jedoch großflächige Fugenzerstörung nach zentralen K-Drähten einer SH-II-Fraktur mit groteskem Wachstumsstopp. (Mit freundl. Genehmigung von © Dr. T. Slongo, Bern. Alle Rechte vorbehalten)

- Verfahrenswechsel von geschlossener auf offene Reposition
- Allgemeine Operationsrisiken
- Postoperative Pflege der perkutanen K-Draht-Eintrittsstellen
- Pflege des Gipsverbandes
- Mögliche residuelle Fehlstellungen oder Fehlfunktionen
- Heilungsdauer
- Metallentfernung
- Physiotherapie nur in Ausnahmefällen

Operationsvorbereitungen

- Aktuelles Unfallröntgenbild in 2 Ebenen: Man muss sich jedoch bewusst sein, dass solche Bilder immer nur „Momentaufnahmen“ sind und dass durch jede Manipulation, besonders unter Narkose, sich die Fraktur anders darstellen kann.
- Bei unklaren Situationen bezüglich Reponierbarkeit und Stabilisierung immer in Operationsbereitschaft arbeiten; d. h. nicht nur im Gipsraum reponieren. Dadurch können kritische Situationen umgangen respektive Kompromisse vermieden

werden. Damit ist gemeint, dass man schlechte Stellungen oder ungenügende Stabilität nicht akzeptieren sollte, nur weil man die Möglichkeit zur K-Draht-Fixation nicht hat.

- Durchleuchtungsmöglichkeit (**Abb. 9**).
- Besprechung mit der Anästhesie bezüglich Narkoseart; Relaxation erleichtert das Reponieren.
- Genaue Analyse der Frakturmorphologie.
- In Abhängigkeit der Frakturplanung, der Bohrdrahtlage und -richtung.
- Information des Operationspersonals über die geplante Art der Behandlung.

Instrumentarium und Implantate (**Abb. 10**)

- K-Drähte 1,6 mm oder 2,0 mm für die obere Extremität; 2,5 mm oder 3,0 mm für untere Extremität. Prinzipiell muss die Bohrdrahtdicke jedoch dem Alter und der Fragmentgröße angepasst sein



Abb. 8 ▲ a, b Gemäß unserer Definition der Metaphyse handelt es sich hier bereits um eine diaphysäre Fraktur, die eine Kontraindikation für eine perkutane K(Kirschner)-Draht-Fixation darstellt; hier wurde dann auch auf eine Plattenosteosynthese gewechselt, was in Anbetracht des noch jungen Skelettes doch etwas überdimensioniert erscheint. **c–e** Eine mehrfragmentäre, absolut instabile Unterarmschaftfraktur ist eine absolute Kontraindikation für eine gekreuzte K-Draht-Fixation! (Mit freundl. Genehmigung von © Dr. T. Slongo, Bern. Alle Rechte vorbehalten)



Abb. 9 ◀ Anordnung des Durchleuchtungsgeräts, hier gezeigt zur Reposition und Fixation einer Fraktur am Ellbogen: Um das Drehen des Armes zu vermeiden und nicht Gefahr zu laufen, dass die Fragmente wiederum verschoben werden, muss der BV (Bildverstärker) gedreht werden können. (Mit freundl. Genehmigung von © Dr. T. Slongo, Bern. Alle Rechte vorbehalten)

- Bohrmaschine
- Gipsmaterial

Anästhesie und Lagerung

- Intubationsnarkose; Relaxation erleichtert die Reposition, besonders für die untere Extremität.
- In der Regel normale Rückenlage, dies gilt für die obere wie auch untere Extremität.
- Röntgenstrahldurchlässiger Armtisch respektive Operationstisch mit freier Durchleuchtungsmöglichkeit (**Abb. 11a, b**):
 - Standardmäßig wird die Extremität auf dem röntgenstrahldurchlässigen Arm-/Operationstisch gelagert. Es ist wichtig, vor Beginn der Reposition zu prüfen, ob der Bildverstärker frei unter dem Hand- oder Operationstisch bewegt werden kann und damit die erforderliche Position erzielt wird.
- Der Laser am Strahler zur strahlungsfreien Positionierung des C-Arms, gepulstes Röntgen und die maximale Einblendung der Schlitz- bzw. Irisblende sind gefordert.
- Wird die Extremität ausnahmsweise direkt auf den steril abgedeckten Bildwandler (**Abb. 11c, d**; [13]) gelagert (Berliner Schule), kann der Laser nicht verwendet werden, da er abgedeckt ist. Die Zentrierung auf die Fraktur erfolgt unter Röntgenstrahlung. Dabei muss jedoch eine höhere Strahlenbestrahlung in Kauf genommen werden, die jedoch durch die kürzere Durchleuchtungszeit beim erfahrenen Operateur und bei höherer Bildqualität deutlich kompensiert wird. Über längere Röntgenzeit beim weniger Erfahrenen wird in der Literatur berichtet.

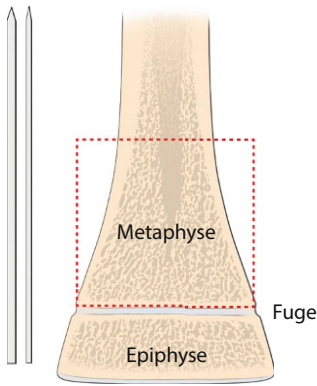


Abb. 10 ◀ Der Aufwand für eine K(Kirschner)-Draht-Osteosynthese ist äußerst gering; es braucht 2 bis 3 Bohrdrähte entsprechender Dicke, eine Bohrmaschine. Eingezeichnet sehen wir auch die entsprechende Region, die sich für die K-Draht-Fixierung eignet

Biomechanik von Kirschner-Drähten

Bei der Verwendung von Kirschner-Drähten muss man sich immer bewusst sein, dass es sich dabei um eine **Adaptationsosteosynthese** handelt und niemals um eine Kompressions- oder Neutralisationsosteosynthese, wie sie Schrauben oder Platten sind. Es geht darum, die Fragmente in einer möglichst optimalen Weise stabil zueinander zu halten. Deshalb ist praktisch immer additiv eine zusätzliche **Gipsruhigstellung** vorzunehmen.

Selbst im Gipsverband können sich K-Drähte durch die Mikrobewegungen und größeren Bewegungen im Gips auslockern. Deshalb ist der Anordnung der K-Drähte besondere Aufmerk-

samkeit zu schenken. Leider wird diesem Aspekt zu oft nicht Rechnung getragen; davon zeugen die doch recht häufigen sekundären Fehlstellungen trotz K-Draht-Fixierung. Dabei sind die beiden häufigsten beobachteten Fehler:

- parallel eingebrachte Drähte,
- zu nahe beieinanderliegende Drähte, die eigentlich nur die Wirkung eines einzelnen Drahtes haben (**Abb. 12a, b**).

Die optimale **Anordnung von K-Drähten** ist deshalb, je nachdem ob diese nur von einer Seite oder beidseitig eingebracht werden,

- auf- oder absteigend gekreuzt,
- monolateral gekreuzt,
- monolateral divergierend,

wobei immer darauf geachtet werden muss, dass die jeweiligen Kreuzungsstellen nicht auf Frakturhöhe liegen respektive bei divergierender Technik außerhalb des Knochens (**Abb. 17 und 28**).

Einfluss der Kirschner-Draht-Stärke

Der **Durchmesser** des K-Drahtes hat einen hohen Einfluss auf die Stabilität. Dabei steht man jedoch im Konflikt mit möglicher Schädigung der Wachstumsfuge, sofern diese gekreuzt werden muss. In diesem Fall ist ein mehrmaliges Bohren unbedingt zu vermeiden. Es ist somit ratsamer, einen etwas dickeren Bohrdraht zu nehmen, der sich präzise zielen und einbringen lässt, als zu feine



Abb. 11 ◀ **a, b** Um eine gute Bildgebung zu erhalten, ist ein röntgendurchlässiger Operationstisch oder Handtisch essenziell. **a** Positionierung für eine Operation am Fuß und Unterschenkel, **b** Lagerung auf röntgendurchlässigem Operationstisch, optimal ist ein Karbonstisch. (Mit freundl. Genehmigung von © Dr. T. Slongo, Bern. Alle Rechte vorbehalten) **c** Lagerung des Armes direkt auf der Kamera des Gerätes; Vorteil: bessere Bildqualität, immer optimale Positionierung, keine unnötige Durchleuchtung zur Zentrierung des Gerätes. Nachteil: gering mehr Streustrahlen, diese werden jedoch durch die sehr verkürzte Durchleuchtungszeit kompensiert. **d** Identische Situation für den Fuß/Unterschenkel. (Mit freundl. Genehmigung von © Dr. T. Slongo, Bern. Alle Rechte vorbehalten)

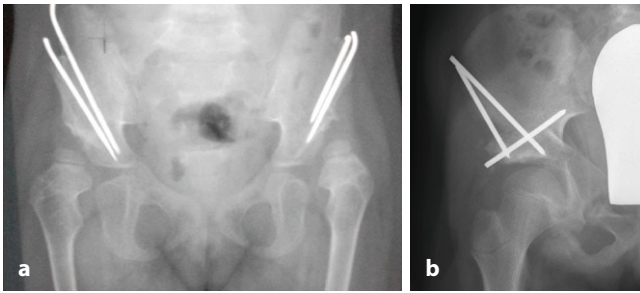


Abb. 12 ▲ **a** Situation nach offener Hüfteinstellung und Salter-Osteotomie am Becken beidseits. Die beiden praktisch parallel und auf einen Punkt laufende K(Kirschner)-Drähte vermögen das Pfannenfragment nicht zu halten, es resultiert ein Korrekturverlust mit entsprechender Relaxation. **b** Biomechanisch korrekte K-Draht-Lage zur Fixierung des Pfannenfragmentes nach Becken-Triple-Osteotomie; einerseits sehen wir die beiden absteigenden Drähte in guter divergierender Richtung, rechtwinklig dazu ist ein dritter, aufsteigender Draht eingebracht. Es resultiert eine absolute Übungsstabilität, sodass hier kein Beckenbeingips notwendig ist. (Mit freundl. Genehmigung von © Dr. T. Slongo, Bern. Alle Rechte vorbehalten)

Tab. 1 Auflistung der Flächen (Basis für Zugfestigkeit) eines Kirschner Drahtes ($F = \pi r^2$)

Draht-durchmesser	Fläche	Verhältnis zu 2,0 mm Draht	Verhältnis zu 1,6 mm Draht
[mm]	[mm ²]	[-]	[-]
1	0,785	0,250	0,391
1,2	1,131	0,360	0,563
1,6	2,011	1,000	1,000
2	3,142	1,563	1,563
2,5	4,909	2,441	2,441
3	7,069	3,516	3,516

Tab. 2 Auflistung der Widerstandsmomente gegen Biegung (Basis für Biegesteifigkeit) eines Kirschner Drahtes ($W_b = \pi/4 r^3$)

Draht-durchmesser	Widerstandsmoment gegen Biegung	Verhältnis zu 2,0 mm Draht	Verhältnis zu 1,6 mm Draht
[mm]	[mm ³]	[-]	[-]
1	0,098	0,125	0,244
1,2	0,170	0,216	0,422
1,6	0,402	1,000	1,000
2	0,785	1,953	1,953
2,5	1,534	3,815	3,815
3	2,651	6,592	6,592

Bohrdrähte, die dann ungünstig liegen und wiederholt eingebohrt werden müssen (**Abb. 13**).

Die **Tab. 1** zeigt die Relation der am häufigsten gebrauchten K-Draht-Durchmesser zu dessen Fläche: Als Wert 100% haben wir den Ø 1,6 mm genommen.

Somit hat ein 2,0-mm-K-Draht eine 25% höhere Zugfestigkeit als einer von 1,6 mm.

Für die **Beugefestigkeit** hingegen, die sich aus der 3. Potenz des Radius berechnen lässt, ist der Einfluss des Durchmessers von noch größerer Bedeutung. Wie in **Tab. 2** zu sehen ist, ist der Unterschied in der Festigkeit zwischen 1,6 und 2,0 mm praktisch 100%, zwischen 1,6 und 3,0 mm mehr als 600%.

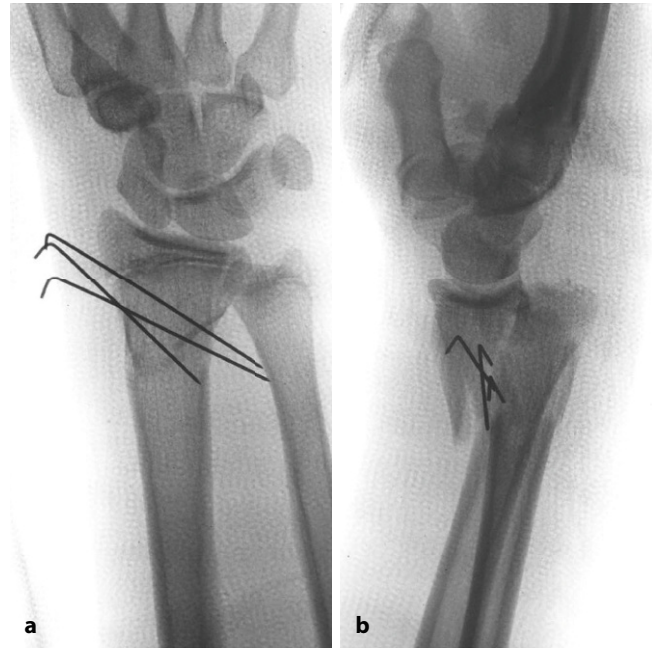


Abb. 13 ▲ Diese distale metaphysäre Radiusfraktur wurde mit 3 zu dünnen K-Drähten versorgt. Dies ist mit ein Grund, weshalb die Drähte nicht in optimaler Richtung eingebracht werden können und die Fragmente nicht korrekt und stabil fassen. In der ap-Ansicht (**a**) scheinen die Drähte im Knochen zu sein, doch die seitliche Ansicht (**b**) zeigt, dass die Drähte das Hauptfragment nicht fassen. Ein weiterer Grund dafür ist, dass bei zu hohem Druck auf die Bohrmaschine sich die dünnen Drähte verbiegen und deshalb nicht in die gewünschte Richtung gehen. (Mit freundl. Genehmigung von © Dr. T. Slongo, Bern. Alle Rechte vorbehalten)

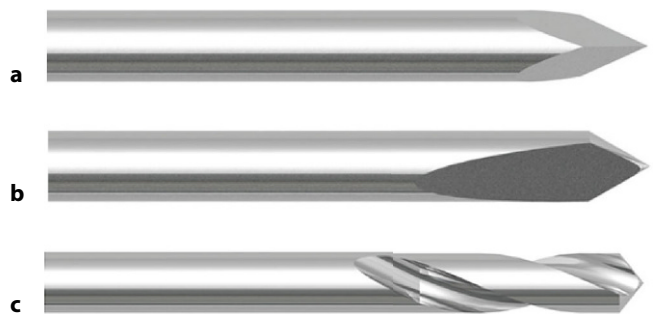


Abb. 14 ▲ Die Form der K(Kirschner)-Draht-Spitze hat wesentlichen Einfluss auf die Art der Perforation des Knochens. **a** Konventionelle Trokarbohrspitze mit 3 gehämmerten oder bei hochwertigeren Modellen geschliffenen Flächen. **b** Sogenannte Bajonett- oder auch Lanzettenspitze mit einer einseitigen langen geschliffenen Fläche und einer runden Gegenseite. Diese Spitzenform sollte mehr der normalen Bohrspitze nachgeahmt werden. **c** K-Draht mit Bohrspitze. (Mit freundl. Genehmigung von © Dr. T. Slongo, Bern. Alle Rechte vorbehalten)

Einfluss der Kirschner-Draht-Spitze

Die **Geometrie** der K-Draht-Spitze hat einen wesentlichen Einfluss auf das Einbringen des Drahtes. Die meistverbreitete Spitzenart ist die **Trokarspitze**. Diese hat eine 3-eckige (oder gelegentlich 4-eckige) Form, die nur knapp geschliffen und nicht anderweitig speziell geformt ist. Sie gleicht somit praktisch einer normalen Nagelspitze mit 3 Flächen (**Abb. 14a**). Diese Spitzenform erschwert

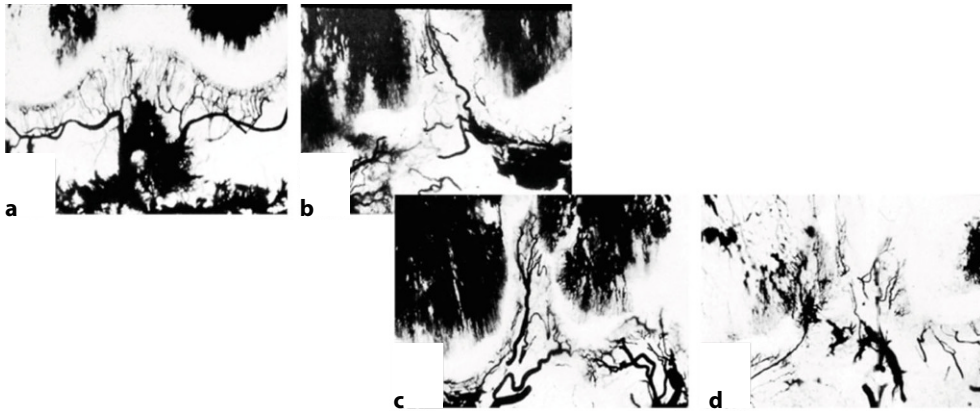


Abb. 15 ▲ Die im Jahr 1993 gemachten Experimente von Gomes und Volpon zeigen die histologischen Veränderungen an der Fuge im Falle einer nicht anatomischen und stabilen Reposition und Fixation. **a** Lücke in der Fuge. **b** Entgegen der allgemeinen Meinung, dass primär eine Knochenbrücke in dieser Lücke entsteht, konnten sie zeigen, dass primär Gefäße einsprossen. **c** Zunahme der einwachsenden Gefäße. **d** Schlussendlich kommt es zur Verknöcherung. (Aus [14]. Mit freundl. Genehmigung von Wolters Kluwer Health, Inc., Copyright © 1993 by The Journal of Bone and Joint Surgery, Incorporated. Alle Rechte vorbehalten)

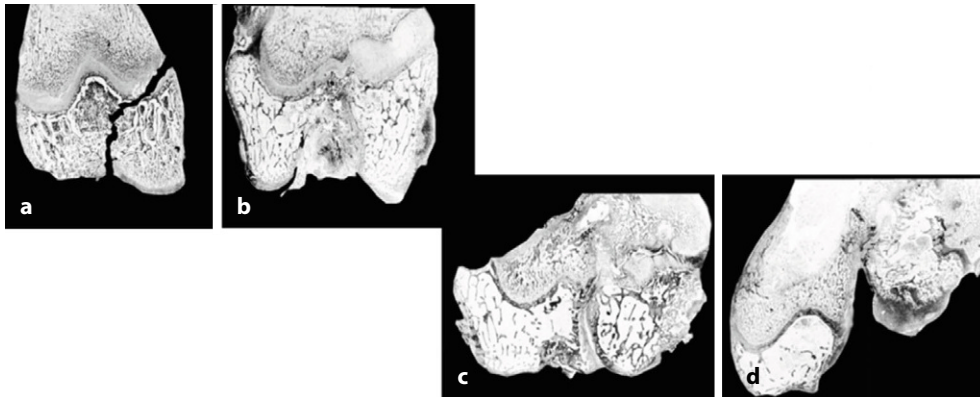


Abb. 16 ◀ Die Sequenzen **a–d** zeigen den Einfluss einer anatomischen und stabilen Fixation im Gegensatz zu einer nichtanatomischen Reposition. **a** SH(Salter-Harris)-II-Fraktur. **b** Keine Wachstumsstörung nach anatomischer und stabiler Fixation. **c, d** Wachstumsstörung, die aufgrund des in **Abb. 14** dargestellten Heilungs-Prozesses entsteht. (Aus [14]. Mit freundl. Genehmigung von Wolters Kluwer Health, Inc., Copyright © 1993 by The Journal of Bone and Joint Surgery, Incorporated. Alle Rechte vorbehalten)

das sehr tangentiale Einbohren des Drahtes. Deshalb sollte man immer zuerst weitgehend rechtwinklig zur Knochenoberfläche mit dem Bohren beginnen und erst, wenn eine genügende Vertiefung respektive ein Loch entstanden ist, den Draht tangential absenken. Da diese Spitze auch nicht sehr scharf ist, erzeugt sie auch sehr viel Hitze. Deshalb sollte man während des Einbohrens mit Wasser kühlen und/oder oszillierend bohren.

Daneben finden wir auch verbreitet die sog. **Bajonettspitze**; diese zeichnet sich durch einen einseitigen, flächigen Schliff aus und ist bedeutend schärfer als die Trokarspitze; sie ist auch als „Ilizarov-Bohrdraht-Spitze“ bekannt (**Abb. 14b**).

Zu diesen Spitzenformen bieten einige Hersteller auch Bohrdrähte mit einer 2-spiraligen, sehr kurzen **bohrerähnlichen Spitze** an (**Abb. 14c**).

Einfluss der Kirschner-Draht-Ausrichtung auf die Stabilität

Da, wie bereits erwähnt, mit den K-Drähten keine Kompression erzeugt werden kann, ist die Anordnung respektive die Ausrichtung der K-Drähte von entscheidender Bedeutung. Werden die K-Drähte korrekt gesetzt, kann eine relative Stabilität erreicht werden, die das Verschieben der Fragmente verhindert. In den nachfolgenden Grafiken soll dies bildlich veranschaulicht werden (**Abb. 15 und 16; [14]**).

Operationstechnik

Abb. 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29

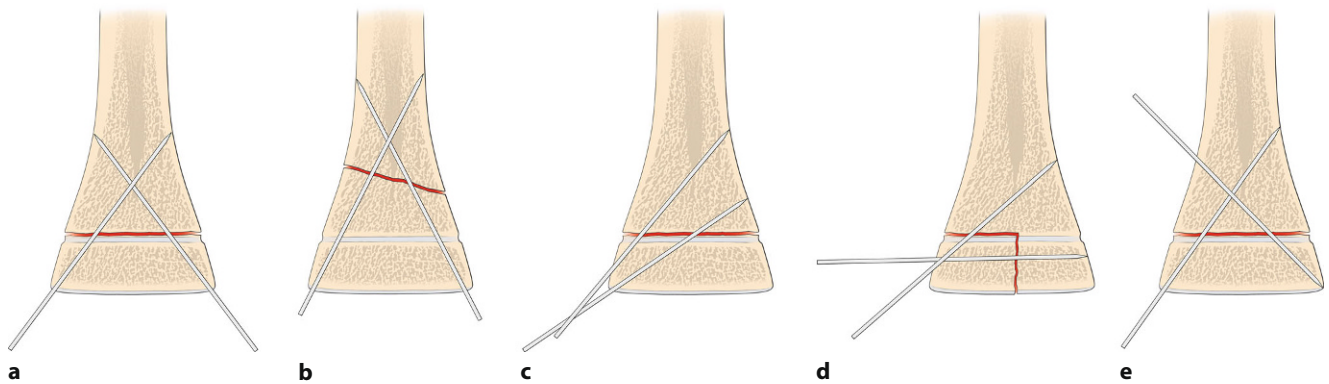


Abb. 17 ▲ Häufigste Anordnung von Kirschner-Drähten zur Fixation von epimetaphysären Fragmenten. **a, b** Gekreuzt aufsteigend für **a** epiphysäre, **b** metaphysäre Frakturen. **c, d** Aufsteigende, monolaterale, divergierende Technik für epiphysäre und kurze, epiphysennahe, metaphysäre Frakturen. **e** Monolaterale, gekreuzte Anordnung für Salter-Harris-I- und -II-Frakturen

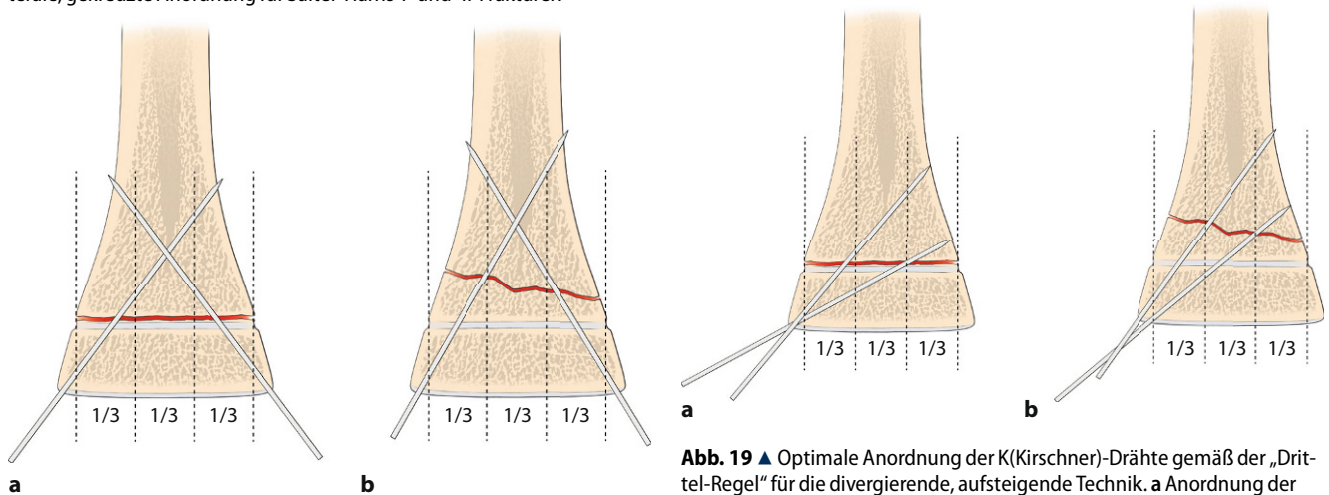


Abb. 18 ▲ Die optimalste und stabilste Anordnung von K(Kirschner)-Drähten richtet sich nach der „Drittel-Regel“. Auf Höhe der Fraktur sollte die Frakturlinie gedrittelt werden, und der entsprechende K-Draht sollte genau an die Kreuzungsstelle der Drittel-Linien und der Fraktur gebracht werden. **a** Anordnung der K-Drähte bei einer SH(Salter-Harris)-I- oder SH-II-Fraktur mit der gekreuzten Technik. **b** Anordnung der K-Drähte bei einer metaphysären Fraktur mit der gekreuzten Technik

Abb. 19 ▲ Optimale Anordnung der K(Kirschner)-Drähte gemäß der „Drittel-Regel“ für die divergierende, aufsteigende Technik. **a** Anordnung der K-Drähte bei einer SH(Salter-Harris)-I- oder SH-II-Fraktur mit der gekreuzten Technik. **b** Anordnung der K-Drähte bei einer metaphysären Fraktur mit der gekreuzten Technik

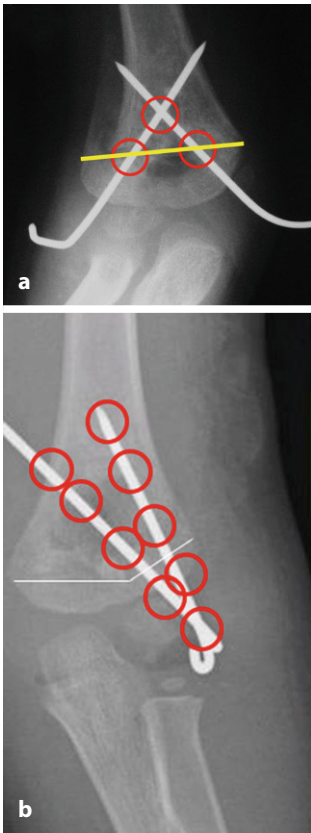


Abb. 20 ◀ Klinische Beispiele für die „1/3-Regel“ und die feste Verankerung der K(Kirschner)-Drähte. **a** Repositionierte und mittels gekreuzter, aufsteigender K-Drähte fixierte suprakondyläre Humerusfraktur; die K-Drähte kreuzen die Frakturlinie (*gelb*) je in einem Drittel. **b** Bei der aufsteigenden, monolateralen Technik ist es wichtig, dass jeder K-Draht praktisch 4 Kortikales trifft; d. h. Eintrittsstelle, 2-mal in der Fossa olecrani und dann noch die Gegenkortikalis. Die mit einem *roten Kreis* markierten Bereiche zeigen die jeweiligen kortikalen Perforationen an. (Mit frendl. Genehmigung von © Dr. T. Slongo, Bern. Alle Rechte vorbehalten)

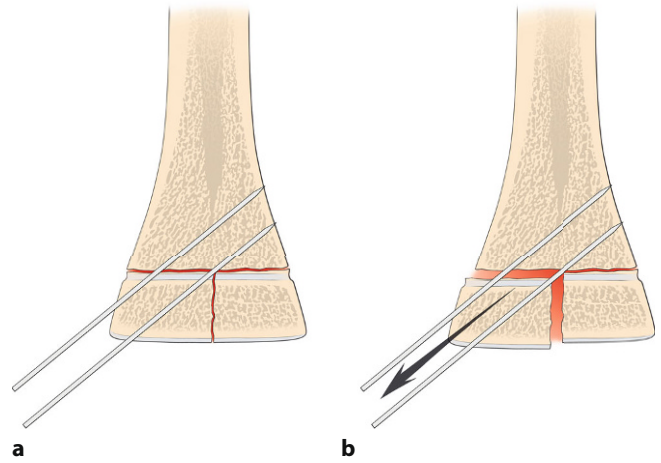


Abb. 21 ▲ Effekt von parallel eingebrachten K(Kirschner)-Drähten: Da sich aufgrund der Mikrobewegungen innerhalb der Fragmente alle K-Drähte innerhalb relativ kurzer Zeit auslockern (man sieht dies häufig anhand des Resorptionssaumes um die Drähte herum), kann das kleinere Fragment entlang der Drähte gleiten. Diese Instabilität führt einerseits zu einem Repositionsverlust, andererseits zu einer verzögerten Heilung bis hin zu einer Pseudarthrose. **a** Initial reponiertes und gut adaptiertes Fragment. **b** Disloziertes Fragment entlang der parallel eingebrachten Drähte



Abb. 22 ◀ Die Serie von Röntgenbildern dokumentiert die oft vernachlässigte korrekte Anordnung der K(Kirschner)-Drähte; diese meist parallel liegenden K-Drähte vermögen den Muskelzug an den Fragmenten nicht zu neutralisieren (**a–d**) respektive die Fragmente nicht zu halten (**e, f**). (Mit frendl. Genehmigung von © Dr. T. Slongo, Bern. Alle Rechte vorbehalten)

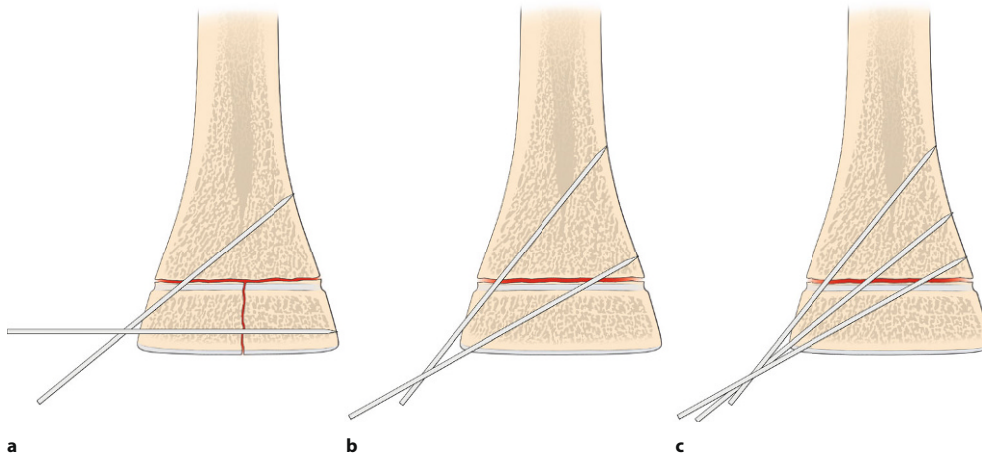


Abb. 23 ▲ Durch divergierende Anordnung der K(Kirschner)-Drähte kann das Gleiten eines Fragmentes entlang der Drähte vermieden werden; dabei blockiert der eine Draht das Entlanggleiten des anderen Drahtes. Es kommt zu seinem gegenseitigen Verblocken. Man muss sich jedoch bewusst sein, dass auch diese Stabilität nicht als absolut, sondern nur als relativ angesehen werden darf. Zudem ist es wichtig, dass sich die Drähte außerhalb des Knochens kreuzen. **a** Bei SH(Salter-Harris)-III- oder SH-IV-Frakturen ist es vorteilhaft, den einen Draht möglichst parallel zur Gelenkfläche einzubringen und den zweiten in einem Winkel von mindestens 45°. **b** Bei SH-I- oder SH-II-Frakturen muss der eine, mehr distalere Draht die Gegenkortikalis des Hauptfragmentes nur knapp über der Frakturlinie, aber dennoch sicher fassen. Der zweite oder gelegentlich dritte Draht **c** bei mehr schrägen Frakturen sollte sehr hoch in die Metaphyse gesetzt werden



Abb. 24 ▲ Klinische Beispiele anhand von 3 Condylus-radialis-Frakturen mit korrekter Positionierung und Richtung der K(Kirschner)-Drähte (a–e). f Gelegentlich können auch 3 K-Drähte, besonders bei der divergierenden, monolateralen Technik, benötigt werden, hier gezeigt anhand einer suprakondylären Humerusfraktur. Das Beispiel zeigt jedoch sehr schön die Problematik des dritten Drahtes, der sehr tangential eingebracht werden muss und dann im Markraum hochgleitet. Durch die Verspannung ist jedoch auch die Stabilität gewährleistet. (Mit freundl. Genehmigung von © Dr. T. Slongo, Bern. Alle Rechte vorbehalten)

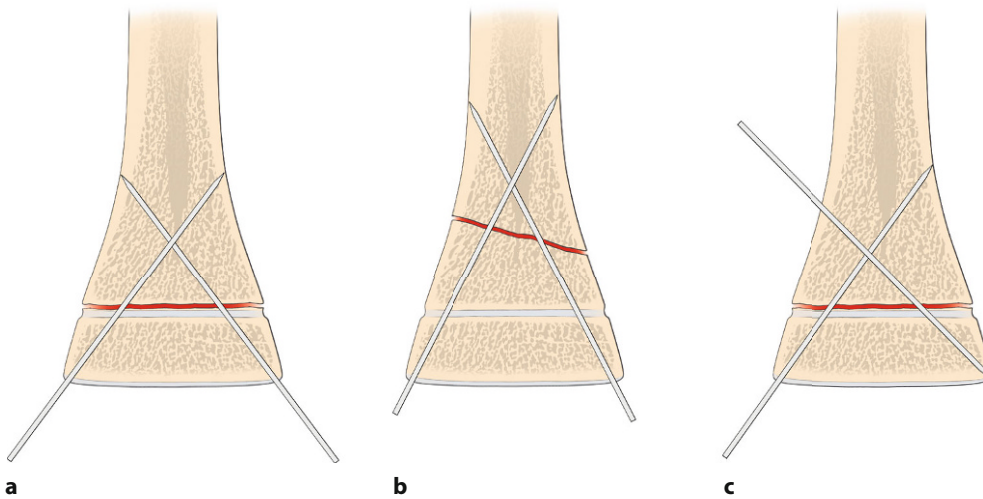


Abb. 25 ◀ Die stabilste Anordnung [2, 3] der K(Kirschner)-Drähte stellt nach wie vor die gekreuzte, bilaterale oder monolaterale Technik dar. Dies gilt sowohl für epiphysäre SH(Salter-Harris)-I- und SH-II-Frakturen sowie für metaphysäre Frakturen. **a** Aufsteigende, bilaterale gekreuzte K-Draht-Technik: Die Kreuzungsstelle der Drähte sollte deutlich über der Frakturebene liegen. **b** Aufsteigende, gekreuzte Technik für metaphysäre Frakturen; auch hier darf die Kreuzungsstelle nicht auf Frakturhöhe liegen. **c** Monolaterale, gekreuzte Technik, auch hier darf die Kreuzungsstelle nicht auf Frakturhöhe liegen

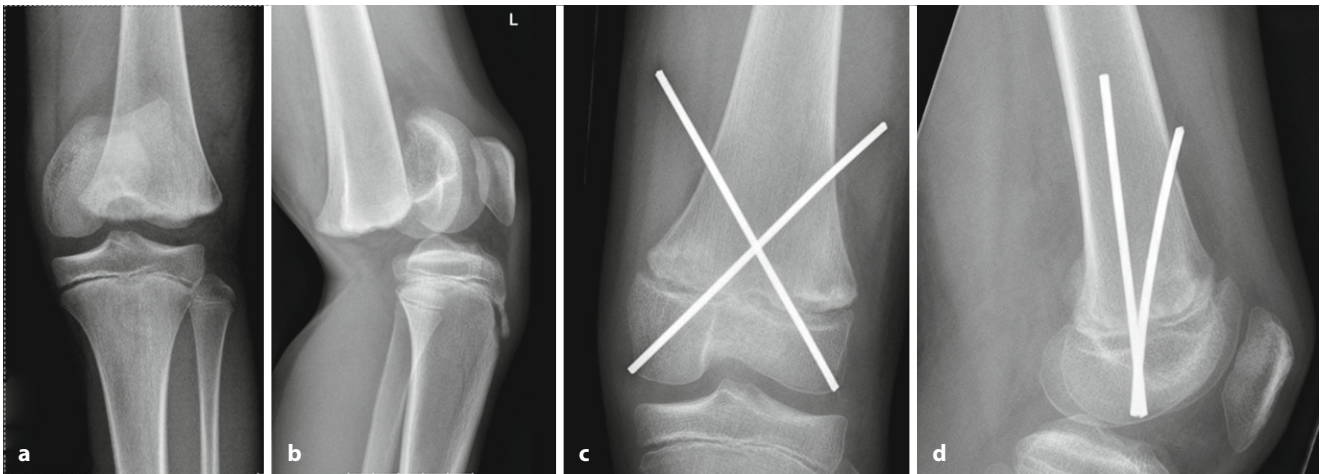


Abb. 26 ▲ Klinisches Beispiel einer aufsteigenden, gekreuzten K(Kirschner)-Draht-Fixation (K-Draht 3,0mm) einer SH(Salter-Harris)-I-Fraktur des distalen Femurs von a.p. (**a**) und seitlich (**b**). Da bei der aufsteigenden Technik am Knie die Drähte durch das Gelenk gehen müssen, besteht hier ein erhöhtes Infektionsrisiko. Um dies zu verringern bzw. diesem vorzubeugen, wurden hier die Vollgewinde-K-Drähte proximal durchgestoßen und die distalen Enden bis auf Knocheniveau gebracht. Dies erlaubt auch eine bessere Stabilisierung, da die Drähte direkt in der besten Position an den Kondylen eingebohrt werden können. Man beachte auch, dass hier die „Drittel-Regel“ gut eingehalten wurde. Postoperativ korrekte Stellung mit guter Fixation von a.p. (**c**) und seitlich (**d**). (Mit freundl. Genehmigung von © Dr. T. Slongo, Bern. Alle Rechte vorbehalten)

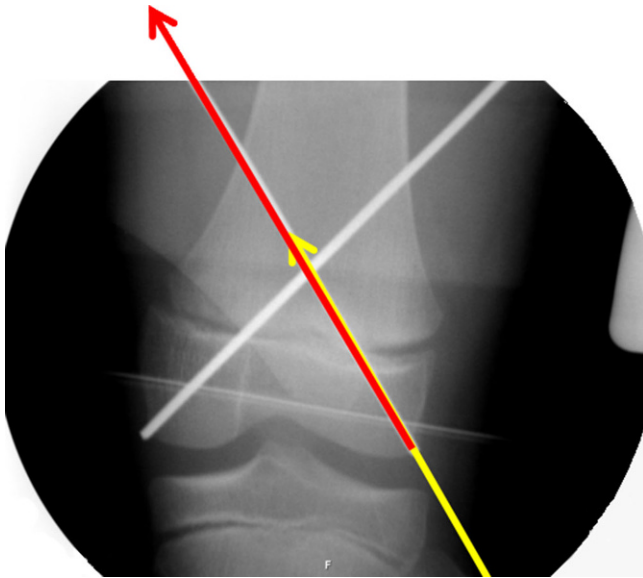


Abb. 27 ▲ Grafische Darstellung der in **Abb. 22** beschriebenen aufsteigenden Technik mit Herausführen der K(Kirschner)-Drähte proximal. Der K-Draht wird direkt an der Kante des Gelenkfragmentes aufgesetzt und vorgetrieben (*gelber Pfeil*). Dann Perforation der metaphysären Kortikales. Von da an sollte der K-Draht weiter nur mit dem Hammer vorgetrieben werden, um ein „Stripping“ der Faszien oder eine Verletzung der Gefäße zu vermeiden (*roter Pfeil*). Sobald er die Haut perforiert hat, wird der Draht unter „oszillierenden“ Bewegungen nur mehr gezogen, bis das Drahtende den Knochenrand erreicht hat. (Mit freundl. Genehmigung von © Dr. T. Slongo, Bern. Alle Rechte vorbehalten)

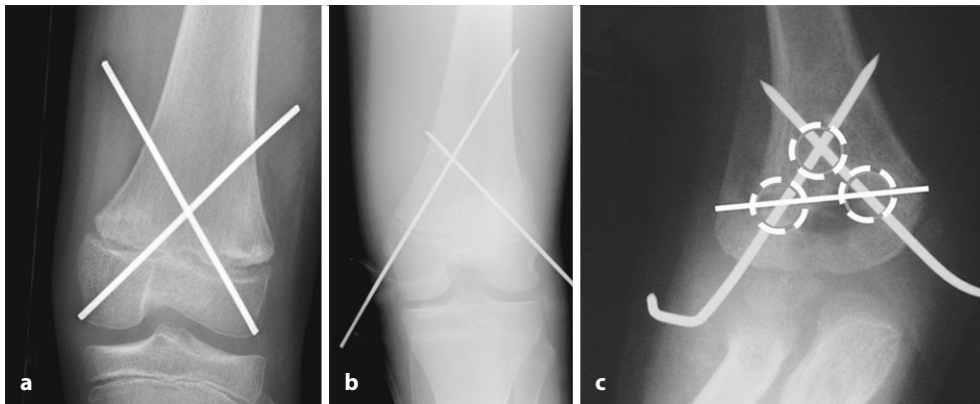


Abb. 28 ◀ Die Röntgenbilder **a–c** sollen nochmals die optimale K(Kirschner)-Draht-Dicke sowie die korrekte Position veranschaulichen. **a** Langes und festes Fassen des distalen Fragments, klares Einhalten der „Drittel-Regel“ wie in **c** nochmals dargestellt. **b** zeigt einerseits die zu dünn gewählten K-Drähte für ein solch großes Fragment, andererseits das knappe Fassen des Fragments durch Nicht-Einhalten der Drittel- oder Viertel-Regel. (Mit freundl. Genehmigung von © Dr. T. Slongo, Bern. Alle Rechte vorbehalten)

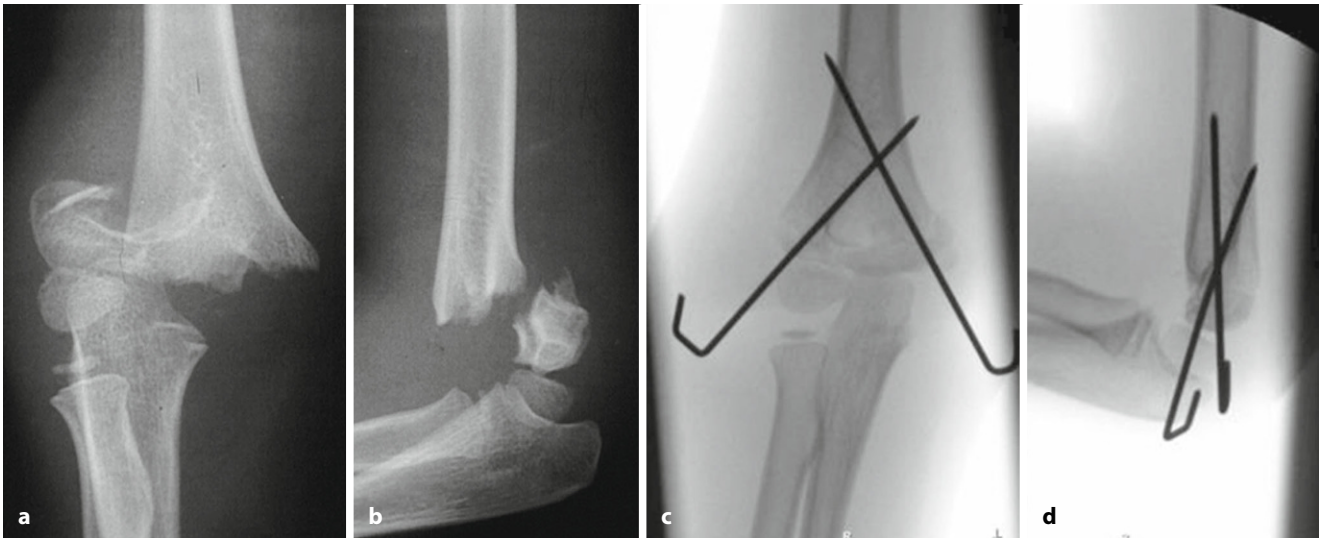


Abb. 29 ▲ Beispiel einer korrekten, aufsteigend gekreuzten K(Kirschner)-Draht-Fixation einer Typ-IV-suprakondylären Humerusfraktur von a.p. (a) und seitlich (b). 1. Einhaltung der „Drittel-Regel“, 2. hohe Kreuzungsstelle, 3. gute metaphysäre Verankerung. Perfekt reponierte Fraktur, postoperative Dokumentation, von a.p. (c) und seitlich (d). (Mit freundl. Genehmigung von © Dr. T. Slongo, Bern. Alle Rechte vorbehalten)

Postoperative Behandlung

Wie bereits anfangs erwähnt, ist die Kirschner-Draht-Osteosynthese nicht belastungsstabil, sollte jedoch in jedem Falle lagerungs- bis bewegungsstabil sein je nach Lokalisation der Fraktur, Größe der fixierten Fragmente sowie Alter des Kindes. Deshalb sind postoperativ folgende Punkte zu beachten:

- gute, wenn möglich noch intraoperative, gipsfreie Röntgendokumentation,
- zusätzliche Ruhigstellung in Gipschiene (einfach oder doppelseitig) oder in zirkulärem Gipsverband. Gelegentlich kommen auch kommerziell erhältliche Produkte zur Anwendung,
- an der unteren Extremität vorzugsweise zirkuläre Verbände, gespalten,
- über die Haut hinausragende (perkutan eingebrachte) K-Drähte sollten den Gips nicht berühren, deshalb
- immer Gipsfenster um den K-Draht herum,
- Anlernen der Eltern für die Gips- allfällig K-Draht-Pflege,
- Hospitalisation je nach Schwere des Traumas oder gemäß klinikinternen Vorgaben, meist 1 bis 3 Tage,
- erste klinische und radiologische Kontrolle bei Kindern bis 4/5 Jahren nach 4 Wochen, bei älteren Kindern nach 5 Wochen,
- unter leichter Sedation oder mit Schmerzmitteln ambulante Entfernung der Kirschner-Drähte, sofern perkutan eingebracht, ansonsten Planung für Entfernung in Kurznarkose,
- weitere Nachkontrolle 3 Monate postoperativ zwecks funktioneller Prüfung der Beweglichkeit, da es sich immer um gelenknahe Verletzungen handelt.

Fehler, Gefahren, Komplikationen

Auf die Fehler einer K-Draht-Osteosynthese wurde anhand der Abbildungen und Abbildungstexte schon mehrmals hingewiesen. Zusammenfassend sollen nochmals hervorgehoben werden:

- falsche Indikation (Fraktur außerhalb des metaphysären Quadrates, **Abb. 3**),
- keine optimale respektive korrekte Reposition der Fragmente vor der OS,
- Nicht-Fassen der Fragmente,
- falsches oder suboptimales Einbohren der K-Drähte,
- suboptimale K-Draht-Dicke,
- biomechanisch nicht korrekte Anordnung der K-Drähte (gekreuzt oder monolateral divergierend),
- Nicht-Beachtung der Drittel- respektive Viertel-Regel,
- die Gefahren der K-Draht-OS sind v. a. der Repositionsverlust mit allfälligem anatomisch wie funktionell schlechtem Ergebnis,
- Gefahr einer Nerven- oder Gefäßschädigung, besonders am Ellbogen zu beachten,
- die Kombination Gipsverband und perkutan herausragende K-Drähte bringt immer die Gefahr einer oberflächlichen, im schlimmsten Fall tiefen Infektion mit sich,
- unabhängig vom fixierten Fragment respektive von der fixierten Fraktur ist ein Repositionsverlust mit entsprechender anatomischer Fehlstellung respektive Funktionseinbuße immer als schwerwiegende Komplikation anzusehen,
- Drahtbruch,
- Auswandern des Drahtes.

Ergebnisse

Unter Berücksichtigung der Anwendungshäufigkeit der K-Draht-Osteosynthese wie vorgängig beschrieben, nicht grob fahrlässige Fehler begangen werden, sind die Resultate dieser Methode als sehr gut anzusehen. Das größte Problem besteht darin, dass man diese OS als zu einfach ansieht und sich die wichtigsten Punkte einer optimalen Fixation nicht immer wieder vor Augen führt. Im Weiteren werden zu gravierende, meist auch radiologisch doku-

mentierte Fehlstellungen akzeptiert unter der Annahme, dass das kindliche Skelett dies schon „Ausbügeln“ wird [11, 15, 16, 17].

Korrespondenzadresse

Dr. Theddy Slongo

Traumatologie des Bewegungsapparates, Kinderorthopädie, Universitätsklinik für Kinderchirurgie, Inselspital, Universitätsspital Bern
3010 Bern, Schweiz
theddy.slongo@insel.ch

Funding. Open access funding provided by University of Bern

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. Gemäß den Richtlinien des Springer Medizin Verlags werden Autoren und Wissenschaftliche Leitung im Rahmen der Manuskripterstellung und Manuskriptfreigabe aufgefordert, eine vollständige Erklärung zu ihren finanziellen und nichtfinanziellen Interessen abzugeben.

Autoren. T. Slongo: A. Finanzielle Interessen: T. Slongo gibt an, dass kein finanzieller Interessenkonflikt besteht. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Pensionierter Kindertraumatologe/Kinderorthopäde, aktuell noch tätig als Senior Consultant for Paediatric Trauma and Orthopaedics, University Children's Hospital, Dept. of Paediatric Surgery, Bern.

Wissenschaftliche Leitung. Die vollständige Erklärung zum Interessenkonflikt der Wissenschaftlichen Leitung finden Sie am Kurs der zertifizierten Fortbildung auf www.springermedizin.de/cme.

Der Verlag erklärt, dass für die Publikation dieser CME-Fortbildung keine Sponsorengelder an den Verlag fließen.

Für diesen Beitrag wurden vom Autor keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

Verwendete Literatur

1. Kraus R, Schneidmüller D, Röder C (2005) Häufigkeit von Frakturen der langen Röhrenknochen im Wachstumsalter. *Dtsch Arztebl* 102(12):A-838/B-708/C-661
2. Kirschner M (1909) Über Nagelextension Biétr. *Clin Chir* 64(1909):226
3. Karmani S, Lam F (2004) The design an function of surgical dills and K-wires. *Curr Orthop* 18(6):484–490

4. Schmid T, Joeris A, Slongo T, Ahmad SS, Ziebarth K (2015) Displaced supracondylar humeral fractures: influence of delay of surgery on the incidence of open reduction, complications and outcome. *Arch Orthop Trauma Surg* 135(7):963–969. <https://doi.org/10.1007/s00402-015-2248-0>
5. Wendling-Keim DS, Binder M, Dietz H-G, Lehner M (2019) Prognostic factors for the outcome of supracondylar humeral fractures in children. *Orthop Surg* 11(4):690–697. <https://doi.org/10.1111/os.12504>
6. Fernandez FF, Eberhardt O, von Kalle T, Ende S, Wirth T (2009) Kirschner-Draht-Osteosynthese von Frakturen des Condylus radialis im Kindes- und Jugendalter. *Obere Extremität* 4(1):26–32
7. Gopinathan NR, Sajid M, Sudesh P, Behera P (2018) Outcome analysis of lateral pinning for displaced supracondylar fractures in children using three Kirschner wires in parallel and divergent configuration. *Indian J Orthop* 52(5):554–560. https://doi.org/10.4103/ortho.IJOrtho_462_17
8. Slongo T (2014) Radial er Fixateur zur geschlossenen Behandlung problematischer suprakondylärer Humerusfrakturen Typ III und IV bei Kindern und Jugendlichen. *Oper Orthop Traumatol* 26:75–97. <https://doi.org/10.1007/s00064-013-0291-y>
9. Slongo T, Audigé L, Schlickewei W et al (2006) Development and validation of the AO pediatric comprehensive classification of long bone fractures by the Pediatric Expert Group of the AO Foundation in collaboration with AO Clinical Investigation and Documentation and the International Association for Pediatric Traumatology. *J Pediatr Orthop* 26:43–49
10. Tomori Y, Nanno M, Takai S (2019) Kirschner wires fixation alone or Kirschner wires fixation with tension band wiring in paediatric fractures of the lateral humeral condyle. *J Nippon Med Sch* 2019:15. https://doi.org/10.1272/jnms.JNMS.2020_87-105
11. Schneidmueller D, Kertai M, Bühnen V, Rüdén C (2018) Kirschner-Draht-Osteosynthese bei Frakturen im Kindesalter: Drähte versenken oder nicht? Ergebnisse einer Umfrage zur Versorgungsrealität in Deutschland. *Unfallchirurg* 121:817–824. <https://doi.org/10.1007/s00113-018-0465-z>
12. Tosti R, Foroohar A, Pizzutillo PD, Herman MJ (2015) Kirschner wire infections in pediatric orthopaedic surgery. *J Pediatr Orthop* 35(1):69–73. <https://doi.org/10.1097/BPO>
13. Tremains MR, Georgiadis GM, Dennis MJ (2001) Radiation exposure with use of the inverted-c-arm technique in upper-extremity surgery. *J Bone Joint Surg Am* 83:674–678
14. Gomes LS, Valpon JB (1993) (1993) Experimental physeal fracture—separations treated by rigid internal fixation. *J Bone Joint Surg Am* 75(12):1756–1764
15. Illan C, Veigel B, Chylarecki C (2013) Osteosyntheseverfahren in der Kinder- und Jugendtraumatologie. *OUP* 12:578–583. <https://doi.org/10.3238/oup.2013.0578-0583>
16. Paradis G, Lavallee P, Gagnon N (1993) Supracondylar fractures of the humerus in children. Technique and results of crossed percutaneous K-wire fixation. *Clin Orthop Relat Res* (297):231–237
17. Sahu RL (2013) Percutaneous K-wire fixation in paediatric supracondylar fractures of humerus: A retrospective study. *Niger Med J* 54(5):329–334

Weiterführende Literatur

18. Franks D, Shatrov J, Symes M, Little DG, Cheng TL (2018) Cannulated screw versus Kirschner-wire fixation for Milch II lateral condyle fractures in a paediatric sawbone model: a biomechanical comparison. *J Child Orthop* 12(1):29–35. <https://doi.org/10.1302/1863-2548.12.170090>
19. Herzenberg JE, Koreska J, Carroll NC et al (1988) Biomechanical testing of pin fixation techniques for pediatric supracondylar elbow fractures. *Orthop Trans* 12:678–679
20. Inal S, Gok K, Gok A, Pinar AM, Inal C (2019) Comparison of biomechanical effects of different configurations of Kirschner wires on the epiphyseal plate and stability in a salter-Harris type 2 distal femoral fracture model. *J Am Podiatr Med Assoc* 109(1):13–21. <https://doi.org/10.7547/16-112>
21. Kamara A, Ji X, Liu T, Zhan Y, Li J, Wang E (2019) A comparative biomechanical study on different fixation techniques in the management of transverse metaphyseal-diaphyseal junction fractures of the distal humerus in children. *Int Orthop* 43(2):411–416. <https://doi.org/10.1007/s00264-018-3968-x>
22. Ma J, Wang T, Lovric V, Johnson KA, Walsh WR (2017) A biomechanical comparison of Kirschner-wire fixation on fracture stability in Salter-Harris type I fractures of the proximal humeral physis in a porcine cadaveric model. *BMC Vet Res* 13(1):306. <https://doi.org/10.1186/s12917-017-1225-y>
23. Nunes MC, Posser TD, Israel CL, Spinelli LF, Calieron LG, Kim JH (2019) Biomechanical analysis of two types of humerus supracondylar fracture fixation in anatomical model. *Rev Bras Ortop* 54(3):261–267. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1688756>

-
24. Weinberg AM, Castellani C, Arzdorf M, Schneider E, Gasser B, Linke B (2007) Osteosynthesis of supracondylar humerus fractures in children: a biomechanical comparison of four techniques. *Clin Biomech* 22(5):502–509
 25. Zidek T, Urban J, Holub K, Pendl M, Kloub M (2019) Comparison of plaster fixation and Kirschner wire transfixation as temporary fixation of displaced ankle fractures—randomised prospective study. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 86(2):141–146 (Czech)



Technik und Biomechanik der Bohr-Draht(Kirschner-Draht)-Osteosynthese bei Kindern

Zu den Kursen dieser Zeitschrift: Scannen Sie den QR-Code oder gehen Sie auf www.springermedizin.de/kurse-oot

- ? In welchem Segment sind Frakturen des kindlichen Skeletts überwiegend lokalisiert?**
- Schaft langer Röhrenknochen
 - Epi-/metaphysäre Region langer Röhrenknochen
 - Schaft kurzer Röhrenknochen
 - Epi-/metaphysäre Region kurzer Röhrenknochen
 - Kurze Knochen (Ossa brevia)
- ? Was ist das wesentliche, primäre Problem einer ungenügenden Frakturposition einer suprakondylären Humerusfraktur mit verbleibender Instabilität?**
- Rotationsfehler
 - Ungenügende Auflagefläche der Fragmente
 - Fragmentverkipfung
 - Cubitus carus
 - Fehlende Bewegbarkeit
- ? In welchem Bereich sollte eine Fraktur lokalisiert sein, um die Indikation zu einer K-Draht Osteosynthese zu stellen?**
- im metaphysären Quadrat
 - im epiphysären Rechteck
 - im diaphysären Viereck
 - mind. 2 Querfinger proximal der Epiphysenfuge
 - in der Epiphyse
- ? Was soll mit einer K-Draht Fixation erreicht werden?**
- Absolute Stabilität
 - Übungsstabilität
 - Bewegungsstabilität
 - Adaptation der Fragmente und sichere Bewegungsstabilität
 - Kompression
- ? Welches der genannten postoperativen Risiken ist bei der geschlossenen Versorgung einer suprakondylären Humerusfraktur eine häufige Begleitkomplikation?**
- Nachblutung mit ausgeprägter Hämatombildung
 - bleibende Bewegungseinschränkung
 - Rotationsfehler
 - iatrogener Nervenschaden
 - Gestörter Längenwachstum
- ? Welche der genannten Regionen ist am wenigsten für eine K-Draht-Osteosynthese geeignet?**
- proximaler Humerus
 - distaler Humerus
 - proximaler Radius
 - distaler Radius
 - distales Femur
- ? Was ist der *Nachteil* der Lagerung einer Extremität direkt auf der Bildwandlerkamera?**
- Die Bildqualität ist schlechter
 - Die Durchleuchtungszeit ist länger
 - Die Lagerung ist weniger stabil
 - Das BV Gerät kann beschädigt werden
 - Die Streustrahlung ist etwas grösser, diese wird jedoch durch die geringere Durchleuchtungszeit kompensiert.
- ? Was wird durch den zunehmenden K-Draht Durchmesser am stärksten beeinflusst?**
- Das präzisere Platzieren
 - Die Zugfestigkeit
 - Die Beugefestigkeit
 - Die Rotationsstabilität
 - Die Drahtausrichtung
- ? Wie sollten K-Drähte eingebracht werden, damit sie das Fragment bestmöglich fixieren?**
- Möglichst parallel
 - Drei bis vier K-Drähte sind immer besser, unabhängig wie sie eingebracht wurden
 - In der Regel genügen zwei, sofern sie optimal gekreuzt oder genügend divergierend platziert werden, die Kreuzungsstelle sollte nie auf Frakturhöhe sein
 - Sie sollten sich auf der Gegenkortikalis treffen
 - Es sollen möglichst dünne K-Drähte verwendet werden, um die Fugen nicht zu verletzen

Informationen zur zertifizierten Fortbildung

Diese Fortbildung wurde von der Ärztekammer Nordrhein für das „Fortbildungszertifikat der Ärztekammer“ gemäß § 5 ihrer Fortbildungsordnung mit **3 Punkten** (Kategorie D) anerkannt und ist damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig.

Anerkennung in Österreich: Für das Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) werden die von deutschen Landesärztekammern anerkannten Fortbildungspunkte aufgrund der Gleichwertigkeit im gleichen Umfang als DFP-Punkte anerkannt (§ 14, Abschnitt 1, Verordnung über ärztliche Fortbildung, Österreichische Ärztekammer (ÖÄK) 2013).

Hinweise zur Teilnahme

- Die Teilnahme an dem zertifizierten Kurs ist nur online auf www.springermedizin.de/cme möglich.
- Der Teilnahmezeitraum beträgt 12 Monate. Den Teilnahmeschluss finden Sie online beim Kurs.
- Die Fragen und ihre zugehörigen Antwortmöglichkeiten werden online in zufälliger Reihenfolge zusammengestellt.

- Pro Frage ist jeweils nur eine Antwort zutreffend.
- Für eine erfolgreiche Teilnahme müssen 70% der Fragen richtig beantwortet werden.
- Teilnehmen können Abonnenten dieser Fachzeitschrift und e.Med-Abonnenten.

- ? Was besagt resp. beschreibt die „Drittel-Regel“?**
- Es sollten, wenn möglich, immer 3 K-Drähte eingebohrt werden
 - Knochendurchmesser zu Fragmentgröße sollte nie kleiner als 1 zu 3 sein
 - Die Überkreuzung der K-Drähte auf Höhe der Fraktur sollte, wenn möglich beidseitig, am Übergang vom äusseren zum mittleren Drittel der Frakturlinie sein.
 - Ich kenne diese Regel nicht, noch nie gelesen
 - Diese Regel besagt, dass ein Drittel aller mit K-Draht fixierten Frakturen potenziell einen Repositionsverlust erleiden.



CME-Punkte sammeln in 3 Schritten

Als Zeitschriftenabonnent stehen Ihnen unter CME.SpringerMedizin.de alle zertifizierten Fortbildungskurse Ihrer Zeitschrift zur Verfügung.

So einfach sammeln Sie CME-Punkte:

➤ Registrieren

Um CME-Fortbildungen bearbeiten zu können, müssen Sie sich einmalig unter www.springermedizin.de/register registrieren. Bitte geben Sie bei der Registrierung die Lieferadresse Ihrer abonnierten Zeitschrift an, damit die Angaben Ihres Online-Accounts mit den Angaben Ihres Zeitschriften-Abonnements übereinstimmen. Die CME-Beiträge werden anschließend automatisch freigeschaltet.

➤ Beitrag auswählen

Sobald Sie sich mit Ihren Zugangsdaten angemeldet haben, können Sie auf CME.SpringerMedizin.de die gewünschten CME-Kurse Ihrer Zeitschrift nutzen. Die Kurse können jederzeit unterbrochen und später fortgesetzt werden.

➤ CME-Punkte sammeln

Zu jedem Fortbildungskurs gehört ein Fragebogen mit 10 CME-Fragen. Mit 7 richtigen Antworten haben Sie bestanden und erhalten umgehend eine Teilnahmebescheinigung!

Teilnehmen und weitere Informationen unter:
CME.SpringerMedizin.de

Unser Tipp: Noch mehr Fortbildung bieten die e.Med-Kombi-Abos. Hier stehen Ihnen die CME-Kurse der Fachzeitschriften von Springer Medizin in elektronischer Form zur Verfügung. Auf Wunsch erhalten sie mit den e.Med-Kombi-Abos außerdem eine gedruckte Fachzeitschrift Ihrer Wahl.

Testen Sie e.Med kostenlos und unverbindlich!

Jetzt informieren unter www.springermedizin.de ⇒ „Abo-Shop“ oder telefonisch unter 0800-77 80 777 (Montag bis Freitag, 10 bis 17 Uhr)

