

Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Sportorthopädie  
der Technischen Universität München  
(Direktor: Univ.- Prof. Dr. R. Gradinger)

**Funktion und Überleben nach endoprothetischer Rekonstruktion  
an Knie- und Schultergelenk bei Resektion primär und sekundär  
maligner Knochentumoren**

**Kay - Kristin Laschner - Damjanic**

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Medizin

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. D. Neumeier

Prüfer der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. H. P. Rechl

2. Univ.-Prof. Dr. R. Gradinger

Die Dissertation wurde am 19.06.2008 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 21.01.2009 angenommen.

## Gliederung

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Anatomische und biomechanische Grundlagen .....</b>	<b>3</b>
2.1.1	Das Kniegelenk .....	3
2.1.2	Das Schultergelenk .....	9
<b>2.2</b>	<b>Primär und sekundär maligne Knochentumoren.....</b>	<b>13</b>
<b>2.3</b>	<b>Diagnostische Strategie.....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>Limb Salvage .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2</b>	<b>Neo- bzw. adjuvante Therapieformen .....</b>	<b>26</b>
<b>3.3</b>	<b>Operationsverfahren .....</b>	<b>29</b>
<b>3.4</b>	<b>Knie- und Schultergelenksendoprothetik .....</b>	<b>35</b>
3.4.1	Allgemeines .....	35
3.4.2	Die Endoprothetik des menschlichen Kniegelenks.....	37
3.4.3	Die Endoprothetik des menschlichen Schultergelenks.....	41
<b>4</b>	<b>Retrospektive Datenerfassung.....</b>	<b>43</b>
<b>4.1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>43</b>
<b>4.2</b>	<b>Material und Methode.....</b>	<b>44</b>
4.2.1	Datengrundlage .....	44
4.2.2	Kollektiv der Patienten mit Kniespezialendoprothesen.....	45
4.2.2.1	Alter und Geschlecht.....	45
4.2.2.2	Diagnosen .....	46
4.2.2.3	Resektionsgrenzen .....	46
4.2.2.4	Staging .....	47
4.2.3	Kollektiv der Patienten mit Schulterpezialendoprothesen.....	48
4.2.3.1	Alter und Geschlecht.....	48
4.2.3.2	Diagnosen .....	49
4.2.3.3	Resektionsgrenzen .....	49
4.2.3.4	Staging .....	50
<b>5</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>51</b>
<b>5.1</b>	<b>Kollektiv der Patienten mit Knieprothesen .....</b>	<b>51</b>
5.1.1	Alter und Tumorart .....	51
5.1.2	Überlebenszeiten .....	52
5.1.3	Funktionelle Ergebnisse .....	54
5.1.4	Komplikationsraten .....	56
<b>5.2</b>	<b>Kollektiv der Patienten mit Schulterprothesen .....</b>	<b>57</b>
5.2.1	Alter und Tumorart .....	57
5.2.2	Überlebenszeiten .....	57
5.2.3	Funktionelle Ergebnisse .....	59
5.2.4	Komplikationsraten .....	61

<b>6</b>	<b><i>Diskussion</i></b> .....	<b>62</b>
<b>7</b>	<b><i>Zusammenfassung</i></b> .....	<b>73</b>
<b>8</b>	<b><i>Literaturverzeichnis</i></b> .....	<b>75</b>
<b>9</b>	<b><i>Abbildungsverzeichnis</i></b> .....	<b>82</b>
<b>10</b>	<b><i>Danksagung</i></b> .....	<b>83</b>

## 1 Einleitung

Trotz intensiver Forschungsbemühungen und enormer wissenschaftlicher Fortschritte bleiben die Krebserkrankungen immer noch ein lebensbedrohliches und schwer beherrschbares Krankheitsbild in der heutigen Medizin. Wenige andere Erkrankungen beschäftigen die Wissenschaft so intensiv und konsequent wie die bösartige Tumorerkrankung. Die Zahl der Forschungsprojekte und der finanziellen Investitionen, sowie der Fortschritt sind in diesem Bereich beachtlich.

Die Knochentumoren stellen eine bunte Gruppe von Tumoren dar, die durch ihre relative Seltenheit, eine Vielfalt an pathologischen Entitäten, eine zum Teil sehr ernste Prognose, sowie das bei den primär malignen Knochentumoren häufig jugendliche Alter charakterisiert sind. Die niedrige Inzidenz (1:200000 pro Jahr) der Knochentumoren limitiert die persönliche Erfahrung in Diagnostik und Therapie, weshalb beides in speziell dafür eingerichteten Zentren erfolgen sollte.

Die Therapie der bösartigen Knochengeschwülste hat sich in der letzten Zeit entscheidend verändert. Die vor etwa 30 Jahren noch alternativlos ausgeführte Amputation der erkrankten Extremität hat bei den erfolgreich Behandelten zu schweren seelischen und körperlichen Beeinträchtigungen geführt und in entscheidendem Maße Selbständigkeit und Lebenssicherheit behindert. Seit den frühen 20er Jahren des vergangenen Jahrhunderts vollzieht sich eine beeindruckende Entwicklung. Sowohl im Bereich der oberen, wie auch der unteren Extremitäten wird angestrebt, Amputationen zu vermeiden und stattdessen Rekonstruktionen vorzunehmen. Erst durch wissenschaftliche Erkenntnisse, vor allem die des Wachstumsverhaltens, eine genauere Bestimmung der lokalen Ausdehnung und die Entwicklung neuer diagnostischer Darstellungsformen von entartetem Gewebe, sowie Fortschritte in der operativen Technik, wurden extremitätenerhaltende Behandlungsformen tumorbefallener Knochen möglich.

Bereits im Jahr 1981 fand zum ersten Mal das "International Symposium on Limb Salvage" in Rochester, Minnesota (ISOLS) statt. Im Rahmen dieses Symposium, welches folgend alle zwei Jahre tagte, wurde der Bedarf eines standardisierten Systems zur Erfassung der funktionellen Resultate aus verschiedenen chirurgischen Möglichkeiten extremitätenerhaltender Rekonstruktionen nach Tumorresektionen offensichtlich. Durch das entstandene Bewertungssystem nach W. Enneking ist es nun möglich, über ein standardisiertes Verfahren vergleichend eine Analyse des Patientenbenefit und der funktionellen Resultate bei der Rekonstruktion von Knochentumorresektionen anzustellen. Da das bestehende Sta-

ging-System der TNM-Klassifikation, welches vom American Joint Committee for Cancer Staging and End Results Reporting (AJC) seit 1959 entwickelt wurde, in der klinischen Erfahrung der Tumororthopädie Probleme und Mängel aufwies, bemühte sich W. Enneking im Jahr 1980, ein neues Staging- System für Knochen- und Weichteilsarkome zu entwickeln. Zur Beurteilung und besseren Standardisierung der operativen Therapie wurden auch die Abtragungsränder der Tumoren und die Resektionsgrenzen durch W. Enneking definiert.

Ziel des Limb Salvage ist es, unter dem Primat der therapeutischen Radikalität, die natürlichen, anatomischen Begebenheiten der Gelenke wiederherzustellen, um dann ein bestmögliches funktionelles Resultat zu ermöglichen.

In dieser Arbeit soll sich vor allen Dingen mit der extremitätenerhaltenden Endoprothetik bei malignen Knochentumoren in Schulter –und Kniegelenksnähe beschäftigt werden.

Resektion und Rekonstruktion von Schulter und Kniegelenk stellen wegen der besonderen Anforderungen an Motilität, Stabilität und statischer Belastbarkeit differenzierte und hohe Ansprüche an die chirurgische Qualität und das Design der Prothese.

Während das Schultergelenk insbesondere die Wiederherstellung der vollen funktionellen Kapazität bei möglichst hoher Stabilität erfordert, ist am Kniegelenk die statische Belastbarkeit, verbunden mit komplikationsarmer Bewegungsmöglichkeit das Ziel der Behandlung. Beides stellt aufgrund kinetischer und biomechanischer Begebenheiten hohe Anforderungen.

Die zugrunde liegenden Daten stellen eine Analyse der im Tumorzentrum der orthopädischen Klinik der Technischen Universität München behandelten Patienten mit primären und sekundären Knochentumoren der Extremitäten aus den Jahren 1979 bis 2000 dar. Die Evaluation umfasst neben klinisch-technischen Daten insbesondere die postoperative Funktion der erkrankten Extremität, gemäß dem aktuellen Fragebogen der ISOLS und das Überleben der Patienten.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Anatomische und biomechanische Grundlagen

#### 2.1.1 Das Kniegelenk

Das Kniegelenk ist das größte Gelenk des Menschen [42]. Es gehört zu den echten Gelenken, den Diarthrosen, Articulationes synoviales.

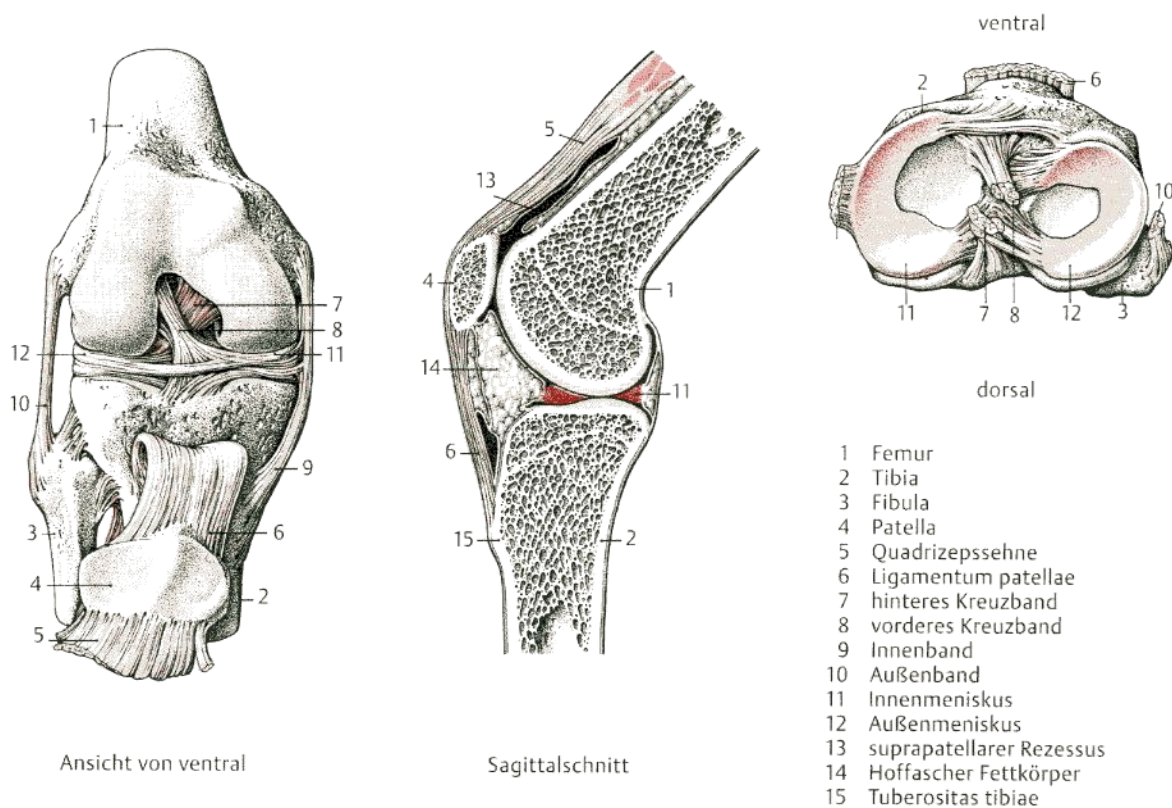


Abb.2.1.1a: Ansicht des Kniegelenks von ventral und sagittal, Aufsicht auf Gelenkebene [62]

Den Diarthrosen sind zwei miteinander in Zusammenhang stehende Funktionen gemeinsam: Vermittlung der Bewegung und Aufnahme des Drucks bei der Kraftübertragung [73]. Zu einer Diarthrose gehören Gelenkknorpel, Gelenkhöhle, Gelenkkapsel und Gelenkbänder. Im Kniegelenk artikulieren die Femurkondylen mit den Gelenkflächen des Tibiakopfes. Es handelt sich dabei um ein Bikondylengelenk mit zwei Freiheitsgraden (Rotation, Beugung und Streckung). Alle Bewegungen sind mit einem Gleiten der Femurkondylen auf dem Tibiakopf bei gleichzeitiger Verschiebung der Menisci verbunden. Das Femur verschiebt sich zur Streckung hin um die doppelte Distanz gegenüber der Tibia. Infolge zu-

nehmender Beugung legt die Femurgelenkfläche den vierfachen Weg der Tibiagelenkfläche zurück. Somit kommt es sowohl zu einer einfachen Abrollung der Gelenkflächen gegeneinander, als auch mit zunehmender Beugung zu einem vermehrten Gleiten der femoralen Gelenkfläche [31]. Diesen Gelenkmechanismus führen die Krümmung der Femurkondylen und die Funktion der Kreuzbänder herbei. Das menschliche Kniegelenk vollzieht bei Flexion und Extension eine komplette Roll-Gleit-Bewegung mit sich ändernder Drehachse.

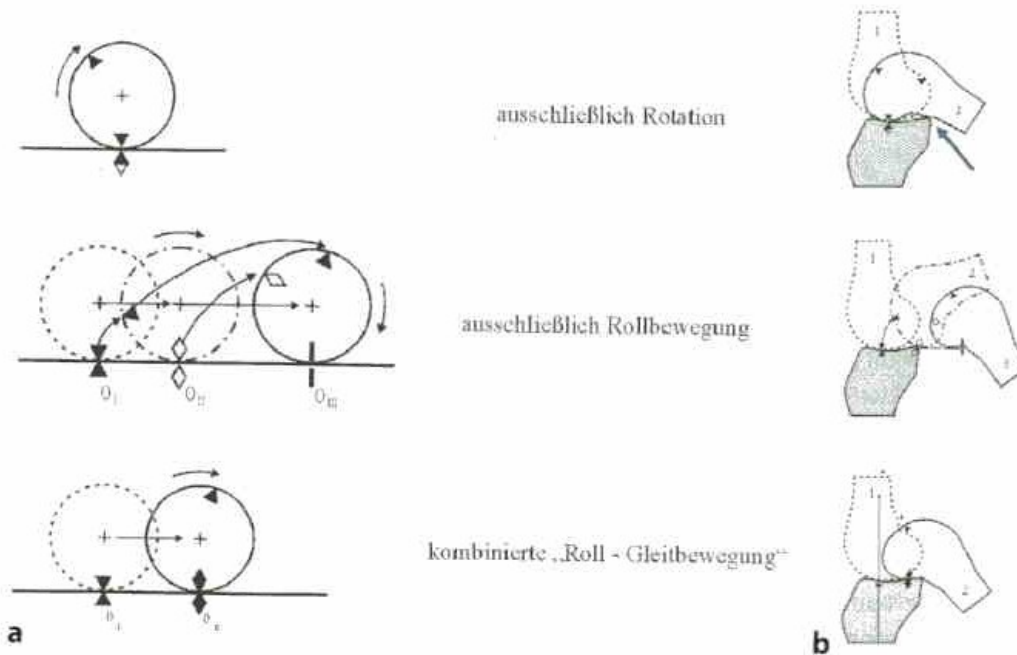


Abb.2.1.1b: Kinematisches Modell des Kniegelenks a) vereinfachendes Modell einer Zylinderwalze, b) Schemazeichnung des Kniegelenks [74]

Dieses Bewegungsmuster ist notwendig, da bei unterschiedlichen Oberflächengrößen der Gelenkkörper bei ausschließlicher Rotation ein vorzeitiges Anschlagen an der Tibiakante erfolgen würde [74]. Der Bewegungsvorgang wird sowohl knochen- als auch band- und muskelgeführt umgesetzt. Der tibio-femorale Kontaktpunkt wandert während der Streckung auf dem knöchernen, mit Menisken bedeckten Tibiaplateau von posterior nach anterior. Von der maximalen Beugeposition bis zu 30° Flexion gleitet das Femur, danach rollt es bis zur Vollstreckung. Dabei beträgt die mittlere totale Translation (Gleiten) 4,2 – 4,5mm [1]. Diese Änderung des Kontaktpunktes wird beim gesunden Kniegelenk hauptsächlich von intakten Kreuzbändern vorgegeben.

Wegen der unterschiedlich großen Gelenkflächen von Femurkondylen und Tibiakopf hängt die Stabilität des Gelenks wesentlich von intakter Bandführung, ungestörter dynamischer Stabilisierung durch die Muskulatur und nicht zuletzt von intakten Menisken ab.

Die Menisci vergrößern die druckübertragende Kontaktfläche der beiden artikulierenden Flächen und bestehen aus Faserknorpel. Bei Bewegung im Kniegelenk verformen und verschieben sich die Menisci auf dem Tibiakopf. So bilden sie transportable Gelenkpfannen für die Femurkondylen.

Die Gelenkkapsel entspringt kurz oberhalb der Knorpelknochengrenze von Femur und Tibia und lässt die Epikondylen frei. An der Ventralseite grenzt die Patella mit ihrer überknorpelten Facies articularis unmittelbar an die Gelenkhöhle und ist direkt in die Kapsel eingelassen.

Für die Führung der Bewegungen im Kniegelenk spielen Bänder eine weit wichtigere Rolle als bei jedem anderen Gelenk des menschlichen Körpers. Man unterscheidet Außen- und Binnenbänder. Zu den Außenbändern gehören die Ligg. collateralia fibulare et tibiale. Beide Kollateralbänder dienen bei gestrecktem Knie der Stabilisierung des Gelenks, bei gebeugtem begrenzen sie die Außenrotation [73]. Die Binnenbänder werden durch die Kreuzbänder, Ligg. cruciata anterior et posterior, repräsentiert. Diese Bänder sichern den gelenkigen Kontakt von Femur und Tibia und verhindern das Abgleiten der Femurkondylen von der Gelenkfläche des Tibiakopfes. Die Funktion der Kreuzbänder wird als sog. überschlagene Viergelenkkette bezeichnet [31].



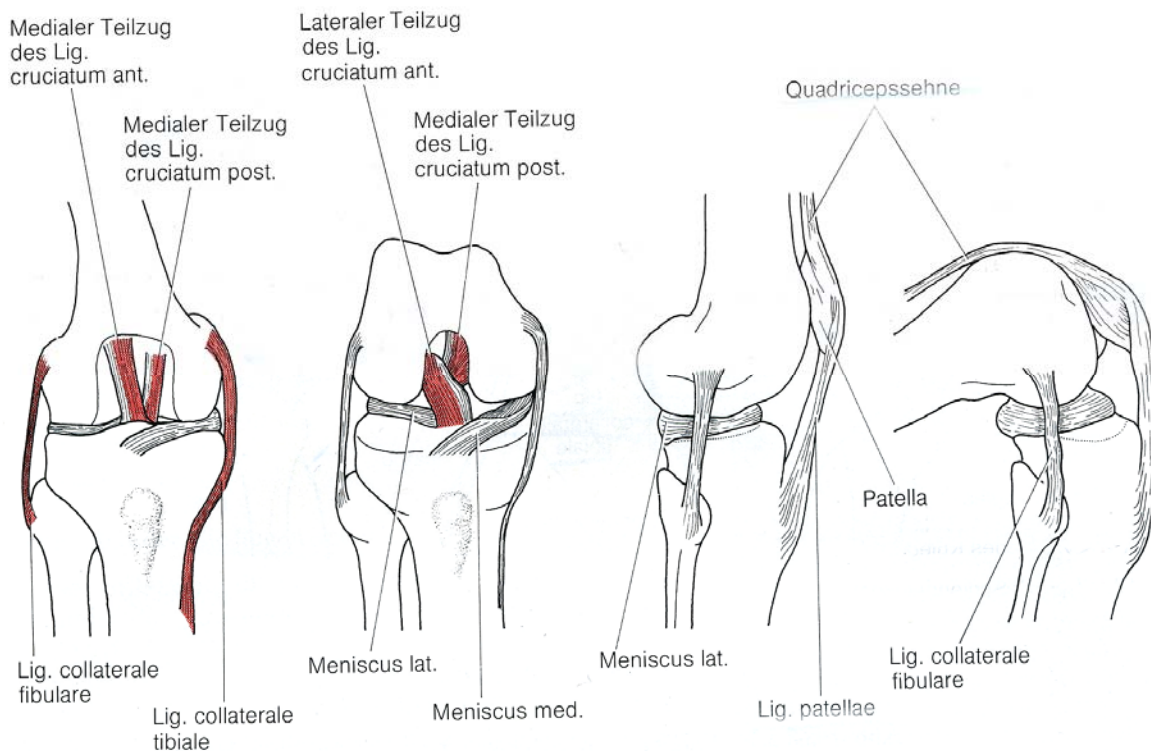


Abb.2.1.1c: Bänder des rechten Kniegelenks bei Streckung und Beugung, Ansicht von ventral und lateral, rot die gespannten Anteile der Bänder [73]

Um die Kinematik des natürlichen Kniegelenks zu imitieren, ist es erforderlich, die normalen Achsenverhältnisse wiederherzustellen. Beim Erwachsenen steht die Schaftachse des Femur in einer physiologischen Valgusstellung zur Längsachse der Tibia. Diese Stellung beschreibt der Tibiofemoralwinkel, ein nach lateral offener Winkel von etwa  $175^\circ$  (sog. frontaler Kniewinkel). Unter diesen Normbedingungen verbindet die Traglinie des Beins (Mikulicz-Linie) den Hüftkopfmittelpunkt mit dem des Sprunggelenks und liegt dabei in der Mitte des Kniegelenks. Ein Verschieben der Traglinie in Valgusstellung führt zu Verlagerung der kraftübertragenden Fläche im Gelenk nach lateral, bei Varusstellung nach medial. Somit resultiert eine übermäßige Belastung und letztlich Abnutzung der lateralen bzw. medialen Gelenkflächen.

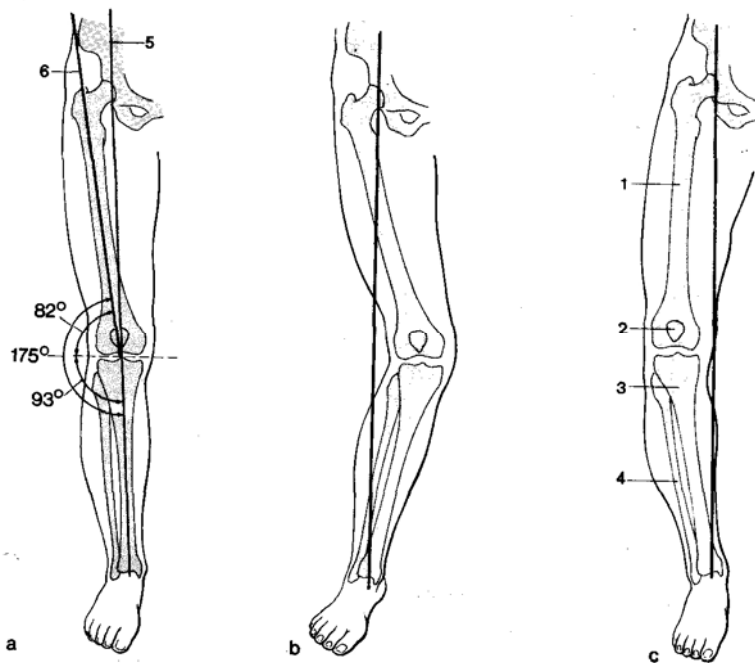


Abb.2.1.1d: Frontaler Kniewinkel und Traglinie des Beines [23]

Beugung ist aktiv um etwa  $130^\circ$  möglich, dann werden die Flexoren des Kniegelenks insuffizient. Passiv lässt sich das Knie durchschnittlich um etwa  $155^\circ$  beugen, ehe eine Weichteilhemmung die Bewegung beendet. Die Streckung wird durch Anspannung der Kollateralbänder und von Teilen der Kreuzbänder gebremst.

Eine nennenswerte Überstreckung ist nur beim Kleinkind physiologisch.

Unterschiedliche Muskeln und Muskelgruppen wirken auf das Knie: Im Kniegelenk beugen hauptsächlich die ischiokruralen Muskeln, nämlich die Mm. semimembranosus, semitendinosus und biceps femoris. Es streckt der M. quadriceps femoris, rotieren die Tibia einwärts hauptsächlich die Mm. semimembranosus, semitendinosus und popliteus und rotiert die Tibia auswärts vor allem der M. biceps femoris.

Der M. quadriceps femoris muss beim Treppensteigen nahezu das gesamte Körpergewicht tragen, und muss auch bei Beugung im Kniegelenk rechtzeitig bremsen und die gewünschte Position fixieren. Beim Aufstehen aus dem Sitzen, beim Aufrichten des Körpers aus dem Liegen und aus der Hocke spielt der M. quadriceps femoris die wesentliche Rolle. Als kräftigster Beuger des Kniegelenks und auch als wirkungsvollster Innenkreisler dient der M. semimembranosus. Zudem wirkt die Überhöhung des äußeren Femurkondylus einer Luxation der Patella nach lateral entgegen. Bei der Kniebeuge kommt die Halte-

funktion vor allem den Mm. vasti zu. Beim Ausfall des M. quadriceps femoris ist eine aktive Streckung im Kniegelenk unmöglich.

Das physiologische Verhalten von Tibia und Femur optimiert den Hebelarm des M. quadriceps femoris in Verbindung mit dem Ligamentum patellae, wodurch der erforderliche Kraftaufwand bei voller Kniestreckung das tolerierbare Ausmaß nicht übersteigt. Die Kraft des muskulär-ligamentären Hebelarms variiert mit den Knieflexionswinkeln. Beim Gehen (Flexion  $0^{\circ}$ - $50^{\circ}$ ) ist die Kraftbelastung am geringsten, bei einer Beugung über  $120^{\circ}$  jedoch maximal.

Die unterschiedlichen mechanischen Wirkungsgrade hängen vom jeweiligen tibio- sowie patellofemorale Kontaktpunkt und der Zugrichtung des Ligamentum patellae ab.

Im physiologischen Bewegungszyklus verschieben sich die Menisken kontinuierlich und wandern in der Extensionsbewegung nach anterior. Der laterale Meniskus dabei in größerem Umfang und an den vorderen Partien mehr als an den Hinterhörnern. Durch funktionierende Meniskallager, sowie ausbalancierte Bandstrukturen werden die intraartikulären Druck- und Scherkräfte etwa zur Hälfte reduziert. Dadurch werden sie im tolerablen Bereich gehalten, in dem die Menisken die Last aufnehmende Fläche auch aufgrund ihrer Motilität vergrößern. Ein Ausfall dieser faserknorpeligen Gelenkanteile vermindert drastisch die tibiofemorale Kontaktfläche. Zudem führt der Verlust zu einer Erhöhung des Druckes, da dieser sich aus dem Quotienten von Last pro Fläche ergibt. Summarisch verliert ein Gelenk ohne Menisken Schutz vor Abrieb durch den sich ständig wiederholenden dynamischen Roll- und Gleitvorgang.

Das Fehlen des vorderen Kreuzbandes erzeugt eine paradoxe Bewegung der femoralen Komponente; das Rückwärtsrollen des Oberschenkels bei zunehmender Beugung bleibt aus, häufig kommt es zur pathologischen nach vorn gerichteten Bewegung [1]. Daneben verliert das laterale Seitenband seine Unterstützung, was die Führung des lateralen Femurkondylus schwächt. Das hintere Kreuzband hat zusätzlich die Aufgabe eines „lateralen Seitenbandes“ der medialen Femurkondyle zu erfüllen und zur gesunden Kinematik beizutragen [1]. Das Zusammenspiel aus Geometrie und Materialeigenschaften der natürlichen Gelenkkörper verhindert in Grenzen eine statodynamische Überlastung.

Die komplizierte Mechanik des Kniegelenks kann und soll im Zuge endoprothetischer Verfahren nicht wiederhergestellt werden. Vielmehr sind biomechanische Kompromisse notwendig, um die postoperative Funktion möglichst günstig zu gestalten [27].

### 2.1.2 Das Schultergelenk

Das Schultergelenk, *Articulatio humeri*, gehört zu den Kugelgelenken und ist das Gelenk mit dem größten Bewegungsumfang aller Gelenke des Menschen [73].

Es artikulieren Humeruskopf und Scapula (Glenohumeralgelenk) im Verbund einer fünf-gliedrigen Gelenkkette mit Sternoclavicular- und Acromioclaviculargelenk, scapulothorakaler Gleitschicht u. subacromialem Nebengelenk.

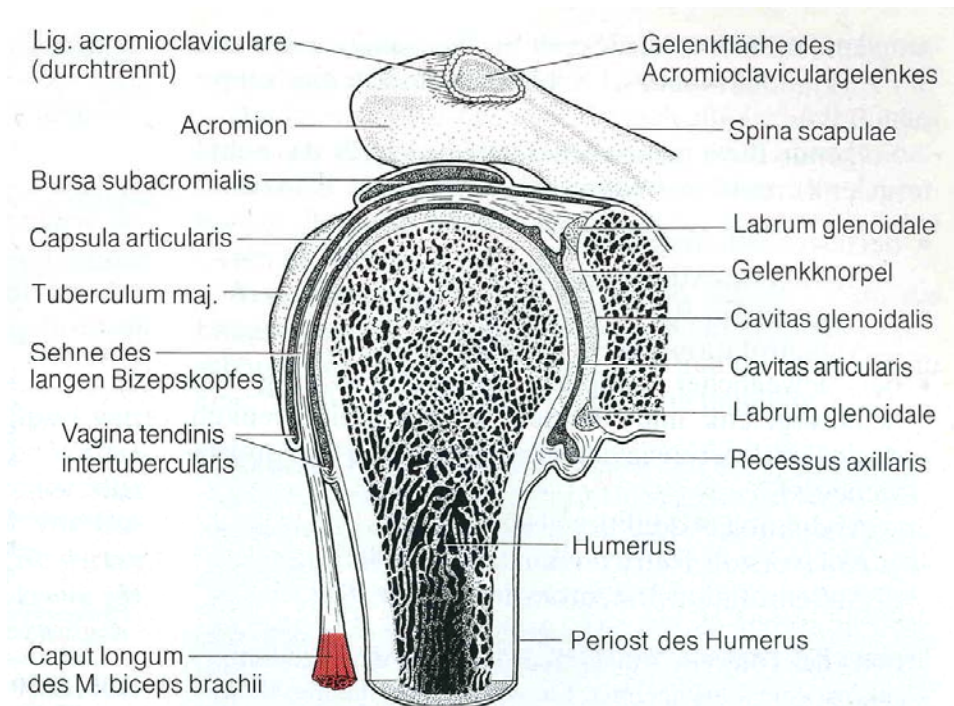


Abb.2.1.2a: Frontalschnitt durch das rechte Schultergelenk, Ansicht der dorsalen Hälfte von vorn [73]

Das Schultergelenk ist mit seiner Mechanik wohl das komplexeste Gelenk des Menschen, denn es muss ständig den Ausgleich zwischen den Funktionen Stabilität und Mobilität sichern, was durch neuromuskuläre Abstimmung der statischen und dynamischen Kräfte physiologischerweise gelingt [26]. Eine Störung des Zusammenspiels führt zur glenohumeralen Instabilität und zu periartikulären Schmerzsyndromen.

Das Schultergelenk ist ein kraftschlüssiges Gelenk. Die Mobilität ist außergewöhnlich groß und wird durch das Funktionieren des fünfgliedrigen Schultergürtels sowie durch eine geringe Formschlüssigkeit ermöglicht. Zudem gestattet die Erweiterung der Glenoidfläche durch Labrum glenoidale und Gelenkkapsel, sowie eine erhöhte Kraftschlüssigkeit einen großen Bewegungsspielraum. Letzteres, die aktive Stabilisierung, ist abhängig von Umfang und Funktionsfähigkeit der *Mm. deltoideus*, *infraspinatus* und *subscapularis*.

Im Gegensatz zu einem formschlüssigen Kugelgelenk (z. B. das Hüftgelenk mit drei Freiheitsgraden) erreicht das kraftschlüssige Glenohumeralgelenk durch zusätzliche Translationsbewegungen fünf Freiheitsgrade und bleibt auf Grund muskulärer Kompressionskräfte stabil [54].

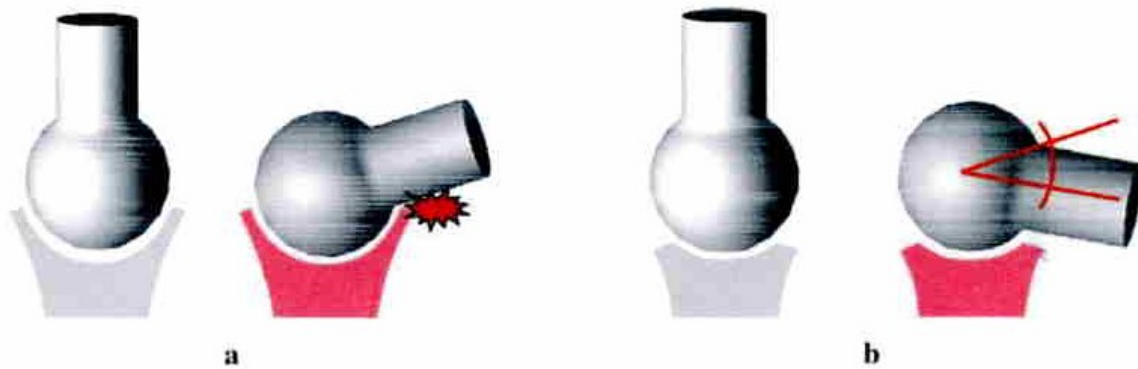


Abb.2.1.2b: Zugewinn an Beweglichkeit durch Abnahme der Formschlüssigkeit im Glenohumeralgelenk, a) formschlüssiges Gelenk, b) kraftschlüssiges Gelenk [26]

Aus der Neutral-0-Stellung ist im Schultergelenk eine Abduktion des Humerus um etwa  $90^\circ$  möglich, danach stößt der Humerus an das Dach des Schultergelenks (Acromion, Lig. coracoacromiale, Processus coracoideus). Ein weiteres Anheben über die Horizontale ist nur durch die Einbeziehung der Bewegungsmöglichkeit des Schultergürtels mit Rotation des Humerus und Stellungsänderung der Cavitas glenoidalis durch Drehen der Scapula möglich [73]. So wird die funktionelle Kapazität, der Verkehrsraum des Oberarmes, signifikant erhöht.

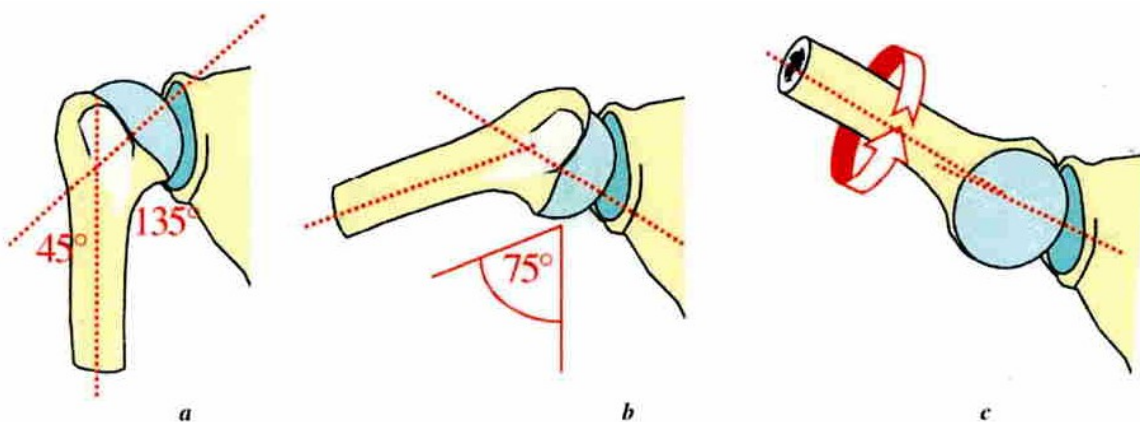


Abb.2.1.2c: Zugewinn an Elevation durch Außenrotation des Humerus [26]

Es ergeben sich im Schultergürtel Bewegungswinkel für Abduktion/ Adduktion von  $180^\circ - 0^\circ - 40^\circ$ , Anteversion/ Retroversion von  $180^\circ - 0^\circ - 40^\circ$  und Außenrotation/ Innenrotation von  $70^\circ - 0^\circ - 90^\circ$ . Physiologischerweise und schon bei geringen Bewegungsgraden addieren sich reine Rotationsbewegungen mit einem Abrollen und Gleiten des Humeruskopfes auf der Schulterblattpfanne. Hierbei wandert der Kontaktpunkt zwischen den Gelenkflächen abhängig von der Bewegungsebene und erzeugt unterschiedliche kompressive Zustände in den einzelnen Gelenkflächenarealen [78]. Die passiven und aktiven Stabilisatoren sichern jedoch, dass sich das Rotationszentrum des Humeruskopfes nicht mehr als 5 mm vom geometrischen Mittelpunkt entfernt [32]. Krankhafte Adduktionskontrakturen oder Rotatorenmanschettendefekte, auch nicht ideal positionierte Prothesenteile führen zu pathologischen Translationen und damit zu Funktionsdefiziten sowie besonders bei formschlüssigen Totalendoprothesen zu deren Lockerung.

Die Stabilität eines kraftschlüssigen Gelenkes wird grundsätzlich durch die Resultierende der funktionellen Kräfte in der gegebenen anatomischen Situation erzeugt. Die formschlüssigen Anteile sind der Humeruskopf, das Glenoid, das faserknorpelige Labrum glenoidale und die kapsulogenen Strukturen.

Eine Besonderheit des Schultergelenkes besteht in der relativ kleinen Artikulationsfläche der Gelenkpartner. Die Gelenkflächen sind nicht konform, die Krümmungsradien der Gelenkkörper sind unterschiedlich, die Gelenkpfanne ist flacher [39],[58]. Die Pfannenfläche erreicht nur  $1/4$  bis  $1/3$  des gelenkbildenden Humeruskopfanteils. Das Zusammenpassen der Gelenkflächen wird durch unterschiedliche Knorpelschichtdicke und das fibrocartilaginäre Labrum erreicht. Beide Gelenkflächen haben eine Führung, die den Translationbewegungen Widerstand leistet. Diese Führung ist abhängig von der Konkavität der Pfanne und der dynamischen Konkavitätskompression [54]. Aus dieser anatomischen Konfiguration resultiert eine große Bewegungsfreiheit, aber ebenso eine Instabilität. Ein verzahntes System von intaktem labrukapsulärem Komplex mit den formgebenden Elementen sorgt physiologischerweise in einem komplizierten Zusammenwirken für die erforderliche Stabilität. Hierbei kommt dem oberen Labrumkomplex eine besondere Gewichtung zu.

Der Labrumkomplex besteht aus superiorem, anteriorem und posteriorem Labrum und der proximalen Insertion der langen Bizepssehne. Die Verankerung der langen Bizepssehne findet man nicht nur am Glenoid, am Tuberculum supraglenoidale, sondern zusätzlich auch am cranialen Labrum. Eine Loslösung von Bizepssehne und cranialem Labrum von posterior nach anterior stellt nach Definition von Snyder [77] die SLAP –Läsion (superior labrum anterior to posterior) dar. Untersuchungen aus letzter Zeit belegen, dass die SLAP-

Läsion häufig zu Instabilitätsproblemen an der Schulter führt. Der obere Labrumkomplex hat viele Normvarianten. So z.B. das Foramen sublabrale, eine Lücke in der Insertion des Labrums am Knochen im vorderen Bereich oder das völlige Fehlen des antero-superioren Labrums, dem sog. Buford – Komplex [85].

Die Gelenkkapsel ist weit und schlaff, um den großen Bewegungsumfang zu ermöglichen. Die Führung des Schultergelenks bewirken Muskeln und in die Gelenkkapsel einstrahlende Sehnen benachbarter Muskeln, wodurch die Kapsel verstärkt wird. Bei Anspannung erweitert diese funktionell die Glenoidfläche, was zur Stabilisierung des Gelenks beiträgt. Die Gelenkkapsel erhöht den Formschluss deutlicher als das cartilaginäre Labrum, besonders bei translatorischen Verschiebungen. Diese Sicherungskraft entfaltet sich jedoch erst, wenn die Stabilisierung durch die anderen Elemente versagt. Die Sicherung des Gelenks durch Bänder ist gering. Sie hemmen eine übermäßige Außenrotation. Kontrakte ligamentäre Strukturen führen zu pathologisch veränderten Translationsbewegungen und somit zu Fehlbelastungen des Glenoids.

Passive Stabilisatoren sind der negative intraartikuläre Druck, der „Vakuumeffekt“ [36] und die Kohäsionskräfte, welche auf viskösen und intermolekularen Wirkungen basieren.

Das Schultergelenk ist vor allem ein Gelenk mit Muskelführung. Ein trichterartiger Muskelmantel, die Rotatorenmanschette, gebildet aus den Mm. supraspinatus, infraspinatus, teres minor und subscapularis, umgibt das Gelenk und agiert als bedeutendster aktiver Stabilisator. Saha [72] bezeichnet die Rotatorenmanschette als Steuermuskeln und räumt ihnen eine Schlüsselrolle bei der Sicherung der hohen dynamischen Stabilität ein. Sie erzeugt die notwendigen Kompressionskräfte mit zentrierender Wirkung, dem „concavity-compressionseffekt“, der bei Abduktion von 90° schon etwa dem hälftigen Körpergewicht entspricht [61]. Die Rotatorenmanschette reduziert den Druck auf den Humeruskopf, entwickelt rezentrierende Translationskräfte auf den Oberarmkopf und erhöht die Ruhespannung der humeroglenoidalen Gelenkkapsel. Diese Muskeln und ihre in die Kapselwand einstrahlenden Sehnen wirken als Kapselspanner, wodurch Einklemmungen von Kapsel-falten und Dislokationen (Luxationen) verhindert werden können.

Kontrollfunktionen bei der Schultermobilität und- stabilität haben auch die Anteile des Del-tamuskels, der M. subscapularis und die vom Thorax ausgehenden und am proximalen Humerus inserierenden Muskeln. So verkleinern die Mm. pectoralis, latissimus dorsi und teres major wirksamer die Kompression des Humeruskopfes im Glenoid als die Rotato-renmanschette [25].

In der Umgebung des Schultergelenks gibt es Schleimbeutel. Sie bilden einen wichtigen Gleitspalt für Bewegungen im Schultergelenk und werden als subacromiales Nebengelenk bezeichnet [23].

Bei Bewegungen des Schultergelenks arbeiten meist Teile mehrerer Muskeln zusammen, wobei die Antagonisten Richtung, Ausmaß und Geschwindigkeit einer Bewegung entscheidend mitbestimmen. Die Wirkung eines Muskels hängt von der jeweiligen Stellung im Kugelgelenk ab, die Muskelfunktion kann sich unter geänderten Ausgangsbedingungen ins Gegenteil verkehren. Durch das Zusammenwirken von Muskelteilen mit verschiedenen Funktionen lassen sich Mischbewegungen, wie z.B. werfen, heranziehen, hochziehen usw. erzielen.

Die normale Kinematik des Schultergelenks stellt sich vereinfacht als ein Kugelgelenk dar, welches um den Mittelpunkt des Humeruskopfes rotiert. Hierbei ist ein humerokapsulärer Rhythmus gefunden worden, der darin besteht, dass die ersten 30° der Bewegung vorwiegend im Humeroglenoidalgelenk geschehen, darüber hinaus der Bewegungsumfang aber überwiegend aus der fünf- gliedrigen Gelenkkette resultiert. Pathologische Zustände, auch problematische Endoprothesen, verändern die physiologische Kinetik nachhaltig mit konsekutiver Funktionseinbuße.

## 2.2 Primär und sekundär maligne Knochentumoren

Primär maligne Skelettumoren sind selten und machen beim Menschen ca. 5% aller bösartigen Tumoren aus [70] und nur ca. 1% aller primären Malignome. Zwei Drittel der primären Knochentumoren finden sich bei Jugendlichen. Dem liegt zugrunde, dass primäre Tumoren des Skelettsystems sich meist in Zonen intensiven Wachstums ausbilden. Diese Knochenbezirke sind die Epi- bzw. Metaphysen, besonders bei Jugendlichen im Wachstumsschub der Pubertät [40].

Im Kindes- und Jugendalter machen Sarkome 10% aller Neoplasien neben den malignen Lymphomen und den Leukämien aus. Bei ungefähr 3,4% der Malignome im Kindesalter handelt es sich um Knochensarkome, zu 60% Osteosarkome, zu 25% Ewingsarkome [93]. Die Inzidenz der Osteosarkome liegt bei 2–3/1Mio. im Jahr, die der Ewingsarkome bei 0,6 – bis 0,8/1Mio im Jahr [22]. Knochentumoren werden anhand ihres Stammgewebes über ihre histologischen und zytologischen Eigenschaften definiert und histogenetisch klassifiziert.



Primäre Knochentumoren haben ihren Ursprung vor allem im Knochen-, Knorpel-, Markraum- und Bindegewebe und gehen auch von Fett-, Muskel-, Gefäß-, und Nervengewebe aus.

Das Osteosarkom bildet pluripotente Knochenzellen, die Osteoid und Knochen produzieren. Es ist ein sehr bösartiger Tumor, der auch fibro-, chondro-, angio- und anaplastische Merkmale aufweisen kann. Die entartete Wachstumskraft der Tumorzelle ermöglicht daher auch die Entstehung fibro- bzw. chondrosarkomatöser Gewebskomponenten. Die Hälfte dieser Geschwülste hat jedoch osteoblastische Kriterien. Der Ursprungsort liegt überwiegend intramedullär, seltener cortical oder extraossär. Auch periostale und juxtacorticale Osteosarkome kommen gelegentlich vor. 90% der intramedullär entstandenen Osteosarkome werden in den proximalen und distalen Regionen der langen Röhrenknochen angetroffen, betont in der Kniegelenksregion. Osteosarkome machen 20% der primär malignen Knochenprozesse aus. Dieser Tumortyp metastasiert sehr rasch, vornehmlich in die Lunge.

Differentialdiagnostisch verlangen der Riesenzelltumor (Osteoklastom), das Osteoblastom, die aneurysmatische Knochenzyste und auch der Frakturkallus nach Ermüdungsbrüchen Beachtung.

Das Ewingsarkom, 1921 vom Erstbeschreiber „Knochenendotheliom“ genannt, ist ebenfalls hoch maligne und früh in Lunge und das übrige Skelett metastasierend. Seine zelluläre Herkunft ist noch nicht geklärt. Dieses Sarkom wächst überwiegend, nicht ausschließlich, dia- und metaphysär und wird etwa bis zum 20. Lebensjahr gefunden.

In der Differentialdiagnose bereitet die Osteomyelitis häufig Schwierigkeiten.

Das Chondrosarkom -knorpelsubstanzbildend- befällt bevorzugt Becken und Hüftgelenk sowie die Wirbelsäule überwiegend bei Erwachsenen und es metastasiert eher selten.

Das Fibrosarkom bedroht mit seinen bösartigen Kollagenfasern das Knochengestüst, ist betont metaphysär lokalisiert und auch weniger häufig anzutreffen. Es ist ein Tumor des Erwachsenen.

Aufgrund der Häufigkeitsverteilung lassen sich den einzelnen Tumoren Prädilektionsorte und Prädilektionsalter zuordnen

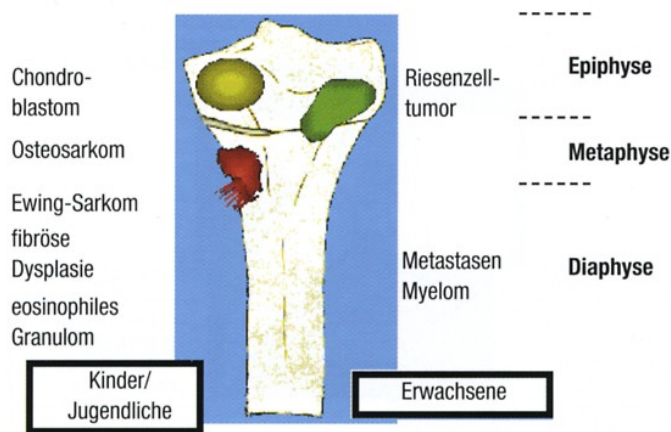


Abb. 2.2a: Prädislokationsorte primärer und sekundärer Knochentumoren [35]

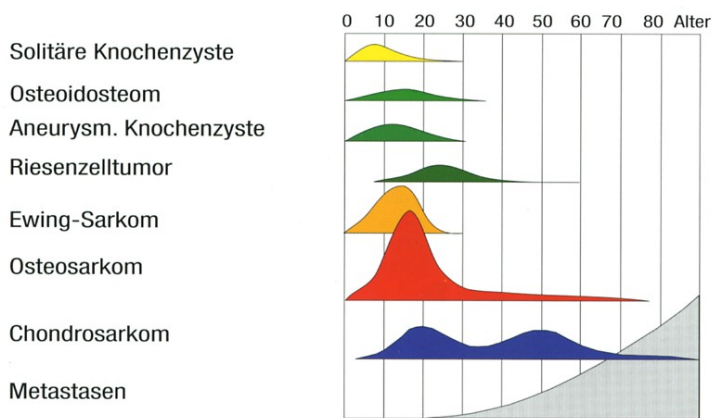


Abb. 2.2b: Prädilektionsalter von primären und sekundären Knochentumoren [35]

Diagnostisch sind demnach vor allem das Alter und die anatomische Lage bedeutsam. Die meisten Knochentumoren entwickeln sich jeweils in einem typischen Zeitintervall. So liegt der Altersgipfel des Ewingsarkoms zwischen dem 5. und 15. Lebensjahr, der des Osteosarkoms im Zeitraum vom 10. bis 20. Lebensjahr. Die anatomische Lage, sowohl im Gesamtskelett als auch im jeweiligen Skelettabschnitt, gibt wichtige diagnostische Hinweise, so z.B. das Osteosarkom kniegelenksnah, das Chondrosarkom häufig in Becken - und Hüftbereich, Metastasen vermehrt in der Wirbelsäule und den Rippen.

Bei epiphysär lokalisierten Neubildungen handelt es sich eher um Riesenzelltumore, wenn die Epiphysenfugen geschlossen sind. In Fällen noch offener Wachstumsfugen kommen aber bei dieser Lokalisation eher Chondroblastome in Betracht.

Diaphysär entwickeln sich bei Kindern und Jugendlichen neben dem Ewingsarkom fibröse Dysplasieherde und eosinophile Granulome. Im Erwachsenenalter sind im Diaphysenbereich der langen Röhrenknochen eher Plasmozytome und Metastasen anzutreffen.

Neben den primären Skelettumoren spielen auch die ossären Metastasen einer Vielzahl anderer maligner Tumoren eine bedeutsame Rolle. Diese sekundären Skelettumoren treten häufig im höheren Lebensalter auf und sind bevorzugt am Körperstamm, an der Wirbelsäule und am Becken, zu finden. Die Extremitäten sind für Metastasen eine seltene Lokalisation [35].

### 2.3 Diagnostische Strategie

Das Erkennen und Differenzieren von Knochentumoren stellt an den behandelnden Arzt hohe Anforderungen. Die im Vergleich zu anderen Neoplasien geringe Inzidenz der Knochentumoren führt u.a. mangels Erfahrung leicht zu einer Fehleinschätzung. Zusätzlich erschwerend für die diagnostische Klärung ist die große Anzahl verschiedener pathologischer Entitäten dieser Tumorengruppe. Die Vielgestaltigkeit und der unspezifische Charakter der Erstsymptomatik erfordert eine gezielte Stufendiagnostik, frühzeitig in einem entsprechenden Tumorzentrum, um folgenschwere Zeitverzögerungen in Diagnostik und Therapie zu vermeiden. Eine korrekte Diagnose und die genaue Differenzierung des Primärtumors sind für das optimale therapeutische Vorgehen entscheidend. Die Effektivität der medizinischen Behandlung beeinflusst entscheidend das Überleben der Patienten.

Im Vordergrund stehen die ausführliche und genaue Anamnese und eine gründliche klinische Untersuchung. Die Patienten stellen sich häufig mit unspezifischen Beschwerden vor, die meist in einen Kausalzusammenhang mit Bagateltraumen gebracht werden. Uncharakteristische Symptome, wie mäßige Schmerzen, Gewebeschwellung, Überwärmung und Rötung werden von den Patienten angegeben und sind anfänglich dominierend bis ausschließlich zu explorieren. So sind Größenzunahme bei Weichteilschwellungen, Körpergewichtsveränderungen und Beeinträchtigungen des Allgemeinzustandes, auch vorausgegangene Traumata differentialdiagnostisch bedeutsam. Anamnestisch und bei der Untersuchung muss auf diagnostisch eventuell relevante Lokalisationen gezielt geachtet werden.

Weiterführend sind die zeitlichen Zusammenhänge der einzelnen Symptome und Hinweise auf sekundär entstandene Probleme infolge Infiltration, Funktionsbehinderung oder Verdrängung der Nachbarstrukturen. Beachtung verlangt auch die Erfahrung, dass vor allem

Kinder dazu neigen, die Schmerzlokalisierung auf das nächstgelegene Gelenk zu projizieren, so wird zum Beispiel ein Hüftschmerz als ein solcher im Kniegelenk angegeben.

Die klinische Untersuchung erfordert eine exakte Erfassung des Lokalbefundes und, nach Ausschluss von weniger bedrohlichen Erkrankungen, eine Ganzkörperuntersuchung (Haltungs- und Bewegungsapparat, internistischer und neurologischer Status).

Laborchemisch existieren für die Knochensarkome keine sicheren Parameter. Erhöhte Werte der Blutsenkung und der alkalischen Phosphatase sind Hinweise auf pathologische Knochenprozesse. Für das Plasmozytom sind der Nachweis monoklonaler Banden in der Immun-Elektrophorese im Serum oder Bence-Jones-Proteine im Urin als Laborparameter diagnostische Zeichen. Die bekannten humoralen Tumormarker haben derzeit nur eine hohe Spezifität bei Tumoren anderer Muttergewebe, z.B. Prostata (PSA), Leber (Alpha-Feto-Protein) [35]. Ihre Kenntnis unterstützt differentialdiagnostische Bemühungen bei Verdacht auf einen metastatischen Charakter der vorliegenden Knochenpathologie.

Das konventionelle Röntgenbild in zwei Ebenen stellt die Basis in der Diagnostik der Knochentumoren dar. Erste Beurteilungen der Dignität und der Art des Tumors sind möglich. Dabei können additive Ossifikationen, Verkalkungen und Periostreaktionen wichtige diagnostische Aufschlüsse geben. Für eine sichere Beurteilung des Röntgenbildes ist ein ausreichend großer Bildausschnitt zu fordern.

Osteolytische und osteosklerotische Destruktionen sowie reaktive Veränderungen im Metaphysenbereich weisen auf ein Osteosarkom hin. Unscharfe Tumorgrenzen, schalenartige Knochenneubildung mit Periostabhebung und die Bildung von Periostspornen als sog. Codmannsches Dreieck, sowie Spiculae als tumoreigene, radiär ausgerichtete Osteophyten sind ebenso morphologische Hinweise auf osteosarkomatöse Prozesse im konventionellen Röntgenbild.



Abb.2.3a: konventionelles Röntgenbild eines Kniegelenks rechts mit einem Osteosarkom

Die radiologische Bewertung schließt die diagnostisch bedeutsame anatomische Lage des Tumorgewebes, die Beschaffenheit der Kortikalis und die Grenzzone zwischen Läsion und gesundem Gewebe ein, woraus sich der entscheidende Aufschluss über das biologische Verhalten des Tumors ergibt. Eine enge und scharf begrenzte Übergangszone mit sklerotischer Wallbildung in der Spongiosa spricht für ein langsames, höchstwahrscheinlich gutartiges Wachstum, da der umgebende, gesunde Knochen mit einem Sklerosesaum reagieren konnte. Dagegen spricht eine unscharfe, fließende Grenzzone ohne sichtbare Reaktion des umgebenden Knochens für einen schnell wachsenden, aggressiven Prozess mit infiltrativem Charakter, etwa dem eines malignen Tumors. Auch ein aggressiver benigner Tumor oder eine Infektion bilden sich ähnlich ab. Bei besonders rasantem Tumorstwachstum verbleiben ursprüngliche Kortikalisinseln, zwischen denen der Tumor sich ausbreitet; es entsteht ein sog. mottenfraßartiges Bild. Der Tumor selbst ist im Röntgenbild sichtbar, wenn die Dichte des Tumorgewebes deutlich gegenüber der des umgebenden Gewebes differiert oder wenn die Tumormatrix selbst mineralisiert ist. Aus der Periostreaktion des Knochens ergeben sich weitere diagnostische Informationen. Nach Perforation der Korti-

kalis durch den Tumor hebt sich das Periost ab und reaktiv entsteht eine Knochenlamelle, die ihrerseits wieder durchbrochen werden kann. Es resultiert das sog. Zwiebelschalenphänomen. Durch Mineralisationen entlang der gedehnten Sharpeyschen Fasern entstehen röntgenmanifeste Spiculae. Derartige Phänomene weisen auf einen destruierenden, malignen Prozess im Knochen hin.

Um die differentialdiagnostische Einordnung, die biologische Aktivität und die lokale Ausdehnung des Tumors detaillierter beurteilen zu können, sollten weitere radiologische Untersuchungen erfolgen, so eine Szintigraphie, eine CT und eine MRT. Hierdurch ergeben sich Zusatzinformationen für einen optimalen und individuell angepassten Therapieplan.

Die Knochenszintigraphie ermöglicht die Erfassung der Skip lesions und die Darstellung von ossären Metastasen eines möglicherweise unbekanntem Primärtumors. Sie stellt die Knochenstoffwechselaktivität bildlich dar und ist ein sehr sensitives, jedoch wenig spezifisches Verfahren.

Die Computertomographie (CT) sowie die Magnetresonanztomographie (MRT) sind bei der Eingrenzung der Tumorausdehnung die entscheidenden diagnostischen Hilfsmittel. Bei kortikalen Veränderungen oder der Suche nach Matrixkalzifikationen bzw. Ossifikationen im Tumor ist die CT die Methode der Wahl. Diese Untersuchung ist auch eine günstige Möglichkeit der Metastasensuche, z. B. das Feinschicht- Lungen- CT.

Das Verfahren der Wahl zur Erfassung der lokalen Ausbreitung ist die Magnetresonanztomographie (MRT). In mindestens einer Schichtebene sollten T1- und T2-gewichtete Messsequenzen nativ sowie eine T1-gewichtete Sequenz (ggf. mit Fettunterdrückung) nach i. v.- Gabe von Kontrastmittel durchgeführt werden. Auch zur Abgrenzung des Tumors von Weichteilgewebe und Gefäß-/ Nervenstrukturen sowie zur Erfassung der intramedullären Tumorausdehnung ist die MRT das beste diagnostische Mittel [35] ebenso zur Festlegung des Kompartimentbefalls. Am wachsenden Skelett gelingt es mit diesem Verfahren, ein möglicherweise die Epiphysenfugen überscheidendes Tumorstadium exakt zu erfassen. Eine Unterscheidung zwischen vitalen und nekrotischen Gewebeanteilen gelingt mit der MRT relativ sicher.

Zur Beurteilung der Fernmetastasierung sind die Röntgen- und CT-Untersuchung des Thorax obligat, gegebenenfalls ergänzt durch Ultraschall- und CT-Bildgebung des Abdomens.

Die Therapieüberwachung wird mittels MRT durchgeführt, wobei auf den Einsatz stark T2 gewichteter sowie T1 gewichteter, kontrastmittelverstärkter Sequenzen zu achten ist. Damit ist die höchste Sensitivität und Spezifität in der Darstellung von residualem vitalem

Tumorgewebe und die bestmögliche Differenzierung zu nekrotischem Gewebe zu erreichen.

Die Positronen- Emissions- Tomographie (PET) eröffnet die Möglichkeit, das Ausmaß von Stoffwechselaktivitäten des Tumorgewebes zu eruieren. Sie wird zur Überwachung der Therapieerfolge nach neo-bzw. adjuvanter Therapie und zur Feststellung eventueller Rezidivmanifestationen herangezogen.

Die Artdiagnose durch Klinik und Bildgebung ist bisher häufig nur näherungsweise möglich. Gesichert wird der Charakter des Tumors erst durch eine Probeexzision mit nachfolgender histologischer Bewertung. Sie dient als letzte und wichtigste diagnostische Maßnahme. Die chirurgische Intervention im Tumorgewebe hat schonend und sensibel zu erfolgen, um eine Tumorzellverschleppung durch Eröffnung weiterer Kompartimente zu vermeiden. Zwei Formen der Gewebsentnahme sind möglich, eine offene oder eine geschlossene Biopsie (Stanzbiopsie, Feinnadelaspiration).

Die offene Entnahmeform kann als Inzisionsbiopsie mit intraoperativem Schnellschnitt oder in Form der Exzisionsbiopsie als radikaler Eingriff mit Entfernung der Neubildung praktiziert werden. Erstere führt zu einer geringeren Tumorzellkontamination des OP-Gebietes und ist die am häufigsten verwendete Methode bei malignitätsverdächtigen Herden. Hierbei ist eine ausreichend repräsentative Gewebeprobe zu gewinnen, was bei der Vielfalt der Gewebeentitäten die histopathologische Diagnostik sicher macht. Die Exzisionsbiopsie bietet sich bei Tumoren kleineren Ausmaßes und gesicherter Markierung der Grenzen an. So werden Diagnostik und Therapie in einem Schritt vereinigt. Die geschlossene Biopsie ist minimalinvasiv, deshalb mit weniger perioperativem Risiko verbunden. In einer prospektiven Studie zwischen Stanz- und Inzisionsbiopsie zur diagnostischen Sicherheit fand sich eine zwar nicht signifikante aber doch deutlich höhere Treffsicherheit der offenen Gewebsentnahme. Eine durchgeführte Schnellschnittverarbeitung klärt, ob ausreichend aussagekräftiges Gewebe gewonnen wurde und sichert die endgültige Diagnose. Eine mikrobiologische Untersuchung des Biopsiematerials ist zwingend, um die differentialdiagnostisch relevante Möglichkeit einer Knocheninfektion ausschließen zu können.

## 3 Limb Salvage

### 3.1 Einleitung

Ziel des Limb Salvage ist der Erhalt der Extremität nach Resektion primär und sekundär maligner Tumoren durch Wahrung der Kontinuität mittels überbrückender Rekonstruktionen. Um die maximale onkologische Radikalität der Tumorresektion zu erreichen, entsteht häufig ein Substanzdefekt, der nicht immer mit eigenem Knochenmaterial zu kompensieren ist. Somit wird eine künstliche Überbrückung notwendig, um den distalen Knochenanteil mit dem proximalen zu verbinden. Bei gelenkübergreifenden Resektionen wird ein funktioneller Gelenkersatz entsprechend der biomechanischen und statodynamischen Anforderungen angestrebt. Dabei kann die komplizierte Biomechanik der Gelenke nicht vollständig wiederhergestellt werden. Biomechanische Kompromisse sind notwendig, um die postoperative Funktion möglichst günstig zu gestalten.

Voraussetzung für extremitätenerhaltende Operationsmethoden sind eine komplette Tumorentfernung sowie eine funktionstüchtige Überbrückung des entstandenen Knochen – und Gelenkdefekts. Verschiedene chirurgische Techniken wurden entwickelt, um das Problem der Defektüberbrückung zu lösen. Es kamen Rekonstruktionsverfahren mit biologischen Materialien sowie Endoprothesen und die Umdrehplastik zur Anwendung [12]. Der vollständige Gelenkersatz galt als schwere Herausforderung. Durch die Schaffung und kontinuierliche Weiterentwicklung verschiedener Spezialendoprothesen und die Schaffung des Knochenzements ergaben sich zunehmend verbesserte Rekonstruktionsverfahren nach operativer Versorgung von Knochentumoren.

Für die erfolgreiche Umsetzung der extremitätenerhaltenden chirurgischen Maßnahmen sind eine umfassende präoperative Diagnostik in Zusammenarbeit mit den Radiologen und Pathologen sowie eine interdisziplinäre Therapieplanung gemeinsam mit internistischen Onkologen und Strahlentherapeuten erforderlich.

Erhebliche Bedeutung kommt dabei der präoperativen Planung des operativen Eingriffs zu. Diese setzt sowohl eine exakte histologische Diagnose, als auch die genaue Bestimmung der Lokalisation und Ausdehnung des Tumors sowohl im Markraum als auch im umgebenden Weichteilgewebe voraus. Der Metastasierungsstatus muss definiert werden. Aus diesen drei Komponenten hat Enneking W. [18] ein Stadiensystem der Tumoren entwickelt, welches eine unabdingbare Basis zur Therapieplanung darstellt und in der klinischen Klassifizierung weit verbreitet ist. Ferner dient die Stadieneinteilung, das „Staging“, dazu, Aussagen über die Prognose machen zu können und eine Vergleichbarkeit der The-



rapieergebnisse zu schaffen. Die histologische Klassifikation, das „Grading“, beschreibt den Dignitätsgrad. Dazu werden Kriterien wie Zelldichte, Zellmorphologie, Mitoserate und Gewebedifferenzierung herangezogen. So wird ein gut bis mäßig differenziertes Gewebe mit G1 (low-grade) bezeichnet, ein schlecht bis entdifferenziertes mit G2 bis G3 (high-grade). Die lokale Ausdehnung der Tumormasse wird in anatomische Kompartimente unterteilt. So beschreibt T1 eine Ausdehnung innerhalb des Kompartiments (intrakompartimental) und T2 eine Ausdehnung über die Kompartimentgrenze (extrakompartimental) hinweg. Der Metastasierungsstatus wird nur mit M1 bei Metastasierung und M0 bei ausschließlichem Lokalbefund definiert. Daraus ergibt sich nun folgendes Stadiensystem:

Tumorstadium	Grading	Ausdehnung	Metastasen
IA	G1	T1	M0
IB	G1	T2	M0
IIA	G2	T1	M0
IIB	G2	T2	M0
IIIA	G1/G2	T1	M1
IIIB	G1/G2	T2	M1

Tabelle 3.1: Stadiensystem der Knochen –und Weichteilsakome nach Enneking

Die operativ erreichten onkologischen Radikalitätsgrenzen beeinflussen das lokale Rezidivrisiko und die hämatogene Streuung und somit auch das Überleben des Patienten drastisch. Daher ist immer eine R0-Resektion, d.h. der Tumor ist im Resektionsrand weder makroskopisch noch mikroskopisch nachweisbar, anzustreben. Eine R1-Resektion beschreibt, dass der Tumor makroskopisch komplett entfernt wurde, aber mikroskopisch noch Tumorreste im Randbereich nachweisbar sind. Die R2-Resektion bedeutet, dass der Tumor nach der Resektion noch makroskopisch zu erkennen ist.

Enneking hat ebenfalls Richtlinien für die anzustrebenden chirurgischen Resektionsgrenzen definiert. Hier wird zwischen intraläsional, marginal, weit und radikal unterschieden. Dabei bedeutet intraläsional eine intraoperative Tumoreröffnung, marginal eine tumorrandbildende Entfernung, nach der mikroskopisch Tumorreste möglich sind, sowie weit eine Entfernung des Tumors im Gesunden, mit seiner Kapsel und einer vollständigen gesunden Gewebemanschette. Radikal kommt einer Kompartimentenresektion, einer Amputation, gleich.

Um die Resultate zu vergleichen und die Erfahrungen zum Fortschritt in der Extremitäten-erhaltenden operativen Versorgung von Tumorkranken international zu nutzen, gründete sich das "International Symposium on Limb Salvage" (ISOLS). 1981 tagte dieses Symposium zum ersten Mal in Rochester, Minnesota.

1983 wurde dem zweiten ISOLS in Wien ein System zur Erfassung der funktionellen Resultate nach verschiedenen chirurgischen Methoden extremitätenerhaltender Rekonstruktionen nach Tumorresektion vorgestellt.

1989 wurde dieses auch von der "Musculoskeletal Tumor Society" (MSTS) in einer Feldstudie getestet.

Beide Organisationen nahmen das System an. Bewertet wurden Beweglichkeit, Kraft, Stabilität und Deformität der betroffenen anatomischen Bereiche. Zunächst unterlag die Beurteilung der Parameter einer willkürlichen Einschätzung, später wurde die Einschätzung in Kategorien von „excellent“, „good“, „fair“ und „poor“ vorgegeben.

Durch das heutige System von W. Enneking mit Betonung vergleichbarer Bewertungskriterien der Extremität und des Patienten in seiner Ganzheit ist nun eine einheitlich quantifizierbare Erfassung des Patientenbenefit möglich [17]. Dieses standardisierte Bewertungssystem ermöglicht eine vergleichbare Analyse nach der Rekonstruktion von Knochentumorresektionen. Die Evaluation der Behandlungsergebnisse erfasst sowohl subjektive als auch objektive Kriterien.

Das gültige System unterscheidet streng zwischen oberer und unterer Extremität. Die zu erhebenden Kriterien beziehen sich auf Schmerz, Funktion und emotionale Akzeptanz. Bei der oberen Extremität werden auch die Handführung, ihre Geschicklichkeit und die Haltefunktion des Armes bewertet. Bei der unteren Extremität werden Verwendung von Hilfsmitteln festgehalten und Gehfähigkeit sowie Gangbild mit beurteilt. Das quantitative Maß gibt Werte von 0 - 5 vor, die bei den einzelnen Kriterien eine vergleichbare Abstufung ermöglichen und erfordern.

Im Einzelnen fordern diese Kriterien folgende Inhalte.

Schmerz:

Eruiert werden das Schmerzausmaß und seine Auswirkung auf die Funktion. Es müssen die aktuelle Schmerzmedikation und sonstige Methoden der Schmerzbehandlung erfragt werden.

**Funktion:**

Der Wert für die Funktion wird durch die Einschränkung der körperlichen Aktivitäten und die Auswirkung dieser Einschränkung auf die Lebensführung des Patienten festgelegt, dies im Besonderen auf den Grad der Berufsfähigkeit.

**Emotionale Akzeptanz:**

Die emotionale Reaktion des Patienten auf das Gesamtergebnis wird bewertet. Es wird ermittelt, ob der Patient diese Therapie erneut annehmen würde und, ob er anderen diese Therapieform empfehlen würde.

**Gehhilfen:**

Der Punktwert für diesen Faktor ist abhängig von der Art der Gehhilfe und die Häufigkeit ihrer Anwendung, um Insuffizienzerscheinungen oder Instabilitäten zu kompensieren.

**Gehfähigkeit:**

Die maximale Gehstrecke mit Angabe der Begleitumstände und andere Limitierungsfaktoren werden erhoben.

**Gangbild:**

Kosmetische oder funktionale Veränderungen des Gangbildes werden erfasst.

**Handführung:**

Der Grad des Bewegungsraumes der Hand wird dokumentiert, gemessen an der aktiven Fähigkeit der Elevation und Rotation des Armes.

**Geschicklichkeit:**

Dieser Wert wird anhand komplexer Bewegungen der Hand, wie Zwicken und Greifen, gemessen. Zudem wird die Sensibilität geprüft.

**Hebefähigkeit:**

Durch die Fähigkeit, Gegenstände zu heben, wird dieser Parameter beschrieben. Eine Abstufung erfolgt bei Unterstützung mit der anderen Hand und sie reicht bis zur Unfähigkeit, gegen die Gravitation zu heben.

Das Gesamtergebnis spiegelt die funktionelle Kapazität des Untersuchten gegenüber einer vergleichbaren, gesunden Person wieder.

Unser eigens entworfener Bogen lehnt sich an dieses Evaluationssystem an.

<u>funktionelle Bewertung der unteren Extremität</u>						
<b>Name:</b>				<b>Sex:</b>		
<b>Geb.dat.:</b>				<b>Datum:</b>		
<b>Diagnose:</b>						
<b><u>Scores:</u></b>						<b><u>Wert:</u></b>
<b>Schmerz</b>	(5)kein	(4)Zs	(3)bescheiden nicht behindernd	(2)Zs	(1)mäßig mäßig behindernd	(0)stark stark behindernd
<b>Funktion</b>	(5)keine Einschränkung	(4)Zs	(3)Einschränkung bei Freizeitbeschäftigung	(2)Zs	(1) teilweise Einschr. im Beruf	(0) absolute Einschränkung
<b>Akzeptanz</b>	(5)begeistert	(4)Zs	(3)zufrieden	(2)Zs	(1)akzeptieren	(0)unzufrieden
<b>Hilfsmittel</b>	(5)keine	(4)Zs	(3)Stock	(2)Zs	(1)1 Krücke	(0)2 Krücken
<b>Gehen</b>	(5)nicht limitiert	(4)Zs	(3)limitiert	(2)Zs	(1)im Raum	(0)nur mit Hilfe
<b>Gangbild</b>	(5)normal	(4)Zs	(3)geringe kosmet. Beeinträchtigung	(2)Zs	(1) große kosmet. Beeinträchtigung	(0)großes Handicap
<b><u>Summe:</u></b>						

Abb. 3.1a: Bewertungsbogen der unteren Extremität

<u>funktionelle Bewertung der oberen Extremität</u>						
<b>Name:</b>				<b>Sex:</b>		
<b>Geb.dat.:</b>				<b>Datum:</b>		
<b>Diagnose:</b>						
<b><u>Scores:</u></b>						<b><u>Wert:</u></b>
<b>Schmerz</b>	(5)kein	(4)Zs	(3)bescheiden nicht behindernd	(2)Zs	(1)mäßig mäßig behindernd	(0)stark stark behindernd
<b>Funktion</b>	(5)keine Einschränkung	(4)Zs	(3)Einschränkung bei Freizeitbeschäftigung	(2)Zs	(1) teilweise Einschr. im Beruf	(0)absolute Einschränkung
<b>Akzeptanz</b>	(5)begeistert	(4)Zs	(3)zufrieden	(2)Zs	(1)akzeptieren	(0)unzufrieden
<b>Handführung</b>	(5)unbegrenzt	(4)Zs	(3)nicht über Schulter o.keine Pro-u.Supination	(2)Zs	(1)nicht über Hüft- höhe	(0)kein Heben möglich
<b>Geschicklichkeit</b>	(5)keine Einschr.	(4)Zs	(3)Verlust von Fein- motorik	(2)Zs	(1)kein Zwicken	(0)kein Greifen
<b>Hebefähigkeit</b>	(5)normale Last	(4)Zs	(3)limitiert bei selbst. Heb ständigem Heben	(2)Zs	(1) nur mit Unterstützung	(0) selbst mit Unterst. unmöglich
<b><u>Summe:</u></b>						

Abb.3.1b: Bewertungsbogen der oberen Extremität

### 3.2 Neo- bzw. adjuvante Therapieformen

Die Behandlung maligner Knochentumoren vollzieht sich schon seit Langem in spezifischen und kontrollierten Therapieregimen. Nur so ließ und lässt sich eine Optimierung der Effektivität der Therapie inklusive der Vermeidung unerwünschter Nebenwirkungen erreichen.

Ursprünglich, vor 1975, wurde bei der Therapie der Knochentumoren ein rein operativer Ansatz im Sinne einer radikalen Amputation verfolgt, da das zentrale Problem die lokale Kontrolle des Primärtumors war [79], [76]. Einige Knochentumoren, vor allem das Osteo- und das Ewingsarkom, zeichnen sich jedoch dadurch aus, dass sie frühzeitig zu einer systemischen Erkrankung führen, d.h. eine hämatogene Aussaat mit Metastasierung erfolgt. Bei 10-20% der Betroffenen sind Metastasen schon zum Zeitpunkt der Diagnosestellung klinisch fassbar, bei fast allen Übrigen muss mit einer Mikrometastasierung gerechnet werden [22]. In 80-90% der Fälle traten Fernmetastasen auf [20]. Vor etwa 30 Jahren waren auch aus diesem Grund die primär malignen Sarkome mit einer Letalität von 90% behaftet, die Sterblichkeit derzeit liegt bei 30-40%.

In der Folge wurde als ergänzende, d. h. adjuvante Therapie, die Chemotherapie eingesetzt. Die erste Mitteilung über eine effektive medikamentöse Zusatztherapie erscheint in der Literatur 1974 [45].

Die Einführung der begleitenden Chemotherapiekonzepte führte zu einer signifikanten Verbesserung der Prognose, was eine Änderung der chirurgischen Versorgung nach sich zog [76]. Aktuell erfolgen in der überwiegenden Zahl der Erkrankungen eine lokale, radikale Tumorsektion sowie die Entfernung eventuell vorhandener Primärmetastasen in Verbindung mit adjuvanten Therapien (pharmakologisch und/oder radiologisch). Die Rekonstruktion des operativ entstandenen Defekts gelingt auf differenten Wegen.

Verschiedene unkontrollierte und kontrollierte Studien zeigten nach komplexer Therapie eine deutliche Reduktion von Lokalrezidiven und früher Mikrometastasierung, brachten somit eine Verlängerung des metastasenfreien Zeitraums und ein erhöhtes durchschnittlichen Überleben der Patienten [20].

Bei Osteo- und Ewingsarkomen liegen primär standardisierte, multimodale Konzepte der therapeutischen Strategie zugrunde, in deren Mittelpunkt der operative Part steht. Neben Resektion und Rekonstruktion sichert die komplette Entfernung aller Metastasen den Erfolg. Mit der Entwicklung und dem zunehmenden Einsatz von Zytostatika wie Doxorubicin, Cisplatin, Ifosfamid und Methotrexat wurde vor allem bei der Behandlung des Osteosarkoms ein entscheidender Durchbruch erzielt [83]. Gegenwärtig erreicht man durch die

Verbindung von operativer und zytostatischer Therapie Gesamtüberlebensraten von 50-80% [22], eine deutliche Steigerung gegenüber 10-20% in der Zeit vor der adjuvanten Chemotherapie.

Die moderne Chemotherapie wird neoadjuvant, d. h. präoperativ und adjuvant, d. h. postoperativ eingesetzt und bringt lokal und auch systemisch deutliche Behandlungserfolge. Es handelt sich um komplizierte und gut steuerbare Chemotherapieschemata, wie z.B. die COSS- bzw. CESS-Studien.

Der Einsatz potenter Chemotherapiekonzepte führte zu einer Änderung des operativen Zeitpunktes. Mit der Einführung von Limb Salvage und der Verwendung individuell angefertigter metallischer Implantate wurde die zeitliche Lücke zwischen Diagnose und Operation mit einer vorgeschalteten Chemotherapie therapeutisch genutzt [20].

Diese neoadjuvante Chemotherapie schließt sich nun an eine diagnostische Probeexzision an. Sie hat zum Ziel, die Voraussetzungen für eine extremitätenerhaltende Versorgung zu leisten, eine systemische Kontrolle des Primärtumors zu intensivieren und aus der Ansprechrate des Tumorgewebes (Chemosensibilisierung) einen unabhängigen Prognosefaktor zu gewinnen [28]. Die Vorbehandlung kann ohne Zeitverlust sofort beginnen, schafft zeitlichen Raum für eine optimale Planung des chirurgischen Eingriffs und erleichtert diesen durch Reduktion der Tumormasse sowie durch bessere Abgrenzung vom gesunden Nachbargewebe.

Ein einheitlich bewerteter Vorteil der neoadjuvanten Therapie liegt in der prognostisch wertvollen Aussage über die in- vivo- Aktivität des Zytostatikums, über das Ausmaß der Chemosensibilität. Zur Beurteilung der Effektivität der Chemotherapie wird die Graduierung nach Salzer-Kuntschik et al. herangezogen [22]. Ein gutes Ansprechen auf die neoadjuvante Chemotherapie wird konstatiert, wenn im Resektat weniger als 10 von 100 Zellen noch vital sind. Der Grad der Nekrotisierung im Tumorsubstrat ist ein aussagekräftiger und unabhängiger Prognosefaktor sowohl für das metastasenfremde, als auch für das Gesamtüberleben [3], [53]. Dabei haben Patienten mit guter Ansprechrate auf die Chemotherapie (Responder) eine bessere lokale Tumorkontrolle und damit auch eine höhere Überlebenswahrscheinlichkeit als Patienten mit einem schlechten Ansprechen (Nonresponder). Beide haben jedoch eine bessere Behandlungschance als jene ohne irgendeine Chemotherapie [20]. Nach multimodaler Therapie sind auftretende Lokalrezidive und Fernmetastasen hochsignifikante Prognosefaktoren [86].

Seit Mitte der Siebziger Jahre des letzten Jahrhunderts führte die deutsch-österreichische „Kooperative Osteosarkom- Studiengruppe“ (COSS) prospektive Therapieprotokollen bei

Osteosarkomkollektiven durch. Diese spiegeln deutlich die Entwicklung der Therapieerfahrungen wider. COSS77- Protokolle beinhalten lediglich eine postoperative Chemotherapie, die nachfolgenden Protokolle COSS80, COSS82 und COSS86 erweitern ihr Regime mit einer präoperativen zytostatischen Behandlung. Die metastasenfremie Überlebenswahrscheinlichkeit von Patienten mit Osteosarkomen der Extremitäten zeigte eine deutliche Steigerung mit der Weiterentwicklung der Therapie, dokumentiert in den späteren COSS-Protokollen [35]. Eine erfolgreiche Chemotherapie verbessert bei nachfolgender extremitätenerhaltender Operation entscheidend das Heilungsergebnis. Laut COSS-Gruppe ergibt sich bei diesen Voraussetzungen eine Lokalrezidivrate von lediglich 3,8%; bei gleichem Operationsverfahren nach schlechtem Ansprechen auf die Zytostase beträgt sie 16,0% [9]. Im Vergleich der Patienten mit primärer Amputation und anschließender Chemotherapie nach dem COSS80/82 Modell und Patienten mit präoperativer Chemotherapie zeigte sich der Erfolg der neoadjuvanten Therapie in der signifikant höheren metastasenfremien Überlebenswahrscheinlichkeit.

Das COSS96- Protokoll adaptiert die Chemotherapie an entsprechende Risikogruppen. Es werden Niedrig-, Standard- und Hochrisikogruppen unterschieden. Die Risikoeinteilung orientiert sich am initialen Tumolvolumen und am Regressionsgrad nach neoadjuvanter Chemotherapie.

Die Kooperative Ewing Sarkom- Studiengruppe (CESS) hat in vergleichbarer Weise Protokolle für die Behandlung von Ewing-Sarkomen getestet und weiterentwickelt.

Die meisten Knochentumoren sind gegenüber einer Strahlentherapie wenig sensibel. Da die Strahlentherapie zu Langzeitschäden führen kann [20], wird sie als standardisierte adjuvante Therapie generell nicht empfohlen. Derzeit nimmt sie nur beim Ewing- Sarkom einen festen Platz ein. Bereits James Ewing hat in seiner Erstbeschreibung der Erkrankung die hohe Strahlenempfindlichkeit angegeben. Lange Zeit galt sie als Lokaltherapie der ersten Wahl [19]. Mehrere Studien ergaben, dass operativ behandelte Patienten eine bessere Prognose hatten, als solche, die nur der lokalen Strahlentherapie unterzogen wurden [16], [63]. In den letzten Jahren wird aber zunehmend die Operation als lokale Tumorbeseitigung, eventuell kombiniert mit Radiotherapie, favorisiert und auch durchgeführt. Neben dieser Lokaltherapie wird nun auch beim Ewing-Sarkom eine intensive Chemotherapie als Erfolg versprechend angesehen. Weitere Indikationen für die Strahlentherapie sind Knochenmetastasen, palliative Konzepte bei der Behandlung nicht resektabler Primärtumoren, auch das metastasierte Stadium bei kleinen Tumoren, fehlende Chemosensibilität oder gänzlich inoperable Patienten.

### 3.3 Operationsverfahren

Ziel der operativen Therapie ist die vollständige und sichere Entfernung des Tumors mit optimalem Funktionserhalt. Die Rate des Extremitätenerhalts hat in den Jahren stetig zugenommen. In der Vergangenheit dominierte bei der operativen Behandlung des Osteo- und Ewingsarkoms in 84% die Amputation [29]. Später und heutzutage muss in 5-15% solcher Erkrankungsfälle wegen ausgedehntem Tumorbefall der Extremität oder bei tumoröser Infiltration der Nerven, die den distalen Extremitätenteil versorgen, die ablative Therapie gewählt werden [29]. Die 5-Jahres-Überlebensrate betrug trotz radikaler Operationsverfahren (Amputationen) unter 10%; nach Einführung multimodaler Therapien überleben heute fast 80 von 100 solcher Patienten. Die weite Resektionsgrenze beim operativen Schritt und ein gutes Ansprechen auf die neoadjuvante Chemotherapie bringen die besten Resultate [29].

In den letzten Jahren wurde der Extremitätenerhalt immer dann angestrebt, wenn der Tumor vollständig entfernt werden konnte und durch eine adäquate Rekonstruktion eine gesteigerte Funktionalität im Vergleich zur Amputation in der Folge zu erwarten war [53]. Die Indikation zum Gelenkerhalt bei pathologischen Frakturen ist wegen der möglichen Tumorzellverschleppung aus dem Frakturhämatom noch umstritten.

Der extremitätenerhaltende Eingriff erfordert sowohl bei Primärtumoren und bei ihren Rezidiven grundsätzlich eine onkologisch „weite“ Resektion n. Enneking [21]. Eine Inkaufnahme reduzierter Radikalität zugunsten des Limb Salvage ist nicht akzeptabel. Alternativ muss dann die „radikale“ Operation, die Amputation, folgen. Nach weiter Resektion des Osteosarkoms folgen 3,5% lokale Rezidive, nach weniger radikal entfernten Tumoren hingegen in 26,2% [22].

Anschließend muss der entstandene Knochendefekt, nach weiter Resektion durchschnittlich 15-20 cm [56], rekonstruiert werden, welches aktuell überwiegend mit modularen Endoprothesen erreichbar ist. Alternativ stehen Auto- und Allografts zur Defektdeckung zur Verfügung. Danach besteht eventuell auch der Zwang zur Deckung eines Weichteildefektes durch Muskel- und Weichteiltransfer (z.B. Hauttransplantationen, Lappenplastiken) [45]. Gerade durch die Nahlappenplastik mit lokalen Schwenklappen konnte die Rate der Wundheilungsstörungen drastisch gesenkt werden [29]. Zur Optimierung der Funktionsfähigkeit sind fallabhängig Nervenrekonstruktionen, motorische Ersatzplastiken oder Muskeltranspositionen indiziert. Der Gesamtaufwand hat zum Ziel, die Funktionsfähigkeit der Extremität zu erhalten bzw. wiederherzustellen.



Dank verbesserter Bildgebungsverfahren (CT und MRT) in der präoperativen Diagnostik zur Bestimmung des Tumorausmaßes und somit der Festlegung der Resektionsgrenzen und einer ausgereiften Rekonstruktionstechnik lassen sich heute die Mehrzahl der Patienten extremitätenerhaltend operativ versorgen.

Vorbedingungen für eine extremitätenerhaltende Operation sind eine physiologische nervale Situation, eine ausreichende Blutversorgung, eine suffiziente Muskelfunktion sowie die Möglichkeit der Weichteildeckung nach der Tumorresektion.

Nach lege artis ausgeführter „weiter“ Tumorresektion ergibt sich die Forderung nach einer Rekonstruktionslösung für den Defektbereich. Hierfür muss streng individuell die einzuschlagende Methode ausgewählt werden.

Es stehen die autoplastischen Verfahren (biologische) und die Alloplastik (Verwendung von künstlichen Werkstoffen) als Varianten der Rekonstruktion zur Auswahl.

Biologische Rekonstruktionsverfahren sind die Gelenkversteifung, die Schaffung von Ersatzgelenken oder die Überbrückung des Knochendefekts mit einem Transplantat, wofür Autografts (Eigenknochentransplantate) und Allografts (Fremdknochentransplantate) zur Verfügung stehen. Spongiöse oder kortikale autologe Knochentransplantate (Autografts) sind für einen Ersatz gut geeignet, da immunpathologische Abwehrreaktionen nicht belasten und die Osteoneogenese als schleichender Ersatz bei der Einheilung wirkt. Autografts sind in Menge, Form und Qualität bekannt und jederzeit verfügbar, was der konkreten Therapieplanung von Nutzen ist. Die autologe Fibula ist beispielhaft ein häufig angewendetes Autograft und wird u. a. als Interponat bei dia- oder metaphysären Defekten zur Überbrückungsarthrodese verwendet. Es wurde ein Verfahren entwickelt, bei dem die Klavikula, geschwenkt, den proximalen Humerus ersetzt.

Der Hauptvorteil dieser autologen Transplantate ist die Vaskularisation und Innervation. Die Durchblutung der Autografts wird bei der Entnahme nur kurzzeitig oder gar nicht unterbrochen, wodurch der größte Teil des Knochengewebes unbeschadet überlebt und die osteoblastische Potenz erhalten bleibt. So ist eine schnelle und gute Einheilung möglich. Es gleicht einer Frakturheilung im Empfängergebiet. Das autoplastische Verfahren ist durch eine vorübergehende Frakturgefahr im Transplantationsbereich belastet und erfordert eine entsprechende Prophylaxe.

Die Verwendung von Allografts geht bereits auf Versuche Anfang des letzten Jahrhunderts zurück [35]. Vorteile allogener Transplantate sind die Überbrückung auch langstreckiger Defekte mit der Möglichkeit, Weichteile wieder anzuheften, die Aussicht des Einheilens im Wirtskelett und ihre Modulationsfähigkeit je nach intraoperativer Notwendigkeit. Als End-

ziel sind vorbestehende anatomische Strukturen mit physiologischen biomechanischen Eigenschaften anzustreben [92]. Allografts werden erforderlichenfalls mit Endoprothesen (Composite-Allograft) oder mit autologen, vaskulär gestielten Transplantaten kombiniert. Bei der Intercalary-Allograft-Autograft-Rekonstruktion sichern verschiedene Osteosyntheseverfahren das Einheilen der Transplantate. Mehrere typische Komplikationen bei Allografts sind noch nicht verlässlich vermeidbar: Abstoßungsreaktionen, Pseudarthrosen, Frakturen, Infektionen, Arthrosen und subchondraler Knochenkollaps. Die Komplikationsraten liegen bei Implantation von natürlichem Fremdmaterial zwischen 13% und 70% [92]. So eignen sich diese Allografts und ihre Kombinationen eher für einen Gelenkersatz im höheren Lebensalter, ansonsten mehr für eine dia- oder metaphysäre Überbrückung.

Besondere Anforderungen an das multimodale Therapiekonzept stellt die Rekonstruktion nach Tumorresektion bei Kindern und Jugendlichen. Die im Zuge des Wachstums zu erwartenden Längenunterschiede spielen vor allem bei der unteren Extremität eine entscheidende Rolle. Um eine Arm- oder Beinlängendifferenz bestmöglich zu vermeiden, wurden kreative Techniken entwickelt und mit Erfolg angewendet.

Die Rotationsplastik mit ihren unterschiedlichen Modifikationen hat als autoplastisches Verfahren heute bei Patienten im Wachstumsalter ihren Platz in der Behandlung maligner Knochtumoren der unteren Extremität [89], [29]. Besonders bei ausgedehnten Tumoren, deren Entfernung große Weichteildefekte hinterlassen würde, ist sie eine Alternative zur Amputation [29]. Die klassische Methode der Umdrehplastik wurde vom Wiesbadener Arzt Borggreve 1930 beschrieben. Sie ermöglicht nach Segmentresektion des Kniegelenks einen funktionalen Gelenkersatz durch das Sprunggelenk. Dabei wird der Unterschenkel um 180° gedreht und auf den Oberschenkelstumpf replantiert. Das Sprunggelenk wird zum „Kniegelenk“ [35].

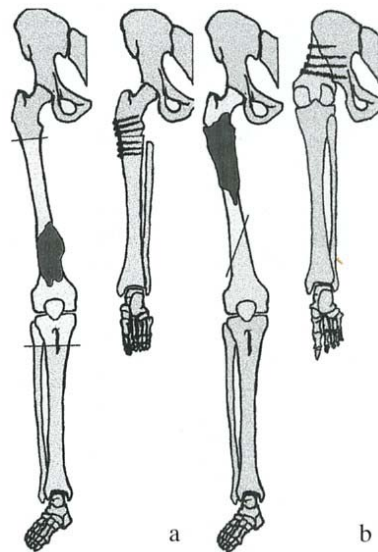


Abb.3.3: a) Umdrehplastik nach Borggreve b) Umdrehplastik nach Winkelmann [35]

Für Patienten mit kongenitaler Femurmißbildung wurde sie damals entwickelt und von Van Nes [21] in den 50er Jahren praktiziert. Seine Langzeitergebnisse waren bezüglich Funktionalität und Akzeptanz ausgesprochen gut und ermutigend. Salzer und Kotz [45] haben 1974 dann die Umdrehplastik in der Tumorchirurgie des Osteosarkoms erstmals angewendet. Winkelmann entwickelte in der Folge das Verfahren weiter und übernahm es auch bei Tumorlokalisationen im unteren Becken- gesamten Oberschenkel- und auch im mittleren Tibiabereich [89], [21].

Die Rotationsplastik ist eine Alternative zur Oberschenkelamputation, z.B. nach pathologischen Frakturen mit unsicheren chirurgischen Rändern, bei großen Weichteildefekten im Rahmen ausgedehnter Tumordinfiltrationen, nach fehlgeschlagenem Versuch einer Extremitätenerhaltung mittels Endoprothese oder, wenn keine weite Tumorresektion möglich ist [94]. Besonders für Kinder unter 10 Jahren wird die Umdrehplastik angewandt. Der zu erwartende Längenunterschied der Beine wird durch den Unterschenkel gut ausgeglichen. Bei Endoprothesenversorgungen im Kindesalter sind Reoperationen zum Austausch der Implantate zwecks Beinlängenausgleichs oder aus Versagensgründen mit den entsprechenden Komplikationsrisiken und seelischen Belastungen durch die Krankenhausaufenthalte unumgänglich.

Die Umdrehplastik erfordert dagegen meist nur eine einmalige Operation. Vorteile dieser Methode sind der endbelastbare Stumpf an der unteren Extremität und die im Vergleich zur Amputation bessere Funktion, die überlegene Haltbarkeit, leichter zu schaffender Bein-

längenausgleich und das niedrigere Infektionsrisiko im Vergleich zu totaler Kniearthroplastik [94]. Die Hauptbelastung für diese Behandlungsmethode ist der optische Eindruck.

Bei vorliegender Tumordinfiltration der Nervenstrukturen ist durch die Entwicklung und Perfektionierung der chirurgischen Resektions- und Rekonstruktionsfähigkeiten sowie verbesserte Nahttechniken der neuralen Strukturen das Indikationsspektrum für die Rotationsplastik erweitert worden.

Als Alternative zur Rotationsplastik und anderen biologischen Rekonstruktionen hat sich die Verwendung modularer Endoprothesensysteme (Baukastensysteme) etabliert [87], [21], wodurch maßgefertigte, „Custom made“-Typen, weitgehend überflüssig wurden. Die modularen Systeme erhöhen die intraoperative Flexibilität bei der Implantatauswahl und sind im Gegensatz zu den individuell gefertigten Prothesen sofort verfügbar. Mit ihnen können auch ausgedehnte Resektionsflächen zusammen mit der Wiederherstellung vaskulärer und neuraler Läsionen überbrückt und mit Weichteilplastiken letztlich auch gedeckt werden.

Die endoprothetische Versorgung am wachsenden Skelett ist eine besondere Herausforderung, da eine wesentliche Extremitätenlängendifferenz mit der Zeit zu erwarten ist. Diese Folge ist für den Arm weniger bedeutsam, für das Bein jedoch von wesentlicher Bedeutung. Eine Primärprothese erst nach Wachstumsabschluss durch eine endgültige zu ersetzen bereitet Probleme, da eine Elongation der Weichteile in einem Schritt nur in zu kleinem Ausmaß toleriert wird [46]. Die Forderung nach Verlängerungen in kleinsten Schritten oder permanenter Elongation erfüllt die verlängerbare Endoprothese. Eine solche wurde erstmals 1986 von Lewis präsentiert. Hiermit kann die Kompensation einer zu erwartenden Beinlängendifferenz bei noch nicht ausgewachsenen Kindern und Jugendlichen erreicht werden [21], [87]. Alle momentan verwendeten Modelle erfordern zusätzliche chirurgische Eingriffe, um den notwendigen, d. h. wachstumsbedingten Beinlängenausgleich jeweils herbeizuführen [21], [87]. In den späten 70er und frühen 80er Jahren galt diese Prothese als vorübergehende Lösung während des Wachstumsprozesses, welche nach dessen Abschluss durch eine definitive endoprothetische Versorgung ersetzt werden musste [87]. Heute strebt man mit diesen Prothesen auch bei Kindern unter 10 Jahren eine endgültige und dauerhafte Rekonstruktionslösung an. In der Planung derartiger operativer Vorhaben muss das Knochenalter der Patienten bestimmt werden, um das zu erwartende Wachstum der unversehrten Extremität entsprechend ausgleichen zu können [21]. Im Durchschnitt wird die Prothese pro Intervall um ungefähr 1,5 cm verlängert, die durchschnittliche Inter-

vallanzahl beträgt 4 bis 5 [87], [21]. Dies ist zugleich das größte Handicap, der wesentliche Nachteil der verlängerbaren Prothesen. Das Manko der Weichteilhemmung bei schrittweise, manueller Implantatverlängerung führte zur Entwicklung so genannter automatischer Prothesen, die sich abhängig vom Bewegungsausmaß minimal verlängern.

Nach einer großen Studie [87] liegt die höchste Wahrscheinlichkeit implantatbezogener Komplikationen in der aseptischen Lockerung der Prothese, was zu einer ebenso hohen Revisionsrate führt. Weitere Komplikationsmöglichkeiten bestehen in der Blockade des Streckmechanismus, sind Infektionen, das „Stress shielding“ und das Erreichen der maximalen Verlängerung der Prothese vor Wachstumsabschluss mit nachfolgendem Beinlängenunterschied. Im Vergleich mit Studien über endgültige, zementierte Endoprothesen zeigen die verlängerbaren Prothesenmodelle eine höhere Wahrscheinlichkeit der implantatbezogenen Komplikationen [87]. Die Vorteile der verlängerbaren Prothesen sind eine bessere Funktion mit der Option des vollständigen Längenausgleichs der betroffenen Extremität. Wenn die Funktion mit adäquater Kraft und ausreichendem Bewegungsradius gegeben ist und eine Beinlängendifferenz unter 2 cm besteht, ist nach Meinung von Finn et al. [21] die verlängerbare Endoprothese die überlegene Methode. Insgesamt und weltweit hat die Versorgung mit verlängerbaren Prothesen letztlich nicht voll überzeugt, weshalb auch für Kinder und Jugendliche die Entwicklung herkömmlicher, auch modularer Prothesensysteme intensiv betrieben wurde. Überwiegend wird heute die modulare Endoprothesentechnik bei Kindern nach Resektion primär maligner Knochentumoren angewendet.

Für die Entscheidung, ob und welches Rekonstruktionsverfahren zur Anwendung kommt, ist die zu erwartende Funktion und die Akzeptanz durch den Patienten entscheidend.

Die Amputationen sind dank der deutlich verbesserten Therapiemöglichkeiten mit lokaler Kontrolle des Tumors und Behinderung der systemischen Ausbreitung recht selten geworden. Sowohl als kurative als auch als palliative Maßnahme hat sie im Therapieplan dennoch ihren Platz. Primär ablative Verfahren sind unumgebar, wenn durch kein anderes Verfahren die Resektion des Tumors im Gesunden gelingt und bei Neoplasmen ungewöhnlich großen Ausmaßes mit wesentlicher Weichteilinfiltration und mit Befall der vasomotorischen und nervalen Strukturen. Ein gelenkerhaltender Eingriff ist auch bei pathologischer Fraktur oder bei lokalem Rezidiv unter systemischer Chemotherapie nicht viel versprechend. Sekundär ablative Maßnahmen sind indiziert, wenn gelenkerhaltende Bemühungen, z.B. durch persistierende Weichteildefekte, tiefe Infektionen und weitere Spät komplikationen nicht erfolgreich zu gestalten sind [86].

Katamnestic Erhebungen von A. Zahlten-Hinguranage et al. [95] belegen, dass sich die Entscheidung zwischen Extremitätenerhalt und Amputation nicht nach Lebensqualität und Patientenzufriedenheit richten darf, da sich nach beiden Verfahren weitgehend identische Aussagen finden ließen. Das Operationsverfahren muss sich ausschließlich an onkologischen Kriterien orientieren.

## 3.4 Knie- und Schultergelenksendoprothetik

### 3.4.1 Allgemeines

Laut Chao und Franklin [12] hat die überbrückende Knochenendoprothese mit erhaltender Funktion eine lange medizinische Geschichte. Austin Moore und Harold Bohlman [45] ersetzten im Jahr 1940 zum ersten Mal einen distalen Femur durch ein modernes Metallimplantat wegen eines Riesenzelltumors. Die Entwicklung der Gelenkendoprothetik der späten 50er und 60er Jahren im 20. Jahrhundert verlief parallel der der Tumorendoprothesen [45]. Eine weit reichende Studie, die über Erfahrungen mit Metallprothesen berichtet, wurde 1949 begonnen. Im Royal National Orthopaedic Hospital in Stanmore, England, wurden bis 1981 über 300 Fälle erfasst. Diese umfassende Studie mit ihren Ergebnissen und Erfahrungen half, einen Grundstein für das Entstehen der extremitätenerhaltenden Chirurgie, das Limb Salvage, zu legen [12]. Zwischen 1970 und 1980 gelang dann die Entwicklung von Erfolg versprechenden Knie- und Hüftspezialprothesen. In Studien wurden Teilprothesen mit „Fibermetal porous coating“ benutzt, um das Einwachsen von Gewebe zu ermöglichen und so eine biologische Fixierung zu erzielen [12].

Durch die Computertomographie, der dreidimensionalen Abbildung eines Gelenks, entstand die Möglichkeit, Prothesen individuell anzufertigen. Neben diesen „custom made“ Prothesen kam die Entwicklung von modularen Implantatsystemen mit dem Vorteil der unverzüglichen Verfügbarkeit und der flexiblen intraoperativen Adaptierbarkeit

Zu den auch heute noch bestehenden Problemen der Endoprothesentechnik zählen das vergleichsweise hohe Gewicht der Implantate, sowie die unzureichenden mechanische Belastbarkeit der künstlichen Werkstoffe.

Nach Zyks et al. [96] bedingt der Polyäthylenabrieb im Weichteilmantel des Kunstgelenks eine funktionelle Kapillardichte und steigert die Leukozyten-Endothel-Interaktion im synovialen Gewebe. Diese inflammatorische Reaktion belastet das Spätresultat einer Prothese. Auch die tribologischen Eigenschaften der verwendeten alloplastischen Materialien variieren die Menge der Abriebpartikel. In Konkurrenz um ein Minimum an Abrieb stehen derzeit

hoch vernetzte Polyäthylene in Kombination mit einer metallischen Komponente oder die Kombination Metall mit Metall (z. B. Durasul bzw. Metasul).

Die Anforderungen an Material und Design eines optimalen Gelenkersatzes bestehen in der Schaffung und Beibehaltung einer großen Kontaktfläche mit Kontaktpunkten, die dem physiologisch dynamischen Zustand sehr nahe kommen. Zudem bedarf es der Limitierung des intraartikulären Druckes, um den Kunststoffabrieb mit seinen nachteiligen Folgen zu begrenzen, sowie der Herbeiführung von Voraussetzungen, die den mechanischen Wirkungsgrad der muskulären Elemente optimieren, um deren Kraftaufwand in tolerablen Grenzen zu halten. Letztlich wird die Beachtung tribologischer Gesetzmäßigkeiten mit dem Ziel, das Ausmaß des Verschleißes körperfremder Stoffe zu verkleinern gefordert.

Entscheidend für den Operationserfolg ist nicht das Prothesenmodell, sondern die pathologisch- anatomische Ausgangssituation im Geschwulstareal.

Ein künstlicher Gelenkersatz mit langer Lebensdauer, ausbleibender später, aseptischer Lockerung, geringen phlogistischen Phänomenen bei geringem muskulärem Aufwand sollte das Ergebnis des orthopädisch-chirurgischen Engagements sein.

Da die Versorgung mit Endoprothesen inzwischen zu einer dauerhaften Heilungschance geworden ist, ergeben sich für die Spezialendoprothesen aus der zunehmend verlängerten Implantatdauer neue Problemstellungen. Vordergründig sind es die aseptische Implantatlockerung und der Verschleiß der Gleitkomponenten [50]. Dabei ist eine der Hauptursachen der aseptischen Lockerung der Verschleiß der Gelenkflächen. Die durch den Abrieb produzierten Polyethylenprodukte führen zu einer entzündlichen Granulom- und Osteolysebildung (wear disease). Diese Prozesse laufen direkt an der Implantat-Knochen-Grenzfläche ab und führen dabei zu einer Lockerung des Prothesenteiles [91]. Häufig zwingen die anatomischen Gegebenheiten zu klein dimensionierten Implantatstielen, welches der Grund für Ermüdungsbrüche sein kann [81], [80].

Um die Versagenswahrscheinlichkeit der Implantate zu reduzieren, folgten zahlreiche Ansätze, die das Potential haben, die bisherigen metallischen Werkstoffe auf CoCr- und Titanbasis zu ersetzen oder ein Zusammenwirken möglich zu machen [45], [50]. Hierfür kommen die faserverstärkten Hochleistungswerkstoffe in Betracht. In einigen Studien zur Untersuchung der Verschleißseigenschaften wurden Kohlenstofffaserverbundwerkstoffe (CFK, Fa. MAN Ceramics) und eigenverstärktes PE-HD verwendet. Da faserverstärkte Kunststoffe ein geringes spezifisches Gewicht haben und eine artefaktfreie Darstellung in der Kernspintomographie ermöglichen, sind sie geeignete Werkstoffe in der Tumorendoprothetik. Kunststoffe jedoch reagieren generell im Umgebungsmilieu des menschlichen

Organismus mit Materialdegradation und Alterung. Im Vergleich der faserverstärkten Kunststoffe zu Implantaten, gefertigt aus Polyoxymethylen (POM), sind erstere bezüglich der Dauerfestigkeit überlegen [81].

Außerdem fand die Kombination aus Keramik (AlCO<sub>2</sub>) und CFK experimentelle Anwendung. Studien zeigten jedoch, dass andere Werkstoffkombinationen zur Verbesserung der Langzeitstabilität nicht überlegen sind. Noch hat sich bis heute keine Werkstoffkombination durch wesentliche Vorteile gegenüber der bewährten Metall-Polyethylen bewährt und etabliert [51].

Die Steifigkeit hat eine wichtige Bedeutung für das Implantat. Mit verminderter Steifigkeit wird eine bessere Lastübertragung erzielt, so dass es nicht zum so genannten „Stress-shielding“, zur Resorption des Knochens kommt. Bei guter Lastübertragung wird die Knochenneubildung stimuliert. Bei zu geringer Spannung bzw. Dehnung kommt es zu einer Resorption des Knochens. Im physiologischen Bereich sind Spannungen und Dehnungen durch entsprechende Lastübertragung ausreichend, um eine Kalziumbildung im Knochen anzuregen, was ein Wachstum des Knochens zur Folge hat [10].

Für die knöcherne Integration des Implantats sind strukturierte Oberflächen förderlich. Die Beschichtungsverfahren verkürzen durch die negative Beeinflussung des Werkstoffgefüges und deren Kerbwirkung jedoch die Lebensdauer des Implantates.

Die vollwertige Haltbarkeitsdauer des Kunstgelenkes wird auch wesentlich durch die äußere, dynamische und statische Belastung mit ihrer zeitlichen Abfolge und die Dauerfestigkeit des Werkstoffs bestimmt. Die Konstruktion der Prothese entscheidet, welche Spannungen im Bauteil bei äußerer Belastung auftreten.

Letztlich nimmt der Korrosionseinfluss als Komponente der Umgebung Einfluss auf die Lebensdauer. Um die Eignung eines Werkstoffs zu ermitteln, muss dessen Dauerfestigkeitscharakteristik berechnet werden (Wöhler-Diagramm).

#### 3.4.2 Die Endoprothetik des menschlichen Kniegelenks

Der Zusammenhang von Kreuzbändern, tibiofemoralem Kontaktpunkt und mechanischem Wirkungsgrad der Kniegelenksexpressoren wird durch jede Totalendoprothese erheblich verändert. Ein künstliches Kniegelenk sollte anatomisch und in physiologisch-kinetischer Hinsicht dem natürlichen sehr nahe kommen. Ideal wäre eine der Natur identische Roll-Gleitbewegung mit wenig intraartikulärem Druck und geringen Scherkräften, realisiert durch schonende Muskelkraft.



Bikondyläre Oberflächenersatzprothesen ermöglichen im Gegensatz zu einachsigen Scharnierprothesen annähernd den normalen Bewegungsablauf.

Eine Vergrößerung der Belastungsflächen zwischen tibialer und femoraler Prothesenkomponente wird durch die Verwendung mobiler Inlays (mobile bearing Inlays) auf dem Tibiaplateau erreicht, da sie eine bessere Konformität zwischen den Gelenkteilen schaffen. Hieraus resultiert eine Reduzierung des Belastungsdruckes. Bei erhaltener Translations- und Rotationsfähigkeit bedeutet dies einen verminderten Verschleiß der Kunststoffteile, was einer Erhöhung der potentiellen Lebensdauer der implantierten Kunststoffteile gleichkommt.

Ostermeier et al. bestimmten unter dynamischen Bedingungen in vitro die Mobilität der Meniskallager und den Druck auf deren Oberfläche [79]. Der gemessene Druck lag signifikant unter dem bei Verwendung fixierter Kunststofflager. Die Beweglichkeit der mobilen Lager betrug zwischen 1,4 und 2,9 mm und zeigte sich in den Endbereichen der Extension in physiologischer, d. h. anteriorer Richtung. Über 30° Flexion ist das Bewegungsmuster verschiedener Inlaymodelle variabel, meist jedoch unphysiologisch.

Druckmessungen auf fixierten und mobilen Meniskallagern von C. Stukenborg-Colsman et al. [80] ergaben eine Entlastung um ca. 60% bei den beweglichen. Auch bei diesen Untersuchungen wanderte das Kunststoffteil nach posterior, ca. um 3,5 mm. Auch Aigner et al. fanden eine paradoxe Bewegungsrichtung des mobilen meniskalen Teiles [1].

Die überwiegende Zahl der Endoprothesentypen erfordert zu deren Implantation die Resektion des vorderen Kreuzbandes. Dies erzeugt eine paradoxe Bewegung, das Rückwärtsrollen der femoralen Komponente bei zunehmender Beugung bleibt aus – es folgt eine konträre Bewegung. Diese unphysiologische Kontaktpunktbewegung geschieht bei fixierten Inlays. Bei mobilen unterblieb dies nach S. Stukenborg – Colsman et al. [82]

Die Auswirkung der paradoxen Kinematik auf das Implantatverhalten (-versagen) ist noch nicht sicher bekannt. Der Verlust suffizienter Bandstrukturen sowie eine fehlerhafte mechanische Achse beeinträchtigen die Funktion des Kunstgelenks, auch bei der Verwendung mobiler Lager, erhöhen damit die Druck- und Scherkräfte und erzeugen einen vorzeitigen, wie erhöhten Kunststoffabrieb mit deletären Folgen.

Mobile-bearing-Prothesen verzeihen Fehler im Aligment bis zu 3° Varus- oder Valgusfehlstellung der tibialen Komponente, was Kniegelenkssimulatoruntersuchungen von Loer und Plitz [55] zeigen. Nach Ihren Untersuchungen zentrieren sich die Prothesenteile bei geringem Malaligment quasi selbst. Diese Ergebnisse erlauben nur zum Teil einen Rück-

schluss auf in-vitro-Verhältnisse, da vorbestehende, weichteilbedingte Instabilitäten nicht ausreichend berücksichtigt werden konnten und somit ihre stabilisierende und ausbalancierende Wirkung sich im Ergebnis nicht widerspiegeln.

Das Design moderner Knieendoprothesen ermöglicht eine annähernd korrekte Rotation der Teile in der Extensionsphase, relativ sicher in der tibialen, noch unsicher im Bereich der femoralen Komponente, was zur Reduktion retropatellar bedingter Schmerz- und Mobilitätsprobleme beiträgt [43].

Das Problem und die Beschaffenheit der tibialen Komponente beschäftigt intensiv die Forschung. Im Resultat soll das relativ häufige Einsinken derselben im Knochen verringert werden. Die Entscheidung über zementierte oder zementfreie Verankerung der Implantate ist keine generelle, sie ist streng individuell und von Fall zu Fall zu entscheiden. Große Studien belegen, dass die Hydroxylapatitbeschichtung des tibialen Inlays die Migration, diese relativ häufige Spätkomplikation, etwa um die Hälfte verringert [33]. Der Kraftaufwand der Muskulatur zum sicheren Gehen und stabilem Stehen des Trägers einer Knieendoprothese darf lediglich ein begrenzter sein.

Die durch das Grundleiden vorbestehende, defizitäre funktionelle Kapazität des operierten Beines und der alters- und/oder krankheitsbedingte reduzierte Körperzustand schränken das postoperative Rehabilitationsergebnis in der Regel ein.

Dynamische in-vitro-Messungen von C. Stukenborg-Colsmann et al. [82] ergaben, dass der mechanische Wirkungsgrad der Knieextensoren, die notwendige Kraft zur Kniestreckung, vor und nach Implantation einer Knieendoprothese in guter Annäherung gleich war.

Einer möglichst achsengerechte Implantation muss eine optimale Rekonstruktion und Adaptation der begleitenden Weichteile folgen, um ein zufrieden stellendes Operationsergebnis für lange Zeit zu erreichen.

Kniegelenkendoprothesen werden nach dem Grad der Kopplung von Tibia- und Femurkomponenten in ungekoppelte, teilweise gekoppelte und vollgekoppelte unterschieden [51]. Bei ungekoppelten Endoprothesen (non –constrained) gibt es aufgrund des Prothesendesigns nahezu keine Einschränkung des Bewegungsausmaßes. Eine gut erhaltene Bandführung und ausreichende Muskelfunktion ist hierfür Voraussetzung. Ungekoppelte Endoprothesen lassen die Femurkomponente mit zunehmender Beugung durch das erhaltene hintere Kreuzband auf einem flachen Tibiaplateau nach hinten gleiten. Bei den teilgekoppelten Prothesen (semi- constrained) drückt die Femurkomponente eine zentrale Nocke des Tibiaplateaus nach vorne. So wird der Gleit – Roll – Mechanismus des Kniege-

lenks nachgeahmt. Bei Operationsverfahren mit Resektion des hinteren Kreuzbandes ist dieses Modell anwendbar [31].

Dagegen ist bei vollgekoppelten Prothesen nur ein Freiheitsgrad gegeben, der der Flexions-Extensionsbewegung. Die Führung des Gelenks erfolgt über einen Scharniermechanismus mit nur einer Bewegungsebene. Dadurch kommt es zur stärkeren Belastung der Verankerungsflächen durch Biege –und Rotationskräfte. Eine breitflächige und damit auch längere Verankerung in der Diaphyse von Femur und Tibia ist erforderlich [59].

Es wurden verschiedene Achsentypen entwickelt, um den Belastungsgrad der Achse zu reduzieren. Von zunächst lasttragenden Modellen kam es zur Entwicklung von sog. nicht-tragenden Achsen. Dabei ergibt sich eine größere Lastübertragung auf Femurkondylus und Tibiaplateau mit entsprechender Belastungsreduzierung im unmittelbaren Achsenbereich. Eine modifizierte Form ist die sog. Rotating- hinge- Kniegelenk- Endoprothese. Sie lässt zusätzlich eine Rotation um die Tibialängsachse zu. Das für die Streckung und Beugung zuständige Scharniergelenk wurde derart erweitert, dass eine breitere Abstützung der in der Tibiakomponente fixierten CoCr –Achse erreicht wurde [50].

Bei Patienten mit Knochentumoren im Bereich der proximalen Tibia und /oder dem distalen Femur werden oft nach chirurgischer Resektion des Tumors vollgekoppelte Endoprothesen mit lediglich einem Freiheitsgrad implantiert. Durch die Entfernung von Band-Kapsel- und Muskelstrukturen resultiert ein Stabilitätsverlust im Kniegelenk, der mit Verwendung einer festen Drehachse und chirurgischen Rekonstruktionsmaßnahmen kompensiert werden muss [51]. So sollten z.B. bei einer tumorbedingten Resektion des Tibiakopfes mit Tuberositas tibiae und Lig. patellae die Patellasehne durch eine Bandplastik (autogen, allogen oder artifiziell) ersetzt werden.

Bei dieser vollgekoppelten Knieendoprothese artikuliert die Femurkomponente mit einer fixierten Achse und die Tibiakomponente mit einer eingebrachten Buchse [51].

Bei allen derartigen Prothesen besteht die Achse aus einer Metall- (Kobalt-Chrom) Legierung und die Buchse aus einem ultra-hochmolekularen Polyethylen (PE-UHMW) [51]. Grundsätzlich steigt mit dem Grad an Kontakt und Koppelung einer Knieprothese die Belastung ihrer knöchernen Verankerung, während der Verschleiß der artikulierenden Polyäthylengleitfläche abnimmt [31]. Ein Verschleiß des PE-UHMW- Lagers der starren Kniegelenkachse, der bis zur vollständigen Perforierung führen kann, erwies sich als Hauptursache für Revisionseingriffe [51], [50], [80]. Mechanisch betrachtet, handelt es sich um einen Gleit- und Wälzverschleiß [31]. Zusätzlich kommt es zu einer zentralen Eindellung durch die Metallkufe der Femurkomponente, die eine Dehnung des Materials im Randbe-

reich bewirkt. Das Frühversagen entsteht durch Delamination des Knochens unterhalb der Oberfläche.

### 3.4.3 Die Endoprothetik des menschlichen Schultergelenks

Der normale Bewegungsrhythmus einer Schulter wird durch die Implantation einer Endoprothese gestört. Große Studien belegen jedoch mittelfristig sehr gute Resultate [13].

Nach Tumorresektion im Schulterbereich ist der Erhalt der Ellenbogen- und Handfunktion das wesentliche Ziel der rekonstruktiven Maßnahmen. Als Preis hierfür kann eine Instabilität mit Bewegungsdefizit im Schultergürtel in Kauf genommen werden. Die Techniken zur Rekonstruktion der zwangsläufig entstandenen Defekte sind äußerst variantenreich.

Der Erfolg der Schulterendoprothese hängt entscheidend von den funktionellen Stabilisatoren ab, insbesondere von der Leistungsfähigkeit der Rotatorenmanschette. Ihre Funktionalität bestimmt, ob präoperativ ein horizontal- und vertikal zentriertes Gelenk vorliegt. Erheblicher Kopfhochstand und schwere Dezentralisierung, auch horizontal, verschlechtern die funktionellen Ergebnisse und rechtfertigen wohl nicht zwangsläufig auch den Ersatz des Glenoids, welches dann durch Fehlbelastung oft zur frühen Lockerung führt.

Ist die Führung des kraftschlüssigen Schultergelenks durch Muskel- oder Sehndefekte ungenügend, resultiert die Gefahr einer frühzeitigen Glenoidlockerung durch die exzentrische Pfannenbelastung (Rocking-horse-Effekt) [30].

Der Gelenkersatz ist indiziert, wenn die Gelenkflächen irreparabel destruiert sind oder wegen notwendiger Radikalität bei tumorösen Prozessen vollständig entfernt werden müssen. Eine komplette Koppelung der Endoprothesenteile (Kugelgelenk mit oder ohne Schnappeffekt, Scharniergelenk mit nur einer Bewegungsachse) hat in der Schulterendoprothetik keine Bedeutung mehr. Die Belastungen der scapulären Aufhängung erwiesen sich als so hoch, dass unakzeptable Lockerungsraten die Folge waren.

Eine ungekoppelte Endoprothese (die Formgebung der Pfanne setzt der Luxationsneigung des Kopfes keinen oder wenig Widerstand entgegen) ist lediglich bei einwandfreiem Funktionieren des Weichteilmantels der Schulter erfolgreich. Glenoidranderhöhungen und vermehrte Krümmungsradien der Pfanne erhöhen den Anteil der formschlüssigen Elemente und tragen zur Stabilität zweifelsfrei bei.

Das Design der Schulterblattpfanne, welches der Nonkonformität von Humeruskopf und Glenoid Rechnung trägt, ist zurzeit noch in der Entstehungsphase.

Die Verankerung des künstlichen Glenoids lässt sich in der kleinen, noch verbleibenden Knochenmasse der Scapula schwerlich realisieren. Die Verankerung des Glenoids in der

Scapula, eingeführt Anfang der 70er Jahre von Neer, erfolgt überwiegend mit Knochenzement, anfangs als Kiel, in der dritten Generation mittels mehrerer Polyethylenfüße [30]. In hoher Anzahl führen exzentrische Belastungen durch insuffiziente muskuläre und ligamentäre Strukturen nahezu zwangsläufig zu Frühlockerungen. Diese Komplikation muss akzeptiert werden, wenn vorbestehende pathologische Zustände den Ersatz des Glenoids unbedingt erfordern. Verbesserungen des Pfannengrundes zur Implantation des Glenoids in anatomischer Position sind durch cortico-spongiösen Aufbau des Schulterblatthalses möglich.

Biomechanische Rezentrierung, adäquate Torsion der Humeruskopfkomponente, Beachtung der Position des Glenoids zur übrigen Scapulaachse und Berücksichtigung des tribologischen Verhaltens der Gelenkteile verlangen in der präoperativen Planung strenge Beachtung.

Kopfprothesen der dritten Generation folgen diesen Anforderungen, das optimale Glenoid muss noch Gegenstand weiterer Forschungsbemühungen sein.

Der Pfannenersatz, das Hauptproblem der Schulterendoprothetik, sollte eine Rezentrierung des Humero-Glenoidal-Gelenkes erzielen bei gleichzeitiger Balance der biomechanischen Kräfte. Persistierende Imbalancen, d. h. exzentrische Pfannenbelastungen provozieren frühzeitige Misserfolge durch Auslockerungen.

Die relevanten mechanischen Anforderungen für die Schulterspezialprothesen bestehen aus Biege- und Torsionsbelastungen. Das Dauerbruchversagen resultiert aus diesen Komponenten [81].

Eine den anatomischen und physiologischen Situationen entsprechende Implantation der Prothesenteile verringert frühzeitige Misserfolge.

Ausgangspunkt der modernen Schulterimplantate ist das Ner-II-System. Dabei handelt es sich um eine kraftschlüssige, nicht verblockte Totalendoprothese mit konformen Krümmungsradien sowie einem Schutz vor Luxationen.

## 4 Retrospektive Datenerfassung

### 4.1 Einleitung

In den letzten Jahren bzw. Jahrzehnten wurden zunehmend extremitätenerhaltende Eingriffe bei Patienten mit Knochentumoren vorgenommen. Die Zahl der implantierten Tumorspezialprothesen zur chirurgischen Versorgung der Sarkome ist deutlich gestiegen. Klinische Anwendung, Erfassung der Daten in Studien und die Auswertung der Erfahrungen, sowohl der Operateure, Onkologen und Radiologen, wie auch der Patienten selber, führte zu Entwicklung und Optimierung der Therapiestrategien. Dies hat eine stete Verbesserung der Überlebensraten und des Patientenbenefit zur Folge. Aufgrund gesteigerten Bedarfs und verbesserter Möglichkeiten der endoprothetischen Versorgung sind inzwischen viele Tumorzentren weltweit entstanden, die wissenschaftlich in enger Verbindung miteinander stehen. Auch die Musculoskeletal Tumorsociety (MSTS) trägt entscheidend zur Vernetzung der Zentren und somit der Erfahrungen und technischen Entwicklungen bei. Besonders Design und Werkstoffkunde waren in den letzten Jahren Gegenstand wissenschaftlichen Interesses. Erwartungen und Anforderungen an die Dauerfestigkeit der Implantate durch steigende Überlebenszeiten haben zu dieser Entwicklung geführt. Zentrale Forderungen an die extremitätenerhaltende Chirurgie mit Tumorspezialendoprothesen sind vor allem die Verlängerung der Überlebenszeit, niedrige Komplikationsraten sowie individuelle Zufriedenheit über die erreichte bzw. erhaltene Funktion.

Übergreifend hat sich bei den Endoprothesen das System der modularen Prothesen nach dem Baukastenprinzip etabliert. Der Markt an Implantatprodukten ist groß; viele verschiedene Modelle sind entwickelt worden, die in einzelnen Kliniken zum Einsatz kommen. Um die klinische Eignung der unterschiedlichen Modelle und Materialien beurteilen zu können, bedarf es der Vergleichbarkeit und Auswertung klinischer Ergebnisse.

Die Vergleichbarkeit der funktionalen Ergebnisse wird durch einheitliche Evaluationsscores der MSTS gewährleistet.

Im Folgenden werden die Ergebnisse und Erfahrungen aus den erhobenen Daten des ausgesuchten Tumorpatientenkollektivs der Orthopädischen Klinik des Klinikum rechts der Isar dargestellt und ausgewertet.

Kernstück der statistischen Auswertung in dieser Arbeit ist neben dem postoperativen Überleben, mittels Kaplan-Meier-Kurve berechnet, das subjektive Bewerten und die objektive Analyse der chirurgischen Versorgung der Patienten mit Spezialendoprothesen. Im

Rahmen einer Nachuntersuchung der zur Auswertung noch zur Verfügung stehenden Patienten wurde das globale Patientenbenefit erfasst. Anhand eines eigens entworfenen, an den Richtlinien der ISOLS („International Symposium on Limb Salvage“) orientierten und standardisierten Bewertungsbogens (nach Enneking 1993) konnte eine aktuelle Analyse des subjektiven Befindens und der objektiven Funktionalität erbracht werden.

Beeinträchtigend bei dieser Art der retrospektiven Datenerhebung sind begrenzte Möglichkeiten der Kontaktaufnahme zu den Patienten und die unvollständigen Krankenunterlagen. Gründe hierfür sind neben der lückenhaften Dokumentation der Therapieverläufe und Nachsorgeuntersuchungen, die inkomplette Recherchemöglichkeit aus den Archiven und auch der Abbruch der weiteren klinischen Nachbetreuung durch den Patienten selbst. Diese lückenhaften Datensätze werden mit sog. drop outs, welche die nicht zur Verfügung stehenden Daten ersetzen, vervollständigt und als solche auch in die statistische Auswertung mit einbezogen. Ein Anteil des Patientenkollektivs konnte in der Analyse nicht erfasst werden, weil zum Erhebungszeitpunkt der muskuläre und koordinative Aufbau in der Rehabilitation noch nicht abgeschlossen war.

## 4.2 Material und Methode

### 4.2.1 Datengrundlage

Grundlage der Untersuchung sind Patienten, die nach Resektion primär oder sekundär maligner Knochtumoren der Knie- und Schulterregion mit Tumorspezialendoprothesen in der Orthopädischen Klinik im Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München versorgt wurden. Das Kollektiv wurde aus den Jahren 1979 bis 2000 zusammengestellt. Das letzte follow-up wurde mit dem 11.11.2000 definiert. Die Ermittlung der klinischen Parameter erfolgte retrospektiv durch Akteneinsicht. Das Gesamtkollektiv umfasst 53 Patienten – 11 mit malignen Tumoren der Oberarme, die eine Implantation einer Schulterpezialendoprothese erforderlich machten und 42 Patienten mit Sarkomen der Knie-region, versorgt mit einer Kniespezialendoprothese. In der Patientengruppe sind 38 primäre Knochtumoren und 15 ossäre Metastasen enthalten. Den statistischen Berechnungen zugrunde liegen Testverfahren nach Kaplan Meier, Log Rank und Mann-Whitney. Die Signifikanz-Schranke ist mit  $\alpha = 0,05$  definiert; so dass  $p \leq 0,05$  einen signifikanten Unterschied darstellt.

Diese beiden Kollektive werden im Folgenden gesondert abgehandelt.

#### 4.2.2 Kollektiv der Patienten mit Kniespezialendoprothesen

Dieses Kollektiv umfasst 42 Patienten. Der durchschnittliche Beobachtungszeitraum betrug 53 Monate (1,5 bis 197 Monate). Bei 30 Patienten war der distale Femur vom Tumor befallen, 12 Patienten litten unter einem Sarkom in der proximalen Tibia. Überwiegend (n=18) wurden Implantate der Firma ESKA verwendet. Bei 20 Implantationen erfolgte eine Fixierung mit Knochenzement, bei den verbleibenden operativen Versorgungsmöglichkeiten sind die diesbezüglichen Angaben unzuverlässig.

##### 4.2.2.1 Alter und Geschlecht

Von den 42 Patienten waren 16 (38%) männlichen und 26 (62%) weiblichen Geschlechts. Zum Operationszeitpunkt betrug das durchschnittliche Alter der Patienten mit primären Knochentumoren 34 Jahre (von 10 bis 70) und der mit sekundären Knochentumoren 63 Jahre (von 49 bis 78).

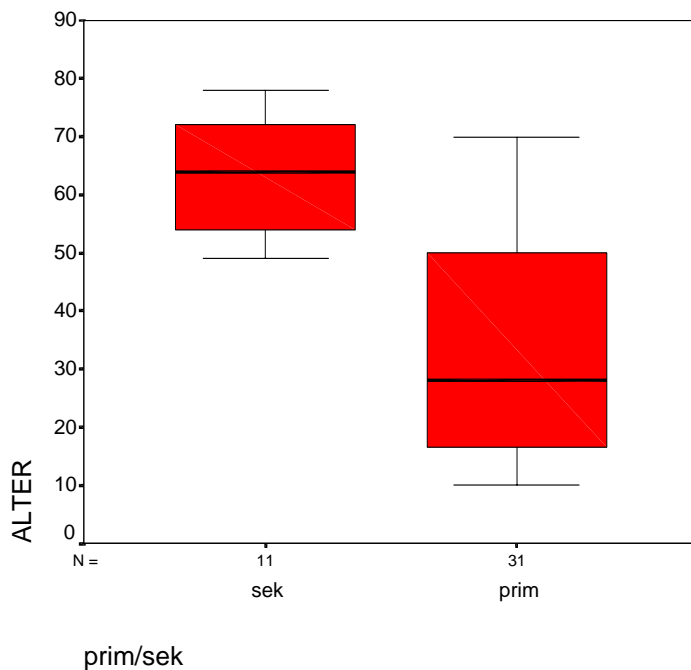


Abb.4.2.2.1 Altersverteilung der Patienten mit primären und sekundären Tumoren der Knieregion (n=42)



#### 4.2.2.2 Diagnosen

31 Patienten litten unter primären, malignen Knochentumoren (Osteosarkom (n=23), Ewing-Sarkom (n=1), Chondrosarkom (n= 5), und malignes fibröses Histiocytoeme (MFH) (n=2)). 23 wurden im distalen Femur und 8 in der proximalen Tibia diagnostiziert.

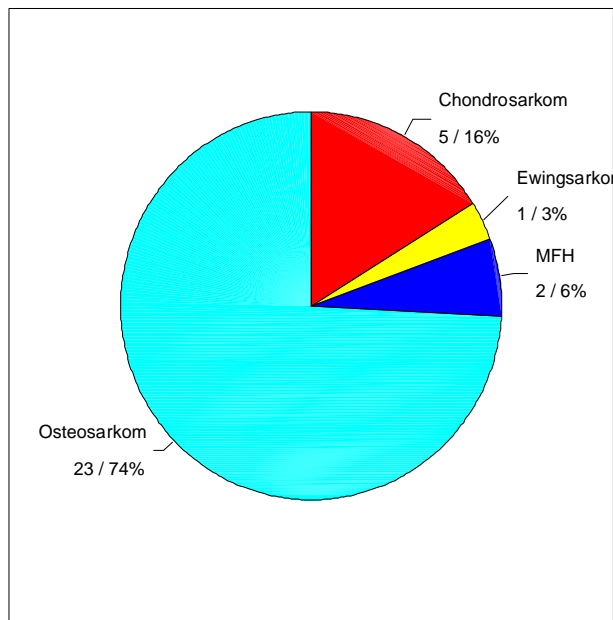


Abb.: 4.2.2.2 Verteilung der Entitäten primärer Knochentumoren der Knieregion (n=31)

11 Patienten mussten wegen ossären Metastasen operativ behandelt werden. Die verschiedenen Primärtumoren waren Karzinome der Lunge (n=2), der Mamma (n=2), des Plattenepithels (n=1), des Colons (n=1), der Prostata (n=1), der Niere (n=1) und des Uterus (n=1) und das maligne Melanom (n=2). Hiervon hatten sich 7 im distalen Femur und 4 in der proximalen Tibia angesiedelt.

#### 4.2.2.3 Resektionsgrenzen

Bei 34 der 42 Patienten mit Kniespezialendoprothesen wurde eine Tumorresektion mit weiten Resektionsgrenzen erreicht. Bei 4 Patienten erfolgte eine marginale und bei 3 eine intraläsionale Resektion. Letztere kam ausschließlich bei sekundären Knochentumoren auf Grund des Lokalbefundes zur Ausführung. Ein Patient muss bei diesem Parameter als drop out gewertet werden (s.Abb.4.2.2.3).

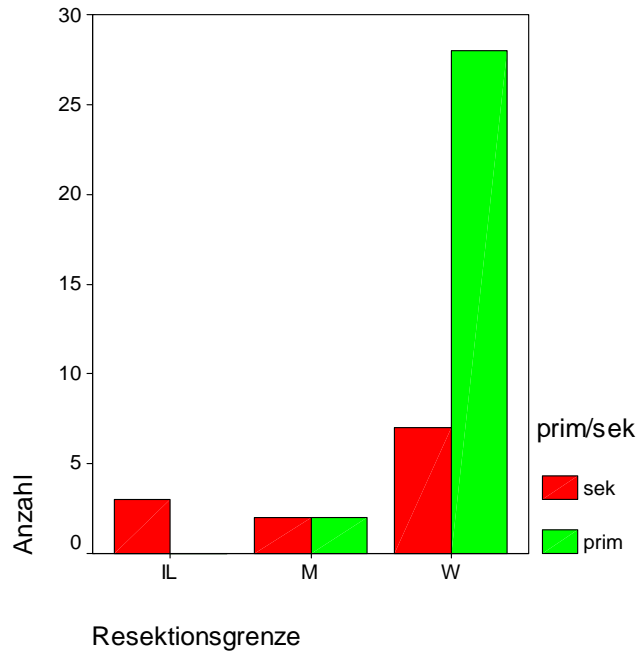


Abb.4.2.2.3: Resektionsgrenzen primärer und sekundärer Tumoren der Knieregion (n=34)

4.2.2.4 Staging

Nach der Stadieneinteilung von Enneking lassen sich die primären Knochentumoren der Knieregion bei 27 Patienten klassifizieren. Bei 4 Patienten gelang das Staging aufgrund fehlender Daten nicht.

15 Patienten wurden im Stadium IIB behandelt, 5 Patienten in IB, vier Patienten in IIA, zwei Patienten in III und ein Patient in IA.

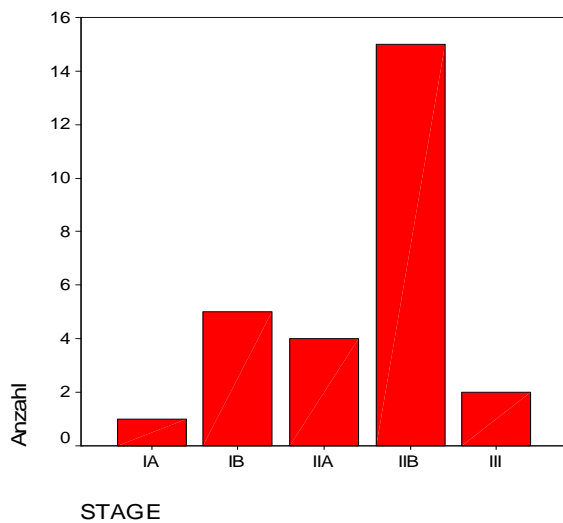


Abb.4.2.2.4.: Verteilung der Stadien nach Enneking (1980) primärer Knochentumoren der Knieregion (n=27)

### 4.2.3 Kollektiv der Patienten mit Schulter Spezialendoprothesen

Zu dieser Gruppe gehören 11 Patienten. Der durchschnittliche Beobachtungszeitraum lag bei 40 Monaten (min.2, max.75 Monate).

Die verwendeten Prothesen waren kohlefaserverstärkte Kunststoffprothesen der Firma CFK, ESKA und MAN. 3 dieser Implantate wurden in Knochenzement fixiert.

#### 4.2.3.1 Alter und Geschlecht

Unter den Patienten waren 8 (73%) männlich, 3 (27%) weiblich. Das durchschnittliche Alter bei Patienten mit Sarkomen lag zum Zeitpunkt der Operation bei 62 Jahren (45 bis 78), das bei Patienten mit sekundären Prozessen im Mittel bei 68 Jahren (59 –71).

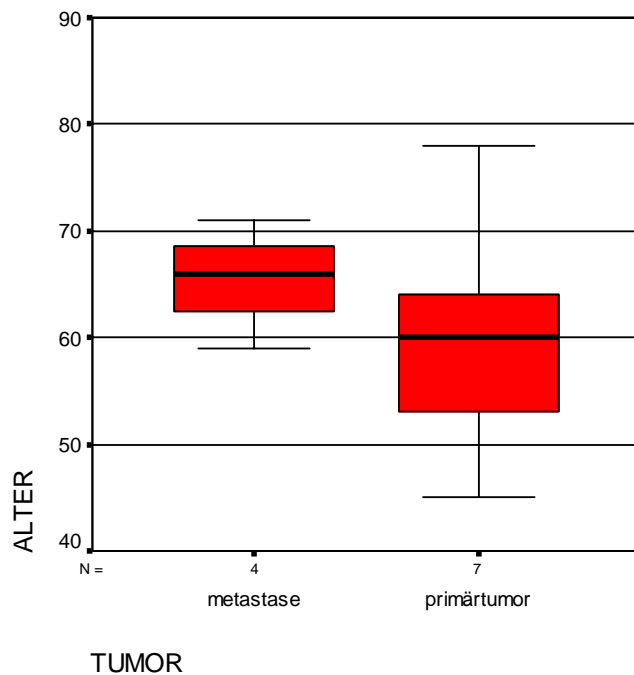


Abb.4.2.3.1.: Altersverteilung der Patienten mit primären und sekundären Knochentumoren der Schulterregion (n=11)

#### 4.2.3.2 Diagnosen

Bei 7 Patienten erforderte ein primärer Knochentumor und bei 4 ein sekundärer Knochenprozess die Prothesenimplantation. Bei den primären Tumoren handelt es sich um Plasmozytome (n=5), Chondrosarkom (n=1) und malignes Schwannom (n=1), bei den metastatischen Geschwülsten um die Aussaat von Nierenzell –Karzinomen (n=4).

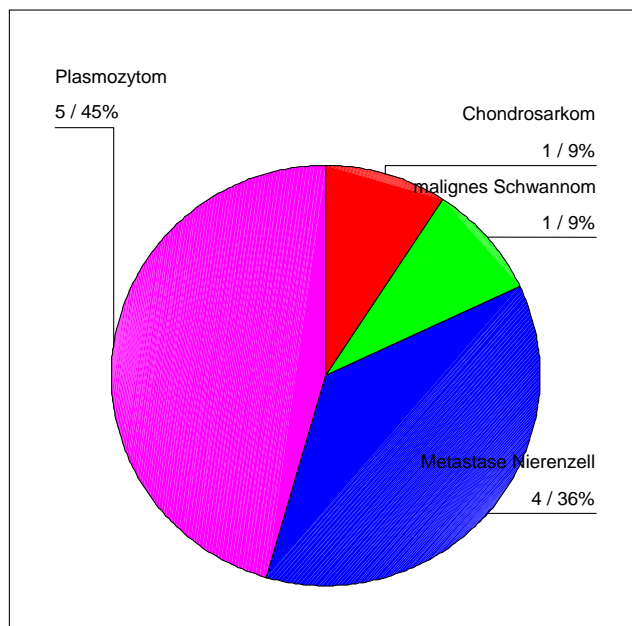


Abb. 4.2.3.2: Verteilung der Entitäten primärer und sekundärer Tumoren der Schulterregion (n=7,n=4)

#### 4.2.3.3 Resektionsgrenzen

Eine weite Resektion erfolgte bei 8 Tumoren der Schulterregion (Sarkome n=7, Metastasen n=1). Eine marginale Resektion wurde bei zwei und eine intraläsionale bei einem Patienten mit sekundären Knochentumoren erreicht (s. Abb.4.2.3.3).

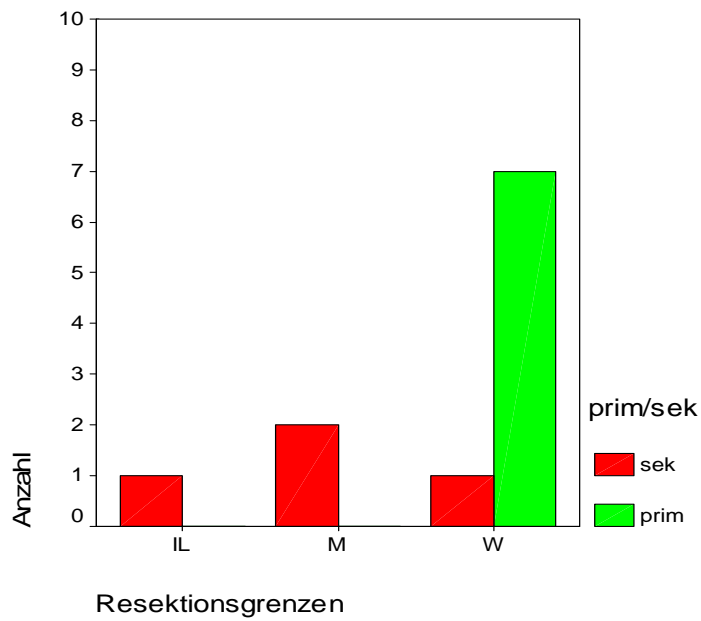


Abb.4.2.3.3: Resektionsgrenzen primärer und sekundärer Tumoren der Schulterregion (n=11)

#### 4.2.3.4 Staging

Zur Stadieneinteilung lassen sich nur zwei Kasus heranziehen, die übrigen sind sekundäre maligne Prozesse.

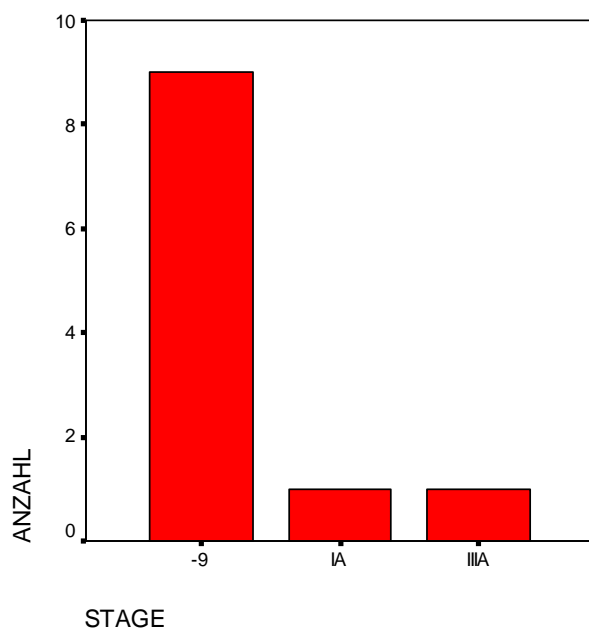


Abb. 4.2.3.4: Verteilung der Stadien nach Enneking primärer Tumoren der Schulterregion (n=11)

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Kollektiv der Patienten mit Knieprothesen

#### 5.1.1 Alter und Tumorart

Die Verteilung der Tumorart in Relation zum Alter der 42 Patienten zeigt einen signifikanten Unterschied bei primären und sekundären Tumoren ( $p=0,01$ ). Die Verteilung der primären Tumoren ( $n=31$ ) liegt mit einem quantitativen Peak bei den Jugendlichen, bei sonst nahezu kontinuierlicher Verteilung über alle Altersstufen. Bei den sekundären Tumoren ( $n=11$ ) dagegen zeigt sich eine deutliche Verschiebung in die Altersgruppe der 50 bis 75 Jährigen.

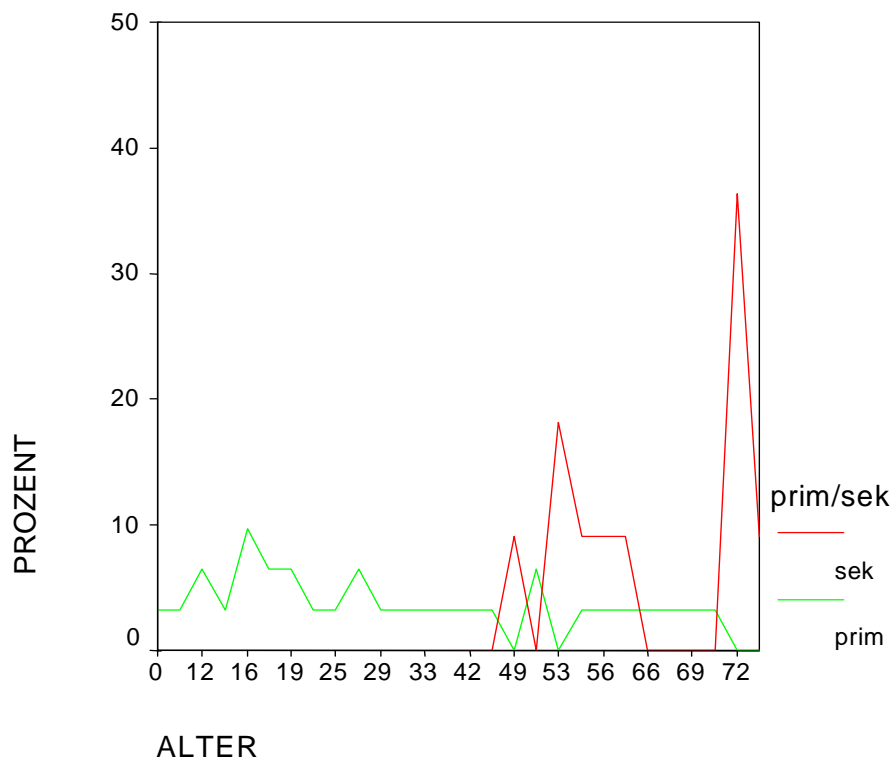


Abb. 5.1.1 altersbezogene prozentuale Verteilung primärer ( $n=31$ ) und sekundärer Tumoren ( $n=11$ ),  $p=0,01$

### 5.1.2 Überlebenszeiten

Im Mittel überlebten die Patienten des Gesamtkollektivs mit Kniespezialendoprothesen 117,5 Monate, gemessen am definierten Beobachtungszeitraum. Die 5-Jahresüberlebensrate beträgt 61%, nach 10 Jahren lebten noch 52% der Patienten.

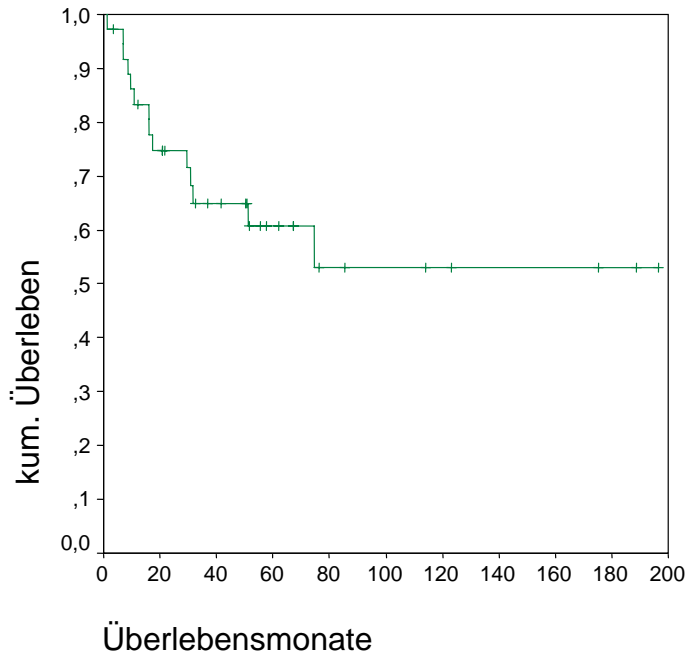


Abb. 5.1.2a Überleben der Patienten mit Kniespezialendoprothesen (n=42)

Es zeigt sich ein hoch signifikanter Unterschied ( $p=0,0002$ ) in der Überlebenszeit zwischen primären und sekundären Knochentumoren (s. Abb.5.1.2b). Im Mittel überlebten die Patienten mit primären Knochentumoren (n=31) 158,5 Monate. Im Kollektiv der Patienten mit sekundären Knochentumoren (n=11) lag die Überlebenszeit im Mittel bei 33 Monaten im gleichen Beobachtungszeitraum. Bei Primärtumoren fand sich nach 5 und 10 Jahren eine Überlebensrate von 78,5%. Bei den sekundären Prozessen erreichten 24% die 5-Jahresgrenze, das 10-Jahreslimit erreichte kein Patient aus dieser Gruppe.

6 Patienten ließen sich zur Nachbetrachtung nicht heranziehen, da eine Kontaktaufnahme nicht möglich war.

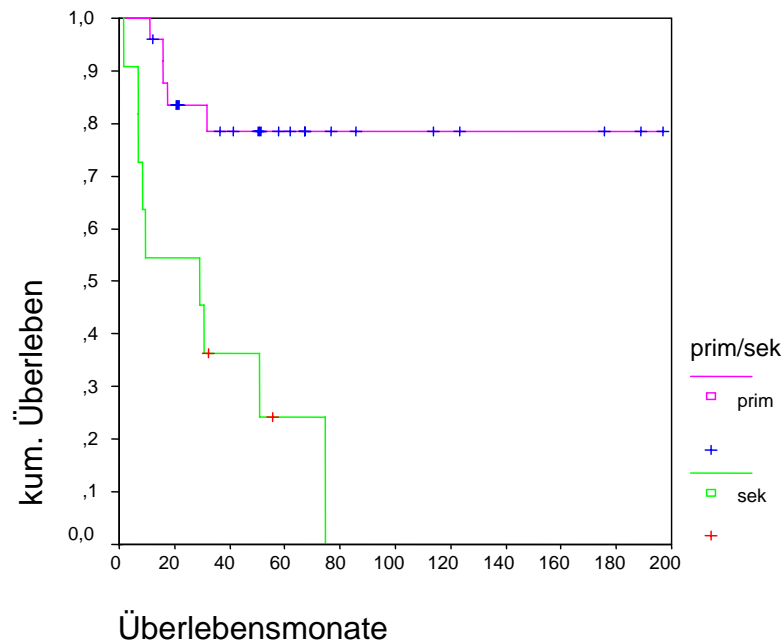


Abb.5.1.2b Überlebensraten primärer (n=31) und sekundärer Tumoren (n=11) der Niere-  
 gion,  $p=0,0002$

Das Überleben in Relation zu den Resektionsgrenzen zeigte sich ohne Unterschiede im Vergleich primärer und sekundärer Genese der Tumorbildung. Erwartungsgemäß ergaben sich bei „weiter“ Resektionsgrenze (W) die längsten Überlebenszeiten und bei der „intraläsionaler“ Resektionsgrenze (IL) die geringste postoperative Lebenserwartung (n=42). Die Überlebenszeit bei intraläsionaler Resektionsgrenze betrug im Mittel 22,28 Monate (6,9 – 30,7 Monate), bei marginaler Resektionsgrenze (M) im Mittel 29,3 Monate (9,5 – 74,5 Monate) und bei weiter Resektionsgrenze durchschnittlich bei 60,17 Monate (s. Abb.5.1.2c).



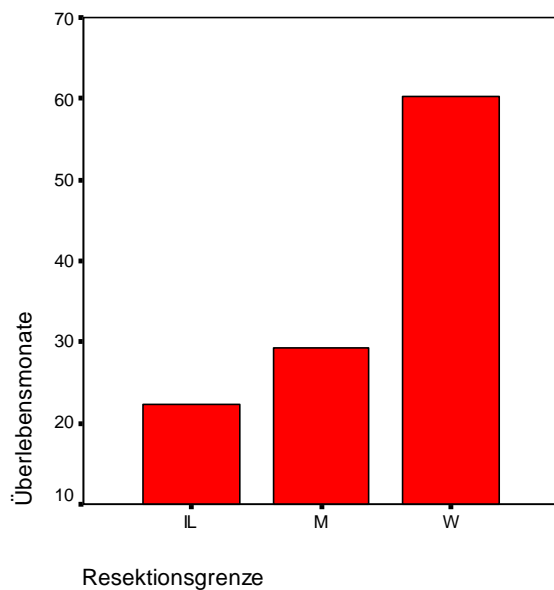


Abb.: 5.1.2c: Abhängigkeit der Überlebenszeit von intraläsionaler = IL (n=3), marginaler = M (n=4) und weiter = W (n=34) Resektionsgrenze.

#### Lokalrezidive

Im Kollektiv der 42 Kniegelenkspezialendoprothesen traten insgesamt drei Lokalrezidive auf (7,1%), wobei bei einem Patienten die Information hierüber nicht beigebracht werden konnte. Die Lokalrezidive verteilten sich gleichmäßig auf die drei Resektionsgrenzen (IL=1, M=1, W=1).

#### Metastasierung

Bei 6 der operativ behandelten Primärtumorpatienten entwickelten sich Fernmetastasen. Lediglich ein Patient erlebte den Zeitpunkt der Datenerhebung.

#### 5.1.3 Funktionelle Ergebnisse

Insgesamt konnten 31 Patienten einer funktionellen Testung unterzogen werden. Davon wurden 20 Patienten mit dem aktuell gültigen Bewertungsbogen nach Enneking evaluiert. Im Mittel lag der Score aller Untersuchten bei 21 Punkten, von maximal 26 bis minimal 11 Punkten. Dies entspricht im Mittel einer Rate von 68,3%.

Bei den Patienten mit Primärtumoren des Skelettsystems liegen die Werte zwischen 11 und 26 Punkten, im Mittel 21 Punkte (Rate 68,3%). Bei den Patienten mit Knochenmetastasen ergeben sich Werte von 16 bis 19 Punkten, im Mittel 17,5 Punkte (mittlere Rate 58,3%). Siehe Tabelle 5.1.3a.

	num	Min	max	mittel	mittlere Rate
Evaluation gesamt (Punkte)	20	11	26	20,5	68,3
Evaluation prim. (Punkte)	18	11	26	20,5	68,3
Evaluation sek. (Punkte)	2	16	19	17,5	58,3

Tabelle 5.1.3a funktionelle Ergebnisse nach Enneking 1993 (n=20)

Bei der Analyse des Patientenbenefit ergeben sich die besten Werte für die Mobilität ohne Hilfsmittel (83%) und für Schmerzausmaß (77%). Näheres siehe Tabelle

	Punkte gesamt	Prozentpunkte	Punkte/Patient
Akzeptanz	64	64	3,2
Schmerz	77	77	3,85
Funktion	51	51	2,55
Gehhilfen	83	83	4,15
Gehfähigkeit	63	63	3,15
Gangbild	68	68	3,4

Tabelle 5.1.3b funktionelle Ergebnisse der Einzelkriterien nach Enneking 1993

Bei 11 Patienten erfolgte die funktionelle Evaluation mittels zwischenzeitlich überarbeitetem Bewertungsbogen nach Enneking 1987. Demnach lagen die Bewertungen in jeweils vier Fällen bei fair und good, in einem bei poor und in zweien bei excellent.

	num	excellent	good	fair	poor
Evaluation gesamt	11	2	4	4	1
Evaluation prim.	8	1	4	2	1
Evaluation sek.	3	1	0	2	0

Tabelle 5.1.3c funktionelle Ergebnisse nach Enneking (1987) (n=11)

Das funktionelle Ergebnis in Bezug auf die Tumorart zeigt keinen signifikanten Unterschied ( $p > 0,05$ ) nach Mann-Whitney.

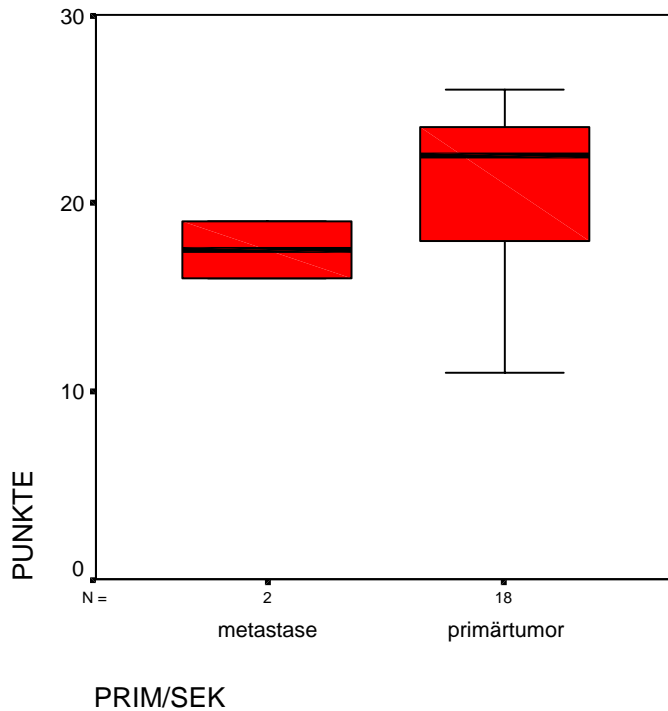


Abb.5.1.3c: funktionelles Ergebnis und Tumorart (n=20)

#### 5.1.4 Komplikationsraten

Bei 27 Patienten (63%) aus dem Kollektiv kam es zu Komplikationen, wie in folgender Tabelle zu sehen. Darunter waren 21 Patienten mit Primärtumoren und 6 Patienten mit Metastasen.

Komplikation	Pat.Zahl	Prozent	Primär	Sekundär
Insgesamt	27	62.8	21	6
Lockerung	7	16.3	7	0
Bruch	6	14	5	1
Streckinsuffizienz	5	11.6	5	0
Wundheilungsstörung	5	11.6	4	1
Parese	5	11.6	5	0
Luxation	4	9.3	2	2
Infekt	4	9.3	2	2
Abrieb	3	7.0	3	0
Längenunterschied	2	4.7	2	0
Wechsel	12	27.9	12	0
Amputation	4	9.3	2	2

Tabelle 5.1.4 Verteilung der Komplikationsraten bei Kniespezialendoprothesen, primäre und sekundär Tumoren (n=27)

Im Kollektiv der Kniespezialprothesen kam es am häufigsten zu Prothesenlockerungen (16,3%), gefolgt von Prothesenbrüchen (14%). Bei 12 Patienten (27,9%) war ein Wechsel der Prothese aufgrund der Komplikationen nötig, in vier Fällen (9,3%) die Amputation. In 13 Krankheitsverläufen traten mehrere aufgeführte Komplikationen nebeneinander oder gefolgt auf.

## 5.2 Kollektiv der Patienten mit Schulterprothesen

### 5.2.1 Alter und Tumorart

Auch in diesem Kollektiv von 11 Patienten lässt sich eine Tendenz der Altersverteilung in Abhängigkeit von der Tumorart feststellen. Die primären (n=7) Tumoren treten vor allem zwischen dem 55. und 65. Lebensjahr auf. Der Altersgipfel ossärer Metastasen (n=4) anderer Primärtumore stellt sich um das 70. Lebensjahr dar. Ein signifikanter Unterschied ist nicht erkennbar.

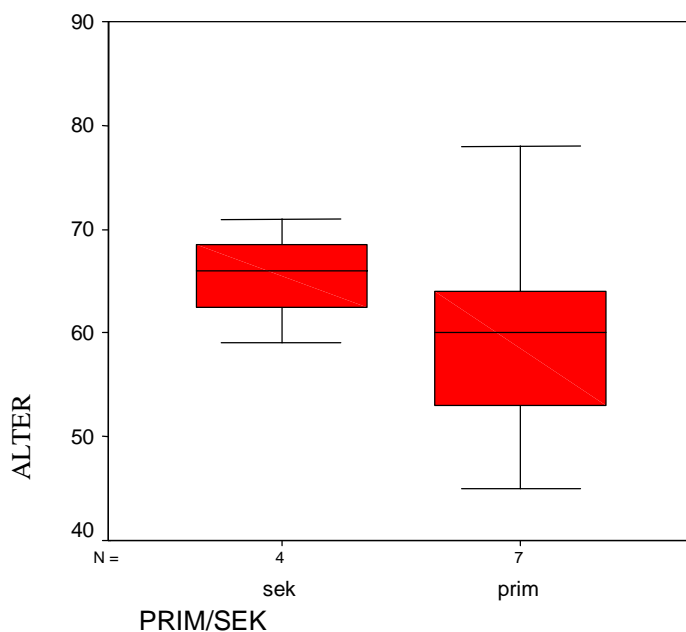


Abb. 5.2.1 Altersverteilung primärer (n=7) und sekundärer (n=4) Tumoren der Schulterregion

### 5.2.2 Überlebenszeiten

Alle 11 Patienten konnten zur Überlebensanalyse herangezogen werden. Das durchschnittliche Überleben im Gesamtkollektiv betrug im Durchschnitt 40,4 Monate (Rate von 42%). Nach 5 Jahren lebten noch 55%. Patienten mit Primärtumoren lebten durchschnittlich

lich 54 Monate bei einer 5 –Jahres Überlebensrate von 60% im bekannten Beobachtungszeitraum. Im Kollektiv der Patienten mit Sekundärtumoren ergaben sich Überlebenszeiten von durchschnittlich 45 Monaten; die Rate nach 5 Jahren beläuft sich auf 50%.

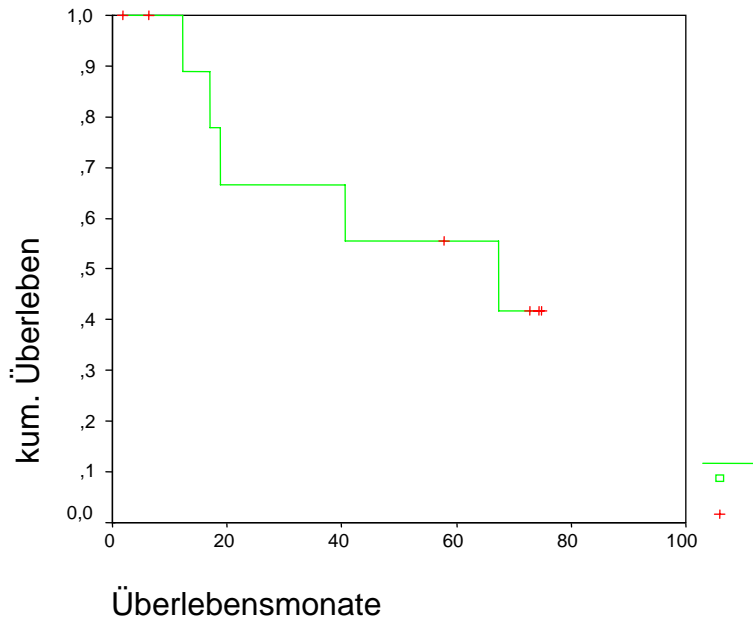


Abb. 5.2.2a Überleben der Patienten mit Schulterspezialendoprothesen (n=11)

In dieser Gruppe zeigte sich kein signifikanter Unterschied ( $p=0,9408$ ) im Überleben der Patienten mit primären oder sekundären Knochentumoren.

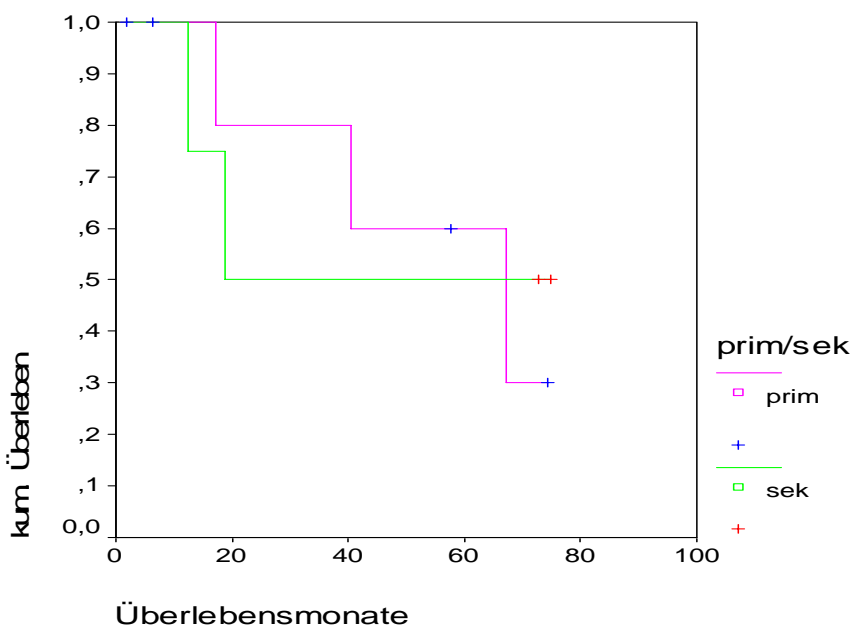


Abb. 5.2.2b Überlebensraten primärer (n=7) und sekundärer (n=4) Tumoren der Schulter,  $p=0,9408$

Bei Auswertung der Gesamtzahl der Schulterpatienten (n=11) ergab sich eine deutliche Korrelation zwischen operativer Radikalität (Resektionsgrenze) und Überlebenschance. Die Patienten mit intraläsional resezierten Tumoren (n=1) überlebten 18,7 Monate. Bei marginal entfernten Tumoren (n=2) und Kranken mit weit resezierten Tumoren (n=8) wurde eine durchschnittliche Überlebenszeit von 42,5 Monaten ermittelt.

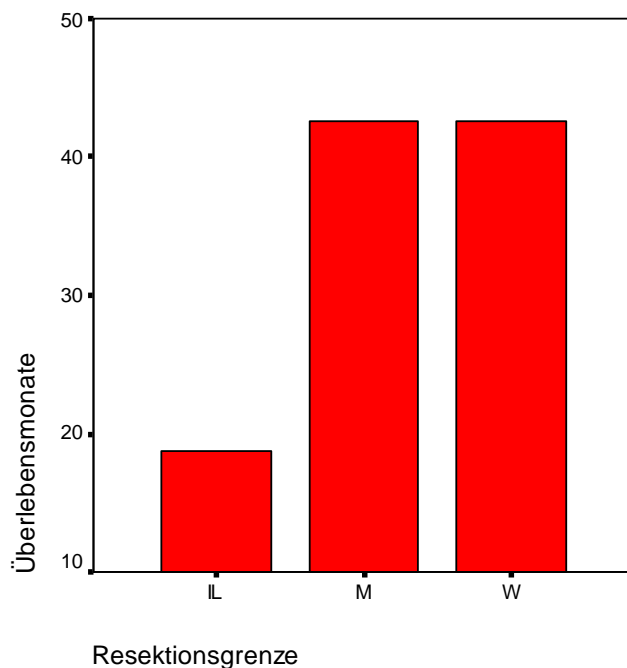


Abb.5.2.2c: Abhängigkeit der Überlebenszeit von intraläsionaler = IL (n=1), marginaler = M (n=2) und weiter = W (n=8) Resektionsgrenzen

### Lokalrezidive

Bei der Nachuntersuchung der operierten Schulterpatienten waren 7 Patienten lokal rezidivfrei, in einem Fall kam es zum lokalen Rezidiv (9,1%), bei drei Patienten konnten entsprechenden Daten nicht erfasst werden. Zum lokalen Rezidiv kam es nach intraläsionaler Tumorentfernung.

### Metastasierung

Fünf Patienten mit Primärtumoren entwickelten im weiteren Verlauf Fernmetastasen, von denen drei überlebten und in die Nachuntersuchung einbezogen werden konnten.

### 5.2.3 Funktionelle Ergebnisse

Es konnten fünf Patienten aus der Gesamtgruppe der funktionellen Testung unterzogen werden. Sechs Patienten standen aus unterschiedlichen Gründen der Testung nicht zur Verfügung.

Die untersuchten Patienten wurden nach dem aktuellen Bewertungsbogen evaluiert (Primärtumoren n=4, Sekundärtumoren n=1). Durchschnittlich wurden 20 Punkte erreicht, bei einer Streuung von 14 bis 26 Punkten. Dies entspricht einer Rate von 66,6 Prozent.

	num	min	max	mittel	mittlere Rate
Evaluation gesamt (Punkte)	5	14	26	20	66,6
Evaluation prim. (Punkte)	4	14	26	20	66,6
Evaluation sek. (Punkte)	1	22	22	22	73,3

Tabelle 5.2.3a funktionelle Ergebnisse nach Enneking (1993)

Der durchschnittliche Funktionsscore der einzelnen Kriterien aus der Analyse ergibt die höchsten Werte bei der erreichten Geschicklichkeit, sowie bei der Bewertung des Schmerzausmaßes. Einzelheiten sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

	Punkte gesamt	Prozentpunkte	Punkte/Patient
Akzeptanz	64	16	3,2
Schmerz	84	21	4,2
Funktion	40	10	2,0
Handführung	60	15	3,0
Geschicklichkeit	92	23	4,6
Hebefähigkeit	56	14	2,8

Tabelle 5.2.3b funktionelle Ergebnisse der Einzelkriterien nach Enneking (1993)

## 5.2.4 Komplikationsraten

Bei fünf Patienten kam es im Verlauf zu Komplikationen, dies entspricht einem Anteil von 45,5 Prozent. Dabei war in drei Fällen infolge der Komplikation ein Wechsel der Prothese nötig. Davon ließ sich in zwei Fällen die Ursache für den Wechsel nicht mehr zu ermitteln. Infektionen, Wundheilungsstörungen sowie Lockerungen ergaben sich nicht.

Komplikation	Pat.Zahl	Prozent	Primär	Sekundär
Insgesamt	5	45,5	2	3
Lockerung	0	0	0	0
Bruch	1	9,1	0	1
Wundheilungsstörung	0	0	0	0
Parese	1	9,1	1	0
Luxation	1	9,1	0	1
Infekt	0	0	0	0
Abrieb	0	0	0	0
Schmerz	1	9,1	1	0
Wechsel	3	27,3	1	2
Amputation	0	0	0	0

Tabelle 5.2.4. Verteilung der Komplikationsraten bei Schulter-spezialendoprothesen, primäre (n=2) und sekundär (n=3) Tumoren



## 6 Diskussion

Maligne primäre Knochentumoren sind histologisch wie klinisch eine uneinheitliche Gruppe an Neoplasmen, denen ein sehr hoher Malignitätsgrad zu eigen ist. Auch die Erkrankung an ossären Metastasen von Primärtumoren anderen Ursprungs erfordert ein konsequentes therapeutisches Vorgehen. Von gemeinsamer zentraler Bedeutung ist bei ihnen allen der hohe Stellenwert einer adäquaten chirurgischen Versorgung im kurativen Konzept.

Die Prognose der an primären Knochentumoren erkrankten Patienten hat in den letzten Jahrzehnten einen entscheidenden Wandel, hin zum deutlich Besseren, erfahren. Beispielhaft hierfür sind die Ergebnisse bei der Behandlung der hochmalignen Osteo- und Ewing –Sarkome im Kindes –und Jugendalter unter Anwendung multimodaler Therapiekonzepte. Dabei konnten die Überlebensraten der Patienten von zunächst nur 10-20% auf 50-80% gesteigert werden [2], [9], [28], [71], [53].

Die Behandlung primärer Knochentumoren war bis vor etwa 25 Jahren einheitlich und einfach. Die betroffene Extremität wurde weiträumig im Gesunden amputiert, eine weitere Therapie schloss sich nicht an - in der hoffenden Annahme, dass kein lokaler oder systemsicher Rezidivprozess auftreten würde. Dennoch verstarben trotz dieser uniformen Radikalität mehr als 80% der meist jungen Patienten an den Folgen der Metastasierung [86].

Unser Wissen über Biologie und das klinische Verhalten der malignen Knochentumoren hat erheblich zugenommen. Eine extremitätenerhaltende Resektion und Rekonstruktion gelingt in 80% aller Knochen –und Weichteilsarkome ohne Einschränkung der Gesamtprognose [76], [86]. Die Indikation zur Amputation ist eng durch die Tumorlokalisation, die Tumorausdehnung und das fehlende Ansprechen auf die neoadjuvante Therapie unter kurativer und auch palliativer Zielsetzung definiert. Die Entscheidung über das zu wählende Operationsverfahren ist individuell aus den zur Verfügung stehenden Methoden unter Beachtung der jeweiligen lokalen und sonstigen Begebenheiten zu treffen. Um sich an der Diskussion und Optimierung dieser hochmodernen Therapiemöglichkeiten zu beteiligen und eine weitere Optimierung in der Versorgung der malignen Knochentumoren zu erreichen, wurden in dieser Studie funktionelle Ergebnisse, Überleben und Komplikationsraten von Patienten mit Tumorspezialendoprothesen des Schulter- und des Kniegelenks analysiert. Auch andere relevante Teilaspekte, wie Altersverteilung und Rezidivhäufigkeit fanden Beachtung.

Im Folgenden werden die Untersuchungsergebnisse vor dem Hintergrund des aktuellen Wissenschaftsstandes diskutiert und in den Vergleich mit Daten anderer internationaler Tumorzentren gestellt.

### **Altersverteilung**

Im ausgewerteten Kollektiv der Patienten mit Tumorprothesen der Knieregion zeigt sich die zu erwartende tumorspezifische Altersverteilung. In Übereinstimmung mit anderen Studien, z.B. Flege 2003 [22], Huvos 1991 [38], zeigt sich auch hier bei den primären malignen Knochentumoren eine deutliche Häufung im jugendlichen Alter. Die älteren Erwachsenen erkrankten vornehmlich an ossären Metastasen anderer Primärtumoren.

Das Kollektiv der elf Schulter Spezialendoprothesen ist sicherlich zu klein, als dass eine statistisch fundierte Aussage hieraus gewonnen werden kann. Insbesondere zeigt sich die Altersverteilung nicht in zu erwartender Weise – der Altersgipfel bei den Patienten mit primären Knochentumoren Schulter wurde zwischen dem 55. und 65. Lebensjahr ermittelt.

### **Überlebenszeiten**

Sowohl primäre als auch sekundäre ossäre Malignome stellen eine wesentliche Lebensbedrohung dar. Durch Realisierung multimodaler Therapiekonzepte gelingt es fortlaufend, die Überlebensdauer zu verlängern. Dabei scheinen wissenschaftliche Fortschritte auf dem Gebiet der operativen und der neo- und adjuvanten Therapie, sowie Verbesserungen biomechanischer und tribologischer Art bei den Ersatzgelenken die größte Rolle zu spielen.

Unsere Auswertungen des Gesamtkollektives von Kniegelenkspatienten (n=42) dokumentieren eine durchschnittliche Überlebenszeit von 117,5 Monaten, dies entspricht einem Überleben nach fünf Jahren von 61%, und nach 10 Jahren von 52%. Bei Erkrankten an primärem Knochentumoren (n=31) betrug die durchschnittliche Überlebenszeit 158,5 Monate, die 5 - als auch 10- Jahres -Überlebensrate beträgt 78,5%. Erwartungsgemäß der Studienlage ergibt sich auch in unserer Arbeit eine Überlegenheit der Lebenserwartung bei Patienten, bei denen eine weite Resektionsgrenze eingehalten wurde. Die ermittelte Überlebenszeit dieser Patienten überstieg die der nur intraläsional resezierten um das Mehrfache. Hieraus kann die bestehende Forderung nach „weiter“ Resektion u.a. durch Früherkennung, rasche und sichere Diagnostik und sofortige Therapieplanung unterstützt werden.

Patienten mit ossären Metastasen der Knieregion (n=11) überlebten im Mittel 32,7 Monate, die 5 – Jahresrate liegt bei 24%. Es geht hieraus eine deutlich höhere Lebenserwartung der juvenilen Sarkompatienten gegenüber den Metastasenträgern im höheren Lebensalter hervor.

Die im Schultergelenk versorgten Patienten überlebten ohne signifikanten Unterschied zwischen primären und sekundären Tumoren zwischen 45 und 54 Monate. Im Kollektiv der Patienten mit Schulterendoprothesen lässt sich zeigen, dass die Überlebensrate zur erreichbaren Radikalität der Operation in Abhängigkeit steht – die Patienten mit intraläsional resezierten Tumoren hatten die geringste postoperative Lebenserwartung.

Sluga et al. 1999 [76] berichten in einer Studie über ca.130 an Osteosarkomen der Knieregion erkrankten Patienten, dass die 5 – Jahresüberlebensrate 70% betrug, dabei war das Überleben bei den gelenkerhaltenden Operationen länger (61% bei Amputationen, 71% bei Limb Salvage).

Bacci et al. 2002 [5] analysierten 560 Patienten mit Osteosarkomen, von denen 465 gelenkerhaltend und 95 ablativ oder mit Umkehrplastik versorgt wurden. Sie geben eine 5 – Jahresüberlebensrate von 68,5%, eine Überlebensrate nach 10 Jahren von 59,8% an.

Eine Evaluation durch Lindner et al. [53] von 136 Patienten mit Osteosarkomen erbrachte ein rezidiv – und metastasenfreies Überleben von 43 Monaten bei 59% der Patienten. 2% der Patienten überlebten mit Lokalrezidiven, 13% der Lebenden mussten sich einer Metastasenresektion unterziehen und in 4% der Fälle wurden noch existierende Metastasen festgestellt.

Kreplers Analyse aus Wien [46] ergab bei insgesamt 55 Patienten eine Gesamtüberlebensrate von 76,5%, wobei Osteosarkompatienten eine solche von 83% und Ewingsarkompatienten von 63,2% aufwiesen.

Vergleichbare Daten berichten Horowitz et al. 1993 [37]. Sie ermittelten ein durchschnittliches Überleben nach 5 Jahren von 78%, sowie nach 10 Jahren von 56%. Ihr Kollektiv umfasste 93 Sarkompatienten, die sämtlich gelenkerhaltend mit Endoprothesen der Knieregion versorgt wurden. Bemerkenswert ist, dass eine Abhängigkeit der Prognose von der Tumorlokalisation an der unteren Extremität zu eruieren war. Bei Tumorbefall der proximalen Tibia steigerte sich die Rate auf 93% gegenüber 75% bei Läsionen des distalen Femur. Bei guter Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist erkennbar, dass die 5 – Jahres Überlebensrate gleich, die nach 10 Jahren bei Horowitz jedoch schlechter ausfällt. Eine Einschätzung der Aussage, dass Tumoren im distalen Femur eine schlechtere Prognose hätten, als die in der proximalen Tibia, kann aufgrund unserer Analyse nicht getroffen werden.

Nach Untersuchungen primär maligner Tumoren der Wiener Orthopädischen Universitätsklinik betrug die 5 – Jahresüberlebenszeit 60,2% infolge radikaler bzw. weiter Resektion, nach weniger radikaler Entfernung nur 40,1%. Zwei Lokalrezidive entwickelten sich nach marginaler, bzw. intraläsionaler Resektion [22].

### **Rezidive**

Trotz bedeutsamer, auch umfassender wissenschaftlicher und praktischer Fortschritte in der Behandlung von Patienten mit primären Knochentumoren lassen sich lokale Rezidive und hämatogene Streuungen mit Metastasenbildung zwar deutlich mehr, aber noch nicht in ausreichendem Maße verhindern. Bei der Analyse möglicher Ursachen für diese Verläufe stößt man vordergründig auf die eminente Bedeutung des Ausmaßes der chirurgischen Intervention. Diese wird von der Lokalisation und vom Umfang der Neubildung maßgeblich bestimmt. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen jedoch auch, dass die Radikalität, wie bei der weiten Resektionsgrenze gefordert, nicht ausschließlich für eine sichere Lokalrezidivfreiheit anzusehen ist.

Bei den Patienten mit Schulter Spezialprothesen zeigte sich ein Lokalrezidiv (9,1%), welches infolge einer intraläsionalen Resektion auftrat. Dieses Ergebnis bedarf jedoch der Relativierung bei einer kleinen Fallzahl. Es fanden sich drei Lokalrezidive im Kollektiv der Patienten mit Tumorendoprothesen im Kniegelenksbereich. Das entspricht einer Gesamtrate der Rezidive von 7,1%. Dabei zeigt sich infolge weiter, marginaler und intraläsionaler Resektion eine Lokalrezidivrate von je 2,4%.

Picci 1994 et al. [67] belegen, dass die weite Resektionsgrenze im chirurgischen Konzept ausschlaggebend für die Rezidivquote ist. Dabei entstanden nur 3,5% lokale Rezidive nach weiter Resektion. Dies im Gegensatz zu den Operationen mit weniger weit resezierten Tumoren, die in 26,2% lokal rezidierten.

Lindner [53] zeigt in seinem Kollektiv eine Lokalrezidivrate von 8%, von denen nur drei Patienten überlebten.

Bacci 2002 [5] beschreibt eine Lokalrezidivrate von 6%. Dabei war die Häufigkeit der Lokalrezidive bei Amputationen und Limb Salvage identisch. Diese seien abhängig von Resektionsgrenze, Tumoransprechen auf Chemotherapie und Tumorlokalisierung. Bei Patienten mit weit resezierten Tumoren lag die Rate der Lokalrezidive bei 3,1%.

P. Krepler [46] aus der Wiener Uniklinik ermittelte bei Patienten mit primär malignen Knochentumoren bezüglich der Lokalrezidive eine Rate von 5,4%.

Nach ablativen Eingriffen sind Lokalrezidive mit einer Rate von 3-8% in der Literatur beschrieben [6], [8], [76].

Sluga [76] beobachtete bei Patienten mit Osteosarkomen nach Limb Salvage eine Rate von 1,2% Lokalrezidiven. Bei amputierten Patienten eine Rate von 4,3%.

Nach der Ewingsarkomstudiengruppe und Untersuchungen von Bacci-Dalari 1989 [7], [11] erhält man die besten Resultate der Lokalkontrolle beim Ewingsarkom durch eine Kombination der weiten Resektion mit postoperativer Strahlentherapie.

Speziell im Schulterbereich wird auch in der Literatur von wesentlich höheren Raten an Lokalrezidiven (15-35%) berichtet [86].

Radikale Tumorchirurgie, auch in Kombination mit modernen adjuvanten und neoadjuvanten Therapieschemata, garantiert nicht, dass eine Metastasierung bei primären Knochentumoren ausbleibt. Das Problem der Skip- Läsionen scheint nicht endgültig gelöst und beherrscht. Es ist anzunehmen, dass hierin eine der Ursachen der immer noch anzutreffenden systemischen Ausweitung trotz radikaler oder weiter Resektion zu sehen ist. Insgesamt mussten in unserer Analyse bei den Kniegelenkpatienten sechs und bei den Schultergelenkpatienten fünf Metastasierungen von primären Knochentumoren im Verlauf der Behandlung diagnostiziert werden. Den Analysenzeitpunkt erlebten hiervon insgesamt vier Patienten. Dies zeigt die verbliebene Ohnmacht gegenüber diesen Geschwülsten in vielen Fällen und ruft zu weiterer Optimierung der Behandlung auf.

### **Komplikationsraten**

Die meist komplizierte lokale anatomische Ausgangslage und die enorme Lebensbedrohlichkeit bei der bösartigen Grunderkrankung stellen von vornherein an den angestrebten Extremitätenerhalt hohe Anforderungen. Bei der Realisierung dieses Therapieziels ist das Behandlungsteam oftmals gezwungen, auch im Grenzbereich der Möglich- und Zumutbarkeiten zu handeln. Bei der Bewältigung dieser Aufgabe ist so die Inkaufnahme auch schwerwiegender Komplikationen enthalten. Die hier festgestellten Komplikationen beziehen sich nicht auf solche der begleitenden Therapie, sondern sind solche, die im operativen Teil der Behandlung ihre Ursache haben. Lockerungen der Spezialendoprothesen, deren Brüche, primäre oder spätere Wundheilungsstörungen, postoperative Lähmungerscheinungen oder auch das Fehlen einer ausreichenden Beweglichkeit, besonders das des Streckvermögens des Kniegelenks, sind Folgen von Material und Methode und deren Schwierigkeiten.

Der vorgelegte Bericht belegt eine Komplikationsrate von 62,8% bei insgesamt 42 Kniegelenkspatienten. Unter den Komplikationen fand sich eine Betonung der frühzeitigen Lockerung (16,3%) und auch ein bedeutsamer Anteil von Materialbrüchen (14%). Wegen dieser unerwünschten postoperativen Zustände war in 12 Fällen (27,9%) ein Prothesenwechsel nötig und in vier Fällen eine Ablation (9,3%) der Extremität nicht zu umgehen.

Die Komplikationsrate im Klientel der Schultergelenkspatienten wurde mit 45,5% ermittelt. Deswegen war bei drei von fünf Patienten ein Wechsel der Prothese (27,3%) erforderlich. Für eine Amputation bestand kein Zwang.

Die vorgelegte Auswertung ergibt im Vergleich mit anderen Analysen ebenso eine relativ hohe Zahl an Komplikationen. Bei der Bewertung der Schulterendoprothesen muss wiederum die kleine Fallzahl des Kollektivs einschränkend Erwähnung finden. In wieweit hier operativ -technische Gründe oder Materialmängel im Prothesenteil selbst eine Rolle spielen, kann nicht ausgesagt werden.

Lindner 1999 [53] beschreibt bei 32 Endoprothesenimplantationen eine Komplikationsrate von 62,5% im Zuge von Limb Salvage. Sechs dieser Endoprothesen mussten entfernt und anschließend amputiert werden.

Shin 1999 [75] berichtet über 52 Revisionseingriffe nach insgesamt 208 Prothesenimplantationen zum Gelenkerhalt. 25 dieser Eingriffe betrafen das Knie – und 9 das Schultergelenk. Die Ursache für diese Zweiteingriffe waren aseptische Lockerungen in der Mehrzahl, daneben Prothesenbrüche, lokale Rezidive und Infektionen.

Die aseptische Lockerung erweist sich übereinstimmend als dominierender Grund für das Implantatversagen nach Primäreingriffen. Auch nach Mittermayer und Kotz 2001 [60] beträgt die Rate der aseptischen Lockerung bei insgesamt 64 Implantationen der Kniegelenksregion 27%.

Gut vergleichbar mit der unseren ist die Auswertung von Jeon 1999 [41]. Bei gleich großem Kniegelenkskollektiv wurden sieben Lockerungen (17,5%), sechs Infektionen (50%) und sechs Amputationen (50%) und ein Lokalrezidiv (2,5%) beobachtet.

Eine ältere Aussage von Kneisl 1991 [44] ergibt eine Frühkomplikationsrate von 20 - 35%.

### **Funktionelle Ergebnisse**

Bei der Behandlung von Tumorerkrankungen besteht die ärztliche Herausforderung nicht nur in der radikalen Entfernung der bösartigen Geschwulst, sondern auch darin, die Grunderkrankung im Körper möglichst andauernd zu heilen. Zum ärztlichen Auftrag gehö-

ren auch die Erhaltung bzw. Wiederherstellung der Funktionalität im Erkrankungsgebiet und die Wahrung der Lebensqualität. Die Überlebensrate erscheint, wie oben beschrieben, zufrieden stellend hoch, so dass der Forderung nach Erhalt des Gebrauchswertes der Extremität große Bedeutung zukommt. Im Bereich der oberen Extremität ist die Greif – und Haltefunktion für den Alltag wichtig, bei der unteren Extremität kommt es hauptsächlich darauf an, ausreichend hohe Geh- und Stehleistungen zu erzielen, dies sowohl in statischer als auch in dynamischer Hinsicht.

Die vorgestellten funktionellen Ergebnisse, gemessen im aktuellen, leicht angepassten Bewertungsscore zeigten bei den 20 Kniegelenkspatienten einen deutlich mehr als zufrieden stellenden Erhalt der Gebrauchsfähigkeit (68,3%). Der durchschnittliche Punktwert für jede Domäne der Analyse ergab Werte zwischen 4,15 (83%) bei der Notwendigkeit, Hilfsmittel zu benutzen, und 2,55 (51%) für die Bewertung der Funktionalität. Die Schmerzintensität, das Gangbild und die Gehfähigkeit erbrachten pro Patient zwischen 3 und 4 Punkte. Nach dem älteren Score von Enneking 1987 wurden 11 Patienten bewertet, der Hauptteil (8 Patienten) in den Gruppen „fair“ und „good“. Neben zwei „exzellent“, erschien nur ein Patient in der Gruppe „poor“.

Die Auswertung der Gebrauchsfähigkeit der Arme bei fünf Patienten ergab im aktuellen Bewertungsschema auch einen überdurchschnittlichen Wert (66,6%). Die besten Resultate fanden sich in der vorliegenden Arbeit bei Geschicklichkeit (4,6 Punkte – 92%) und Schmerzempfindung (4,2 Punkte – 84%). Hier fällt die Bewertung der postoperativen Funktion (2,0 Punkte – 40%) als besonders niedrig und damit verbesserungsbedürftig auf. Jedoch muß auch hier bei der Einordnung der Mängel die kleine Fallzahl einschränkend berücksichtigt werden.

Die Kenntnis der funktionellen Resultate stellt Forderungen an die weitere Optimierung der postoperativen Bemühungen. Bei gesichertem Überleben des Patienten muss dem Erhalt der Funktionalität der rekonstruierten Extremität weiterhin große Aufmerksamkeit gewidmet werden, um das Gesamtbehandlungsergebnis zu bessern. Ausgerichtet an den Bedürfnissen der Patienten ist dieses Ziel durch konsequente und intensive Rehabilitation erreichbar. Zweifelsohne wird die Gebrauchsfähigkeit der erkrankten, aber erhaltenen Extremität im Alltag auch von operationstechnischen Besonderheiten und von eventuell auftretenden postoperativen Komplikationen beeinflusst, bzw. begrenzt.

Eine Bilanz von Jeon 1999 [41] von 27 ausgewerteten Knieendoprothesen erbrachte eine funktionelle Rate von durchschnittlich 76% (22,8 Punkte). Auch hier geht hervor, dass die

im Ergebnis positiv führenden Kriterien die Schmerzintensität (4,4 Punkte), die Notwendigkeit von Hilfsmitteln (4 Punkte) und die emotionale Akzeptanz (3,9 Punkte) sind.

Malo 2001 [57] und Mittermayer et al. 2001 [60] erzielten bei Implantation von 56 bzw. 41 Knieendoprothesen ein gutes funktionelle Ergebnis im Mittel von 80,4% bzw. 80%. Bei Malo et al. werden Schmerzbeeinflussung (4,2 Punkte), Gehfähigkeit (4,3 Punkte) und emotionale Akzeptanz (4,6 Punkte) besonders gut von den Patienten eingeschätzt.

Bei Shin 1999 [75] lassen sich Knie- und Schultergelenkendoprothesen zum Vergleich heranziehen. Seine Gesamterfolgsrate bezüglich der funktionellen Ergebnisse bei den Kniegelenken gibt er mit 57,2% und bei den Schultergelenken mit 69,0% an.

Bei einer gründlichen Betrachtung der Ergebnisse nach Amputation oder Extremitätenerhalt ergibt sich bei Zahlen – Hinguranage 2003 [95] ein Gesamtscore von 77,1% und die Schlussfolgerung, dass Patienten nach Extremitätenerhalt tendenziell ein bessere Funktion erzielen. Der Gesamtscore nach ablativer Therapie wird mit 65,4% ermittelt.

### **Vergleich der Rekonstruktionsmöglichkeiten**

Im chirurgischen Teil des multimodalen Therapiekonzeptes bei primär malignen Knochentumoren stehen gelenkerhaltende und ablativ Verfahren zur Verfügung. Gelenkerhaltend sind biologische Rekonstruktionen mit Auto- oder Allografts, Defektüberbrückungen mit Prothesensystemen, Kombinationen aus biologischen und alloplastischen Verfahren, sowie die Umkehrplastik.

In der vorliegenden Aufarbeitung von 53 Patienten mit malignen Knie- und Schultergelenksgeschwülsten kamen ausschließlich modulare Tumorendoprothesen (42 Knie- und 11 Schultergelenke) als Rekonstruktionslösung zur Anwendung.

Der totalendoprothetische Ersatz nach Tumorresektion verfolgt das Ziel des Erhalts des intakten äußeren Erscheinungsbildes. In unserer Gesellschaft besitzt die erhaltene körperliche Integrität unter Wahrung kosmetischer Gesichtspunkte einen hohen Stellenwert. Unter dieser Prämisse darf die funktionelle Kapazität nicht leiden. Bei der Realisierung dieser Forderungen verlieren verstümmelnde und gar ablativ Operationsverfahren an Bedeutung.

Die auf verschiedene Weisen verlängerbaren Prothesen oder auch Wachstumsprothesen sind neben dem generellen Implantationsrisiko mit zusätzlichen Nachteilen behaftet. Der notwendige Wachstumsausgleich muss jeweils durch operative Schritte eine Verlängerung der einliegenden Prothese erbringen. Größere (über 2 cm) Längenunterschiede sind wegen der rigiden Elongationsfähigkeit der Weichteile nicht praktikabel. Daher sind zahlrei-



che kleinere Reoperationen notwendig, verbunden mit den bekannten Risiken und der dazu gehörenden Hospitalisierung. Das Restwachstum der nach Resektion verbliebenen Knochenabschnitte ist durch den einliegenden Prothesenstil, auch wenn er „glatt“ im Markraum und in Nähe der Wachstumsfuge liegt, beeinträchtigt.

Außerdem erfordert die Verwendung von Wachstumsprothesen nach Wachstumsabschluss eine endgültige prothetische Versorgung. Auch diese ist dann mit den Komplikationsmöglichkeiten, wie aseptische Lockerung, Infektion, stress shielding und Kunststoffabrieb belastet. Bei noch jungen Kindern behält die Wachstumsprothesenimplantation ebenso wie die Umkehrplastik ihre Berechtigung.

Krepler 2003 [46] berichtet über 55 Kinder unter 10 Jahren mit Knochensarkomen, bei denen in 62% Endoprothesen implantiert, in 13% eine Umkehrplastik und in 7,3% eine Amputation durchgeführt wurden. Die 3-Jahres-Haltbarkeit der Tumorprothesen beträgt in der Studie von Krepler 85%, die nach 5 Jahren 79% und nach 10 Jahren sind noch 71% funktionstüchtig. Nach den Berichten auf dem ISOLS –Symposium 1999 ergaben sich 81,5% gute und noch bessere funktionelle Ergebnisse. Damit besteht nach Krepler Berechtigung, auch bei Kindern unter 10 Jahren eine Tumorprothesenimplantation vorzunehmen.

Einer großen Studie von Unwinn 1996 [87] ist zu entnehmen, dass von 164 nachuntersuchten Patienten mit Wachstumsprothesen, Alter im Durchschnitt 10,5 Jahre, Follow up 29 Monate, in 44,6% keine Komplikationen gefunden wurden, die direkt auf das Implantat bezogen werden mussten. In 22,6% der operierten Patienten musste ein Prothesenwechsel erfolgen, bei dem etwa hälftig eine endgültige und eine erneut verlängerbare Prothese eingesetzt wurden. Es ergibt sich zwingend, dass die notwendigen Verlängerungseingriffe die Komplikationsrate erhöhen. In diesem Krankengut musste in 7,8% nach Implantation einer Wachstumsprothese die Amputation ausgeführt werden [87].

Im derzeitigen Therapieverständnis muss die Umkehrplastik hauptsächlich alternativ zur Amputation angesehen werden. Auch als Folgeeingriff bei Implantatversagen und bei nicht beherrschbarer lokaler Infektion, bei großen Weichteildefekten, sowie in Situationen, in denen weite Resektionsgrenzen zum Extremitätenerhalt nicht erreichbar sind hat sie noch ihre Berechtigung [29]. Hillmann et al. berichten, dass bei 12 Patienten eine Umkehrplastik nach Tumorendoprothesenversagen eine Amputation vermeiden konnte [34].

Besonders geeignet für diese Art operativer Versorgung sind Kinder unter 10 Jahren. In diesem Lebensabschnitt muss individuell zwischen Umkehrplastik und Wachstumsprothese entschieden werden, wobei vordergründig die Bedürfnisse und Wünsche des Patienten und seiner Eltern berücksichtigt werden müssen.

Die Komplikationsrate bei der Umkehrplastik ist gering [90]. Es kommt zu Infektionen, Paresen, Pseudarthrosen und Gefäßverschlüsse. Das funktionelle Ergebnis und somit das Aktivitätsniveau im Alltag und auch die emotionale Akzeptanz sind nach Umkehrplastik zufrieden stellend bis gut. Dieses Operationsverfahren verändert das körperliche Erscheinungsbild und führt zu kosmetischen Entstellungen. Die bei dieser Operationsmethode entstehende Veränderung des körperlichen Erscheinungsbildes und die Veränderung des kosmetischen Eindrucks sind bei der Wahl des Rekonstruktionsverfahrens sicherlich entscheidend.

Die im ausgewerteten Patientenkollektiv angewendeten modularen Endoprothesensysteme stehen für alle Abschnitte der Extremitäten zur Verfügung. Durch interdisziplinäre Zusammenarbeit hat sich die Indikation hierzu durch die Möglichkeit des Gefäßersatz, der Nervenüberbrückung und der Weichteilplastiken erheblich erweitert. Auch die Mängel in der aktiven Streckfähigkeit des Kniegelenks nach Resektion des Streckapparates werden durch die mögliche Refixierung der Patellasehne reduziert, so dass auch dies den Einsatz der Tumorprothese rechtfertigt [29]. Eine reduzierte Radikalität bei der Tumorresektion wird im Gegensatz zu vorherigen Grundregeln zugunsten des Limb Salvage heute akzeptiert. Rachbauer et al. [68] rechtfertigen knappere Resektionsgrenzen bei Weichteilsarkomen mit der Bedingung, dass eine intraoperative Bestrahlung erfolgen muss. Es wäre auch hierdurch eine optimale lokale Tumorkontrolle und der Extremitätenerhalt möglich. Richter und Bernd [69] bestätigen, dass bei Realisierung lediglich marginaler Resektionsgrenzen die Lokalrezidivrate durch intraoperative Radiotherapie deutlich gesenkt werden konnte. Der Preis hierfür bestand in einer wesentlich höheren Spätkompliationsrate. Eine Verbesserung des Überlebens und der Metastasierungshäufigkeit wurde nicht gefunden.

Nach Studium der Literatur ist die Tendenz klar erkennbar, dass diese Operationsmethode Dominanz erreicht. Die modulare Endoprothese als Prothese aus dem Baukasten hat den Vorteil, dass sie jederzeit verfügbar und an jeden anatomischen Situs adaptierbar ist. Bei Einsatz dieser Tumorprothesen werden begleitenden Therapien in keiner Weise behindert, eine durch das Operationsverfahren bedingte zeitliche Verzögerung entfällt. Die Verwendung dieses Implantattyps erweitert nicht die Skala der allgemein bekannten Komplikationsmöglichkeiten. Eine Reduktion derselben wird jedoch ebenfalls nicht beobachtet. Hauptursache für Wechseleingriffe ist die aseptische Lockerung. Bei 251 zementfrei implantierten Tumorprothesen fanden sich in 21 (8,4%) der Fälle nach durchschnittlich 12 Monaten eine aseptische Lockerung [46]. Die Ergebnisse von Unwin 1996 [87] sagen e-

benfalls aus, dass die implantatbezogene Hauptkomplikation in der aseptischen Lockerung liegt.

Durch Verbesserung des Bioengineering ist es gelungen, den Implantatverbleib im Patienten deutlich zu verlängern. Veröffentlichungen von Shin 1999 [75], Jeon 1999 [41], und Horowitz 1993 [37] belegen ein Implantatüberleben nach 5 Jahren von etwa 70% und nach 10 Jahren etwa 30%. Die Werte für die Schulterendoprothese liegen für die 5 Jahres – Rate bei 75% und nach 10 Jahren bei 50%.

Die erfassten guten Resultate bezüglich Überleben, Akzeptanz und Funktionalität in Verbindung mit der Kenntnis über die bereits ausreichend lange Haltbarkeit des Implantats in situ begründen die bevorzugte Anwendung dieser Rekonstruktionsmethode.

## 7 Zusammenfassung

Primär maligne Skeletttumoren sind relativ selten, von hohem Malignitätsgrad und treten gehäuft im Wachstumsalter auf. Sekundäre Knochentumoren sind metastatischer Natur.

Nach exakter Diagnostik kommen überwiegend standardisierte, multimodale Therapiekonzepte zur Anwendung. Im zweistufigen operativen Part sind „weite“ Resektionsgrenzen und eine funktionstüchtige Wiederherstellung des Defektes gefordert. Rekonstruktionsmöglichkeiten sind bei Befall der Schulterregion Endoprothesensysteme und Auto- und Allografts, bei operativer Versorgung der Knieregion zudem die Umkehrplastik.

In den Jahren von 1979 – 2000 wurden in der Orthopädischen Klinik der Technischen Universität München 53 Patienten wegen maligner Tumoren im Schulter- und Kniegelenkbereich endoprothetisch rekonstruiert. Hierzu kamen in beiden anatomischen Bereichen nur modulare Tumorendoprothesensysteme zur Anwendung. Es wurden überwiegend „weite“ Resektionen durchgeführt. Die begleitende Therapie gestaltete sich obligat nach den geltenden Richtlinien. Staging und Evaluation der Funktion von Schulter- und Kniegelenk folgten den Kriterien von Enneking. Zur Auswertung der Ergebnisse wurden statistische Methoden nach Kaplan Meier, Log Rank und Mann-Whitney angewendet.

Die detaillierte Analyse zeigt folgende Ergebnisse:

Bei den Patienten mit Kniegelenkstumorendoprothesen (n=42) ließ sich eine durchschnittliche Überlebenszeit von 117,5 Monaten, ein 5 – Jahresüberleben von 61% und ein Überleben nach 10 Jahren von 52% ermitteln.

Beim Kniegelenksersatz wegen primärem Knochentumoren (n=31) betrug die mittlere Überlebenszeit 158,5 Monate, die 5 - und auch 10 - Jahres Überlebensrate betrug 78,5%.

Lokalrezidive entwickelten sich in drei Fällen (7,1%). Metastasen entwickelten sich in sechs (19,4%) der resezierten Primärtumoren. Die 11 Patienten mit sekundären Tumoren der Knieregion hatten eine mittlere Überlebenszeit von 32,7 Monaten; nach fünf Jahren lebten noch 24%, 10 Jahre erlebte kein Patient.

Die implantierten Kniegelenkspezialendoprothesen erzielten in der aktuellen funktionellen Bewertung nach Enneking ein mittleres Ergebnis von 68,3%. Bei den Einzelkriterien erhielten „Gehhilfen“, „Schmerz“ und „Gangbild“ die besten Werte. Am Ende der Benefitskala rangierte das Merkmal „Funktion“. Im Score nach Enneking von 1989 war der überwiegende Teil als „good“ und „fair“ zu klassifizieren.

Die Gesamtkomplikationsrate der Kniegelenksendoprothesen betrug 62,8%, wobei die Lockerung bei sieben Patienten davon den größten Anteil ausmachte. Die Komplikationen

erforderten bei 12 Patienten einen Austausch des Implantates und bei vier Patienten eine Amputation.

Unter den Patienten mit Schultertumoren überlebten die sieben Patienten mit Primärtumoren der Schulter 54 Monate (60% 5-Jahresüberleben), bei den sechs Patienten mit Metastasen im Schulterbereich beträgt das mittlere Überleben 45 Monate (50% 5-Jahresüberleben). Fünf primäre Tumoren entwickelten Fernmetastasen.

Als Ergebnis der funktionellen Analyse der Schulter wurde im aktuellen Erhebungsbogen eine mittlere Rate von 66,6% ermittelt. Die besten Einzelwerte erreichten die Kategorien „Geschicklichkeit“ und „Schmerz“. Die niedrigste Bewertungszahl erhielt das Kriterium „Funktion“.

Bei fünf Patienten (45%) traten Komplikationen auf, die in drei Fällen zur Wechseloperation führten.

Die erreichten Behandlungsergebnisse an Knie und Schulter liegen im Bereich der Angaben der internationalen Literatur (Überleben, Komplikationsrate und Lokalrezidive) und stützen das Therapiekonzept. Die Überlebensraten offenbaren u.a. eine Beziehung zur Radikalität der Operation.

Vermehrte Anstrengungen zur Erzielung besserer funktioneller Ergebnisse sollten angestrebt werden. Der bislang beschrittene Weg wird dann durch Optimierung der diagnostischen und therapeutischen Bemühungen sowie durch Intensivierung der rehabilitativen Maßnahmen zu weiterem Patientenbenefit führen.

## 8 Literaturverzeichnis

1. Aigner,C., Radl,R., Pechmann,M., Rehak,P., Windhager,R.: In –vivo –Evaluierung der Meniskallagerbeweglichkeit mittels Ultraschall. Orthopäde, 32, 4,April 2003, 287-291
2. Arndt, CAS, Crist,WM.: Common muculoskeletal tumors of childhood and adolescence. N Engl. J Med 341,1999, 342-352
3. Bacci,G., Ferrari,S., Bertoni,F., Rimondini,S., Longhi,A., Bacchini,P., Forni,C., Manfrini,M., Donati,D., Picci,P.: Prognostic factors in Nonmetastatic Ewing's sarcoma of Bone Treated With Adjuvant Chemotherapy: Analysis of 359 Patients at the Istituto Ortopedico Rizzoli. Journal of clinical oncology,Vol.18 No1, 2000
4. Bacci,G., Ferrari,S., Delepine.N., Bertoni,F., Picci,P., Mercuri,M., Bacchini,P., Brach del Prever,A., Tienghi,A., Comandone,A., Campanacci,M.: Predictiv Factors of Histologic Response to Primary Chemotherapy in Osteosarcoma of the Extremity: Study of 272 Patients Preoperatively Treated With High –Dose Methotrexate, Doxorubicin and Cisplatin. Journal of Clinical Oncology, Vol. 16, No 2, 1998, 658-663
5. Bacci,G., Ferrari,S., Lari,S., Mercuri,M., Donati,D., Longhi,A., Forni,C., Bertoni,F., Versari,M., Pignotti,E.: Osteosarcoma of the Limb. The Journal of Bone and Joint Surgery,Vol.84-B, Nr.1, January 2002
6. Bacci,G., Ferrari,S., Mercurin,M, Bertoni,F, Picci,P, Manfrini,M, Gasbarrini,A, Forni,C, Cesari,M, Campanacci,M: Predictiv factors for local recurrence in osteosarcoma: 540 patients with extremity tumors followed for a minimum 2.5 years after neoadjuvant chemotherapy. Acta Orthop Scand 69,1998, 230-236
7. Bacci,G., Dallari,D., McDonald,D., Avelle,M., Toni,A.,Barbieri,E., Ciaroni,D., Sudanese,A., Mancini,A., Giunti,A.: Neoadjuvant chemotherapy for localized Ewing's sarcoma of the extremities: preliminary results of a protocol which uses surgery (alone or followed by radiotherapy) for local control. Tumori 75,1989, 456-462
8. Bacci G., Ferrari,S., Longhi,A. Perin,S., Forni,C., Fabbri,N., Salduca,N., Versari,M., Smith,KV.: Pattern of relapse in patients with osteosarcoma of the extremities treated with neoadjuvant chemotherapy. Eur J Cancer,37,2001, 32-38
9. Bielack,SS., Kempf –Bielack,B, Delling,G, Exner, GU, Flege,S, Helmke,K, Kotz,R, Salzer-Kuntschik, M, Werner,M, Winkelmann,W, Zoubek,A, Jürgens,H, Winkler,K: Prognostic factors in high –grade osteosarcoma of the extremities or trunk: An Analysis of 1.702 patients treated on neoadjuvant cooperative osteosarcoma study group protocols. Journal of Clinical Oncology, 20,2002, 776-790
10. Breme,J., Eisenbarth,E., Biehl,V.: Metalle und mechanische Oberflächenmodifikationen. Biomaterialien 1(1), 2000
11. Carri,C., Mascard,E., Gomez,F., Habrand,JL., Alapetite,C., Oberlin,O., Moncho,V., Hofstetter,S.: Nonmetastatic Pelvic Ewing Sarcoma: Report of the French Society of Pediatric Oncology. Med Ped Oncol 33,1999, 444-449

12. Chao, E., Sim, F.: Modular Types of Tumor Endoprostheses for Limb-Salvage. In Enneking, W.F. (Ed.) - Limb Salvage in musculoskeletal oncology. Philadelphia, Livingstone, 1987, 198-206
13. Cofield, R.: Uncemented total shoulder arthroplasty. A review. Clinical orthopaedics 307, 1994, 86-93
14. Debski, R.E., Sakone, M., Woo, S.L., Wong, E.K., Fu F.H., Warner, J.J.: Contribution of the passive properties of the rotator cuff to glenohumeral stability during anterior –posterior loading. J Shoulder Elbow Surg 8, 1999, 324-329
15. Dürr, H., Refior, H.: The prognosis of skeletal metastases. Orthopäde 5, 1998, 294-300
16. Dunst, J., Hoffmann, C., Ahrens, S., Jürgens, H.: Operation oder Radiotherapie bei prognostisch günstigen Ewing-Sarkomen? Strahlentherapie und Onkologie 172, 1996, 244-248
17. Enneking, W., Dunham, W., Gebhardt, M., Malawer, M., Pritchard, D.: A System of Functional Evaluation of Reconstructive Procedures after Surgical Treatment of Tumors of the Musculoskeletal System. Clinical Orthopaedics and Related Research, Nr.286, January 1993, 241-246
18. Enneking, W., Spanier, S., Goodman, M.: A System for the Surgical Staging of Musculoskeletal Sarcoma. Clinical Orthopaedics and Related Research, Nr.153, November -Decembre 1980
19. Ewing, J.: Diffuse endothelioma of bone. Proc.N.Y.Path.soc. 21, 1921, 17-24
20. Ferguson, W., Goorin, A.: Current treatment of Osteosarcoma. Cancer Investigation, 19(3), 2001, 292-315
21. Finn, H., Simon, M.: Limb-Salvage Surgery in the Treatment of Osteosarcoma in Skeletally Immature Individuals. Clinical Orthopaedics and Related Research, Nr. 262, January, 1991
22. Flege, S., Kuhlen, M., Paulussen, M., Bielack, S., Jürgens, H.: Operative Therapie primär maligner Knochentumoren. Orthopäde 32, 2003, 940-948
23. Frick, H., Leonhardt, H., Stark, D.: Allgemeine Anatomie, spezielle Anatomie I. 4. überarbeitete Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York, 1992
24. Früh, H.-J., Kaddick, C., Willmann, G.: Belastbarkeit von CFK – Hüftprothesen mit keramischen Kugelköpfen, Biomedizinische Technik, Band 42, 1997, 369-373
25. Gohlke, F., Barthel, Th., Daum, P.: The influence of T –shift capsulorrhaphy on rotation and translation in the glenohumeral joint – an experimental study. J shoulder Elbow Surg 6, 1994, 361-370
26. Gohlke, F.: Biomechanik der Schulter. Orthopäde 29, 2000, 834-844
27. Gradinger, R.: Maßgeschneiderte Endoprothesen für das Knie, Fortschritte der Medizin 117 (14), 1999

28. Grimer, R., Taminiau, A., Cannon, S.: Surgical Outcomes in Osteosarcoma. *Journal of Bone and Joint Surgery (Br)* 84-B, 2002, 395-400
29. Hardes, J., Gebert, C., Hillmann, A., Winkelmann, W., Gosheger, G.: Umkehrplastik im operativen Behandlungsplan der primär malignen Knochentumoren. *Orthopäde*, 32, 2003, 965-970
30. Hedtmann, A., Heers, G.: Prinzipien der Schulterendoprothetik. *Orthopäde* 30, 2001, 354-362
31. Hendrich, C., Sauer, U., Rader, C.: Biomechanik und Biomaterialien für Knieendoprothesen, *Biomaterialien* 1(1), 2000.
32. Heers, G., Grifka, J., An, K.: Biomechanische Überlegungen zur Schultergelenkendoprothetik. *Orthopäde* 30, 2001, 346-353
33. Hildebrand, R., Trappmann, D., Georg, C., Müller, H., Koller, M., Klose, K.-J., Griss, P., Kienapfel, H.: Welchen Effekt hat die Hydroxylapatitbeschichtung beim zementfreien Kniegelenkersatz? Eine prospektive randomisierte RSA –Langzeitstudie über 9 Jahre. *Orthopäde*, 32 (4), 2003
34. Hillmann, A., Gosheger, G., Hoffmann, C., Ozaki, T., Winkelmann, W.: Rotationsplasty – surgical treatment modality after failed limb salvage procedure. *Arch. Orthop. Trauma Surg* 120, 2000, 555-558
35. Hipp, E., Plötz, W., Burkhart, R., Schelter, R.: *Limb Salvage*, W.Zuckschwerdt Verlag GmbH, 1998
36. Hoffmeyer, P.: Biomechanik der Schulter – Kinematik und intraartikuläres Vakuum. *Orthopäde* 21, 1992, 71-74.
37. Horowitz, S., Glasser, D., Lane, J., Healey, J.: Prosthetic and extremity survivorship after limb salvage for sarcoma. *Clinical orthopaedics and related research*, nr.293, 1993, 280-286
38. Huvos, AG: Bone tumors: diagnosis, treatment and prognosis. In: Huvos AG (de) Bone tumors: diagnosis, treatment and prognosis, 2nd edn. Saunders, Philadelphia, 1991
39. Iannotti, JP, Gabriel, JP, Schneck, SL, Evans, BG, Misra, S.: The Normal Glenohumeral Relationships. An anatomical study of one hundred and forty shoulders. *Journal of Bone and Joint Surgery Am*, Vol. 74-A, Nr.4, April 1992, 491-500
40. Jäger, M., Wirth, K.: *Praxis der Orthopädie*, Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York, 2.Auflage, 1992
41. Jeon, D-G., Kawai, A., Boland, P., Healey, J.: Algorithm for the surgical treatment of malignant lesions of the proximal tibia. *Clinical orthopaedics and related research*, 358, 1999, 15-26
42. Kahle, W., Leonhardt, H., Platzer, W.: *Taschenatlas der Anatomie, Band 1: Bewegungsapparat*, Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York, 1991



43. Kienapfel, H., Springorum, H.-P., Ziegler, A., Klose, K.-J., Georg, C., Griss, P.: Der Einfluss der Femur –und Tibiakomponentenrotation auf das patello-femorale Versagen beim künstlichen Gelenkersatz. *Orthopäde*, 32 (4), 2003
44. Kneisl, J., Finn, H., Simon, M.: Mobile knee reconstruction after resection of malignant tumors of the distal femur. *Orthopaedic clinics of North America*, 22 (1), 1991
45. Kotz, R.: Tumorendoprothesen bei malignen Knochentumoren. *Orthopäde* 22, 1993, 160-166
46. Krepler, P., Dominikus, M., Toma, C., Kotz, R.: Die endoprothetische Versorgung an den Extremitäten bei Kindern nach Resektion primär maligner Knochentumoren. *Orthopäde*, 32, 2003, 1013-1019
47. Kuechle: Shoulder muscle moment arms during horizontal flexion and elevation. *J Shoulder Elbow Surg* 6, 1997, 429-439.
48. Lichtenstein 1952-zitiert nach W. Gössner in *Limb Salvage*, Hipp, E, 1998
49. Lehner, S., Stur, S., Kaddick, C., Hipp, E.: Verschleißigenschaften von Kniegelenkachsen. *Biomedizinische Technik*, Band 42, Ergänzungsband, 1997
50. Lehner, S., Stur, S., Steinhauser, E., Schaff, P., Grading, R.: Optimierung einer handelsüblichen achsgeführten Kniegelenkendoprothese für Tumorpatienten. *Biomedizinische Technik*, Band 43, Ergänzungsband 1, 1998
51. Lehner, S., Steinhauser, E., Mittelmeier, W., Stur, S., Grading, R.: Neue Werkstoffpaarungen zur Verbesserung des Verschleißverhaltens einer Tumor- Endoprothese. *Biomedizinische Technik*, Band 46 (3), 2001
52. Lehner, S., Linsmeier, E., Steinhauser, E., Schaff, P., Grading, R.: Refixation des Lig. Patellae mit Tumorspezialendoprothesen, *Biomedizinische Technik*, Band 43, Ergänzungsband 1, 1998
53. Linder, N., Ramm, O., Hillmann, A., Roedel, R., Gosheger, G., Brinkschmidt, Ch., Juergens, H., Winkelmann, W: Limb salvage and Outcome of Osteosarcoma. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, Nr.358, 1999, 83-89
54. Lippitt, S., Maten, FA: Mechanisms of glenohumeral joint stability. *Clin. Orthop Relat Res* 291, 1993, 20-28.
55. Löer, I., Plitz, W.: Tibiales Malalignment bei Mobile –bearing –Prothesen. Eine Simulatorstudie. *Orthopäde*, 32 (4), 2003
56. Malawer, M.: Tumors of the Shoulder Girdle. *Technique of Resection and Description of a Surgical Classification*. *Orthopaedic Clinics of North America*, Vol.22 (1), 1991
57. Malo, M., Davis, A., Wunder, J., Masri, B., Bell, R., Isler, M., Turcotte, R.: Functional evaluation in distal femoral endoprosthesis replacement for bone sarcoma. *Clinical orthopaedics and related research*, 389, 2001, 173-180
58. McPherson, E.J., Friedmann, R.J., An, Y.H., Chokesi, R., Dooley, R.L : Anthropometric study of normal glenohumeral relationships. *J Shoulder Elbow Surg* 6, 1997, 105-112.

59. Mittelmeier, W., Hauschild, M., Grading, R.: Knieendoprothesen – Fortschritte und Fragen, Fortschritte der Medizin 117 (14), 1999
60. Mittermayer, F., Krepler, P., Dominikus, M., Schwameis, E., Sluga, M., Heinzl, H., Kotz, R.: Long –Term Followup of Uncemented Tumor Endoprotheses for the Lower Extremity. Clinical Orthopaedics and Related Research, 388, 2001, 167-177
61. Morrey, B.F., An, K : Biomechanics of the shoulder. In: Rockwood CA, Matsen, FA, the shoulder. Saunders, Philadelphia, 1990, 208-245
62. Niethard, F., Pfeil, J.: Orthopädie, 3. überarbeitete Auflage, Duale Reihe, Hippokrates Verlag Stuttgart, 1997
63. O`Connor, M., Pritchard, D.: Ewing´s sarcoma: prognostic factors, disease control, and the reemerging role of surgical treatment. Clinical orthopaedics 262, 1991, 78-87.
64. Ostermeier, S., Nowakowski, A., Stukenborg –Colsman, C.: Dynamische In –vitro - Druck –und Bewegungsmessung des LCS –Prothesensystems. Orthopäde, 32 (4), 2003
65. Paulussen, M., Ahrens, S., Dunst, J., Winkelmann, W., Exner, G.U., Kotz, R., Amann, G., Dockhorn-Dworniczak, B., Harms, D., Müller-Wehrich, S., Welte, K., Kornhuber, B., Janka-Schaub, G., Göbel, U., Treuner, J. Voute, P.A., Zoubek, A., Gagner, H. and Jürgens, H.: Localized Ewing Tumor of Bone: Final Results of the Cooperative Ewing`s Sarcoma Study CESS 86. J. of Clinical Onkology, 19 (6), 2001
66. Picci, P., Rougraff, B.T., Bacci, G.: Prognostic significance of histopathologic response to chemotherapy in nonmetastatic Ewing´s sarcoma of the extremities. Journal of Clinical Oncology, 11, 1993, 1763-1769
67. Picci, P., Sangiorgi, L., Rougraff, B.T., Neff, J., Casadei, R., Campanacci, M.: Relationship of Chemotherapy-Induced Necrosis and Surgical Margins to Local Recurrence in Osteosarcoma. Journal of Clinical Oncology, 12, 1994, 2699-2705
68. Rachbauer, F., Sununu, F., Sztankay, A., Lukas, P.: Hochdosis –Brachytherapie mittels Münchner Flab-Technik in de Behandlung von Weichteilsarkomen. Z Orthop 2002, 140, S1-S198, 36
69. Richter, H.J., Bernd, L.: Intraoperative Strahlentherapie bei Weichteilsarkomen des Bewegungsapparates. Z Orthop 2002
70. Riede, U., Schäfer, H.: Allgemeine und spezielle Pathologie, Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York, 4. aktualisierte Auflage, 1995
71. Rödl, R., Gosheger, G., Gebert, C., Lindner, N., Ozaki, T., Winkelmann, W.: Reconstruction of the proximal humerus after wide resection of tumors. Journal of Bone and Joint Surgery (Br), Vol.84-B (7), 2002, 1004-1008
72. Saha, A.H.: Rezidivierende Schulterluxationen. Enke, Stuttgart, 1978
73. Schiebler, T., Schmidt, W., Zilles, K.: Anatomie, 6. Auflage, Springer Verlag, 1995

74. Schwitalle,M., Schwitalle,E., Just,A., Köller,S., Mark,T., Bodem,F.: Kinematische Analyse vor und nach bikondylärem Oberflächenersatz des Kniegelenks. Orthopäde 32, 2003, 266-273
75. Shin,D., Weber,K., Chao,E., An,K., Sim,F.: Reoperation for Failed Prosthetic Replacement Used for Limb Salvage. Clinical Orthopaedics and Related Research, 358, 1999, 53-63
76. Sluga,M., Windhager,R., Lang,S., Heinzl,H., Bielack,S., Kotz,R: Local and Systemic Control After Ablative and Limb Sparing Surgery in Patients With Osteosarcoma. Clinical Orthopaedics and Related Research, 358, 1999
77. Snyder,SJ., Karzel,RP., Del Pizzo,W., Ferkel,RD., Friedmann,MJ.: SLAP -lesions of the shoulder. Journal of Arthroscopy 6 (274),1990
78. Soslowky,LJ., Flatow,EL., Bigliani,LU., Pawluk,RJ., Ateshian,GA.,Mow, VC.: Quantifikation of in situ areas of the glenohumeral joint: a biomechanical study. J Orthop Res 10,1992, 524 – 534
79. Springfield, Dempsey,S: Introduction to Limb-Salvage Surgery for Sarcomas. Orthopaedic Clinics of North America, Vol.22 (1), 1991
80. Steinhauser,E., Kaddick,C., Früh,H.-J., Hipp,E.: Neue Werkstoffe in der Tumorendoprothetik. Biomedizinische Technik, 42, 1997.
81. Steinhauser,E., Schaff,P., Gradinger,R.: Festigkeit von Implantatstielen aus CFK bei quasistatischen und schwellenden Belastungen unter simulierten in-vivo Bedingungen. Biomedizinische Technik 43, Ergänzungsband 1, 1998
82. Strukenborg -Colsman,C., Ostermeier,S., Burmester,O., Wirth,C.J.: Dynamische In – vitro –Messung des retropatellaren Drucks nach alloplastischem Kniegelenkersatz. Orthopäde, 32 (4), 2003
83. Sweetnam, Rodney,M.A., F.R.C.S.: Malignant Bone Tumor Management. Clinical orthopaedics and related research, 23 (3),1989
84. Tensi,H.M., Gese,H., Voggenreiter,H.: Werkstoffkundliche und mechanische Aspekte von metallischen Oberflächenstrukturen, Die zementlose Hüftprothese, Demeter Verlag GmbH, 1992
85. Tischer,T., Putz,R.: Die Anatomie des oberen Labrumkomplexes im Schultergelenk. Orthopäde 2003 ,32, 572-577
86. Tunn,P., Delbrück,H., Schlag,P.: Ablative Verfahren bei der operativen Behandlung maligner Knochentumoren. Orthopäde 2003, 32, 955-964
87. Unwin,P., Walker,P.: Extendible Endoprotheses for the Skeletally Immature. Clinical Orthopaedics and Related Research, 322 (1), 1996
88. Waldherr,P., Syder,S.: SLAP –Läsion der Schulter. Orthopäde 32, 2003, 632-636
89. Winkelmann,W.: Die Umdrehplastiken. Orthopäde 22, 1993, 152-159

90. Winkelmann, W.: Type –B –IIIa hip rotationsplasty: An alternative operation for the treatment of malignant tumors of the femur in early childhood. *J Bone Joint Surg Am* 82, 2000, 814-828
91. Wirtz, D., Schopphoff, E., Weichert, D., Niethard, F.: Verstrecktes Polyethylen (UHMW-PE) – eine neue Werkstoffmodifikation zur Abriebsminderung beim künstlichen Kniegelenkersatz, *Biomedizinische Technik* 46, 2001, 338-342
92. Wuisman, P., Gohlke, F., Witlox, A.: Allografts in der Rekonstruktion von knöchernen Defekten bei primär malignen Knochentumoren. *Orthopäde* 32, 2003, 994-1002
93. Wurster, K.: *Manual Knochentumoren und Weichteilsarkome*, Tumorzentrum München und Zuckerschwerdt Verlag München, 2004
94. Yonemoto, T., Tatezaki, S., Ishii, T.: Knee Rotations-Plasty for Malignant Musculoskeletal Tumors Occurring Around the Knee Joint. *Anticancer Research* 21, 2001, 717-722
95. Zahlten – Hinguranage, A., Bernd, L., Sabo, D.: Amputation oder Extremitätenerhalt? Beurteilung der Lebensqualität nach Tumoroperation an der unteren Extremität. *Orthopäde* 32, 2003, 1020-1027
96. Zysk, S., Gebhard, H., Pellinghar, C., Refior, H., Plitz, W., Meßmer, K., Veihelmann, A.: Inflammatorische Reaktion auf Abriebpartikel von Endoprothesen in vivo. Ein experimentelles Modell an der Maus. *Orthopäde*, 32 (4), 2003

## 9 Abbildungsverzeichnis

Abb.4.2.2.1 Altersverteilung der Patienten mit primären und sekundären Tumoren der Knieregion (n=42).....	45
Abb.: 4.2.2.2 Verteilung der Entitäten primärer Knochentumoren der Knieregion (n=31) .....	46
Abb.4.2.2.3: Resektionsgrenzen primärer und sekundärer Tumoren der Knieregion (n=34) .....	47
Abb.4.2.2.4.: Verteilung der Stadien nach Enneking (1980) primärer Knochentumoren der Knieregion (n=27).....	47
Abb.4.2.3.1.: Altersverteilung der Patienten mit primären und sekundären Knochentumoren der Schulterregion (n=11) .....	48
Abb. 4.2.3.2: Verteilung der Entitäten primärer und sekundärer Tumoren der Schulterregion (n=7,n=4) .....	49
Abb.4.2.3.3: Resektionsgrenzen primärer und sekundärer Tumoren der Schulterregion (n=11).....	50
Abb. 4.2.3.4: Verteilung der Stadien nach Enneking primärer Tumoren der Schulterregion (n=11). .....	50
Abb. 5.1.1 altersbezogene prozentuale Verteilung primärer (n=31) und sekundärer Tumoren (n=11) .....	51
Abb. 5.1.2a Überleben der Patienten mit Kniespezialendoprothesen (n=42).....	52
Abb.5.1.2b Überlebensraten primärer (n=31)und sekundärer Tumoren (n=11) der Knieregion.....	53
Abb.: 5.1.2c: Abhängigkeit der Überlebenszeit von intraläsionaler = IL (n=3), marginaler = M (n=4) und weiter = W (n=34) Resektionsgrenze.....	54
Tabelle 5.1.3a funktionelle Ergebnisse nach Enneking 1993 (n=20) .....	55
Tabelle 5.1.3b funktionelle Ergebnisse der Einzelkriterien nach Enneking 1993 .....	55
Tabelle 5.1.3c funktionelle Ergebnisse nach Enneking (1987) (n=11) .....	55
Abb.5.1.3c: funktionelles Ergebnis und Tumorart (n=20).....	56
Tabelle 5.1.4 Verteilung der Komplikationsraten bei Kniespezialendoprothesen, primäre und sekundär Tumoren (n=27).....	56
Abb. 5.2.1 Altersverteilung primärer (n=7) und sekundärer (n=4)Tumoren der Schulterregion .....	57
Abb. 5.2.2a Überleben der Patienten mit Schulterspezialendoprothesen (n=11) .....	58
Abb. 5.2.2b Überlebensraten primärer (n=7) und sekundärer (n=4) Tumoren der Schulter .....	58
Abb.5.2.2c: Abhängigkeit der Überlebenszeit von intraläsionaler = IL (n=1), marginaler = M (n=2) und weiter = W (n=8) Resektionsgrenzen .....	59
Tabelle 5.2.3a funktionelle Ergebnisse nach Enneking 1993 .....	60
Tabelle 5.2.3b funktionelle Ergebnisse der Einzelkriterien nach Enneking 1993 .....	60
Tabelle 5.2.4. Verteilung der Komplikationsraten bei Schulterspezialendoprothesen, primäre (n=2) und sekundär (n=3) Tumoren.....	61

## 10 Danksagung

Diese Arbeit entstand an der Orthopädischen Klinik des Klinikum rechts der Isar. Mein besonderer Dank gilt Prof. Dr. H. Rechl für die Stellung dieses interessanten und aktuellen Themas, sowie für die kompetente und anregende Hilfe beim Einstieg in die Thematik. Außerdem danke ich Prof. Dr. R. Gradinger als Direktor der Klinik. Die statistischen Ausführungen wurden in freundlicher Zusammenarbeit mit dem Institut für Medizinische Statistik und Epidemiologie, Klinikum rechts der Isar, insbesondere Herr Alexander Hapfelmeier, erarbeitet. Zudem gilt mein Dank dem geduligen Team der Sekretärinnen, die bei der aufwendigen und oftmals mühsamen Recherche der Daten stets hilfreiche Hände boten.