

Klinik für Orthopädie und Sportorthopädie
am Klinikum rechts der Isar
der Technischen Universität München
(Prof. Dr. Rüdiger von Eisenhart-Rothe)

Modulare Megaprothetik des distalen Femurs in der muskulo- skelettalen Tumorchirurgie und Revisionsendoprothetik

Paul-Ruben Schwarz

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

Vorsitzender: Prof. Dr. Ernst J. Rummeny

Prüfer der Dissertation: 1. Prof. Dr. Rüdiger von Eisenhart-Rothe
2. apl. Prof. Dr. Hans W. Gollwitzer

Die Dissertation wurde am 14.03.2016 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 12.04.2017 angenommen.

Für

Elisa Steinhilber

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen	4
1. Einleitung.....	5
1.1. Ziel der Arbeit.....	7
2. Material und Methoden.....	8
2.1. Die Modulare MML-Prothese	8
2.2. Patienten.....	9
2.2.1. Gesamt Patienten-Kollektiv	10
2.2.2. Patienten in den Nachuntersuchungen.....	14
2.2.3. Von der funktionellen Nachuntersuchung ausgeschlossene Patienten ...	15
2.2.4. Verstorbene Patienten	16
2.2.5. Datenerhebung.....	17
2.3. Verwendete Scores.....	18
2.4. Statistik	21
3. Ergebnisse.....	23
3.1. Patienten.....	23
3.2. Globale Beurteilung.....	25
3.3. Numerische Rating Schmerzskala	27
3.4. Scores.....	28
3.4.1. Short-Form 12 Health Survey	28
3.4.2. Musculoskeletal Tumor Society Score (MSTS)	31
3.4.3. American Knee Score (AKS) , funktioneller Teil	33
3.4.4. Oxford Knee Score	34
3.4.5. Toronto Extremity Salvage Score	36
3.4.6. Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC).....	38
3.4.7. Patientengruppe distaler Femur und proximaler Tibiaersatz	41
3.4.8. Ergebnisse der Scores in Abhängigkeit vom Alter.....	44
3.4.9. Ergebnisse einiger Scores in Abhängigkeit von Indikation und Alter	47
3.5. Komplikationen und Standzeit.....	50
4. Diskussion	54
5. Zusammenfassung	63
6. Literaturverzeichnis.....	65
7. Anhang	70
7.1. Fragebögen.....	70
7.1.1. Allgemeine Fragen	70
7.1.2. Numerische Rating Skala (NAS)	71

7.1.3. Short Form 12 Health Survey	72
7.1.4. Musculoskeletal Tumor Society Score.....	75
7.1.5. American Knee Score, funktioneller Teil.....	77
7.1.6. Oxford Knee Score	78
7.1.7. Toronto Extremity Salvage Score	81
7.1.8. WOMAC	83
7.2. Abbildungsverzeichnis	85
7.3. Tabellenverzeichnis.....	89
7.4. Danksagung.....	90
7.5. Lebenslauf.....	91

Abkürzungen

AKS	American Knee Score
BRD	Bundesrepublik Deutschland
CoCrMo	Kobalt-Chrom Molybdän
KSS	Körperliche Summenskala
MML	Modularsystem München Lübeck
MSTS	Musculoskeletal Tumor Society (Score)
NRS	Numerische Rating Skala
OKS	Oxford Knee Score
PSS	Psychische Summenskala
SF 12	Short Form 12
TESS	Toronto Extremity Salvage Score
TiNb	Titian-Niob
WOMAC	Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index

1. Einleitung

Fortschritte der systemischen und operativen Therapiemöglichkeiten in der Behandlung aggressiver Neoplasien des Bewegungsapparates haben in den letzten 20 Jahren die ablativen Verfahren (Amputationen) des distalen Femurs weitgehend verdrängt. Die aktuelle Literatur beschreibt inzwischen zahlreiche operative Verfahren zur Rekonstruktion nach Resektion eines aggressiven Knochentumors des distalen Femurs. Eine etablierte Methode ist dabei die Versorgung mittels modularer Megaprothese (Harris et al. 1990, Ham et al. 1998, Zimel et al. 2009). Diese speziellen Prothesen wurden ursprünglich für die Behandlung von schweren Knochendefektsituationen in der Tumorchirurgie des Bewegungsapparates entwickelt (Ilyas et al. 2001, Calori et al. 2014).

In den letzten Jahren wurde der Einsatz von Megaprothesen jedoch auch zunehmend in der Therapie nicht tumor-assoziiierter Defektsituationen erforderlich. Diese beinhalten vornehmlich schwere Knochendefekte nach wiederholten endoprothetischen Wechseloperationen der unteren Extremität (Davila et al. 2001, Berend und Lombardi 2009, Mortazavi et al. 2010, Calori et al. 2014).

Gründe hierfür sind der demografische Wandel mit einer immer älter werdenden Population und die kontinuierlich steigende Anzahl von Primärimplantationen und Revisionsoperationen von Hüft- und Knieendoprothesen. Bis zum Jahr 2050 wird laut Bundesgesundheitsblatt die Zahl der über 65-jährigen um 38 % und der über 80-jährigen um 156 % steigen (Peters et al. 2010, Matziolis und Rohner 2015).

Da die zunächst für die Tumorchirurgie entwickelten und ursprünglich individuell angefertigten einteiligen Megaprothesen gravierende Nachteile aufzeigten, wurde ein Entwurf von modular aufgebauten Endoprothesensystemen notwendig. Diese erweiterten den Handlungsspielraum des behandelnden Chirurgen entscheidend (von Salis-Soglio et al. 2010).

Ziele waren die Erhaltung der Gliedmaße (limb salvage) und das Erreichen der bestmöglichen Funktionalität für den Patienten (Holl et al. 2012). Wesentliche Vorteile der Modularität einer Prothese sind die sofortige Verfügbarkeit und individuelle Anpassungsfähigkeit an die bestehende Defektsituation.

Eines der etablierten modularen Megaprothesensysteme ist das von Gradinger und Ascherl in den Jahren 1992-1994 entwickelte und seit 1994 im klinischen Einsatz befindliche Modulare System München Lübeck (MML). Es zählt zu den drei

weitverbreitetsten Megaprothesensystemen im deutschsprachigen Raum, die ihre Eignung in der Behandlung von Knochentumoren und vergleichbar großen knöchernen Defektsituationen über einen langen Zeitraum gezeigt haben (von Salis-Soglio et al. 2010).

Durch verbesserte interdisziplinäre Behandlungsmöglichkeiten insbesondere in der Behandlung von Osteosarkomen und des Ewing Sarkoms, aber auch bei anderen malignen Knochentumoren wie Knochenmetastasen, kommt es zu einer steigenden Anzahl Langzeitüberlebender mit malignen Tumorerkrankungen (Hagleitner et al. 2012, O'Hara et al. 2015).

Um die subjektive Sicht des Patienten und objektiv messbare Parameter über Ausgang und Erfolg einer durchgeführten Therapie wiedergeben zu können, stehen heutzutage eine Vielzahl an unterschiedlichen Instrumenten der Verlaufskontrolle und Nachsorge in Form von Fragebögen zur Verfügung (Gerdesmeyer et al. 2006).

Aufgrund der kontinuierlich steigenden Anzahl implantierter modularer Megaprothesen in der Tumor- und Revisionschirurgie sollen im Rahmen dieser Arbeit Gemeinsamkeiten und Unterschieden zwischen den unterschiedlichen Indikationsgruppen von Tumor und Revisionspatienten anhand einer retrospektiven Analyse aufgezeigt werden, systembezogenen Komplikationen sollen erfasst und ausgewertet werden.

Diesen Ergebnissen werden weiterhin die Daten eines vorrausgegangen Patientenkollektivs der eigenen Klinik, sowie die aktuelle Studienlage vergleichbarer Prothesensysteme gegenüber gestellt.

1.1. Ziel der Arbeit

Ziel der Arbeit ist es, die Funktionalität des distalen Femurersatzes vom Typ MML in zwei unterschiedlichen Indikationsgruppen und Patientenpopulationen (Tumor- und Revisionsendoprothetik) zu erfassen und zu vergleichen. Ursachen für Komplikationen und deren Häufigkeit sollen untersucht und aufgezeigt werden.

2. Material und Methoden

2.1. Die Modulare MML-Prothese

Das Endoprothesensystem MML (Modularsystem München Lübeck) wurde zur Rekonstruktion ausgedehnter Defektsituationen der Tumorchirurgie des Bewegungsapparates entwickelt. Zunehmend findet dieses System aber auch Anwendung bei komplexen Hüft- und Knierevisionseingriffen, die mit segmentalen Knochendefekten einhergehen können. Der modulare Aufbau ermöglicht patientenindividuell solche Defektsituationen zu rekonstruieren. Der distale Femurersatz und der kombinierte distale Femur- und proximaler Tibiaersatz sind dabei zwei Versorgungsmöglichkeiten, das Kniegelenkes mittels MML-System zu rekonstruieren.

Die modularen Implantatkomponenten sind in unterschiedlichen Dimensionen verfügbar und gewährleisten so eine individuelle Anpassung an die jeweilige Defektsituation. Durch das Baukastenprinzip besteht das MML-System aus einzelnen Modulen, die miteinander konisch verklemmt und zusätzlich mit einem speziellen Schraubensystem gesichert werden. Der modulare Aufbau ist in 10 mm Schritten möglich. Die Standardausführung des Kniegelenksmoduls ist mit einem Femurvalgus von 6° sowie einem lateralem Offset ausgestattet (Abb.1).

Die diaphysären Verankerungsschäfte gibt es in unterschiedlichen Längen und Durchmessern und in zementierter, sowie unzementierter Form. Das System besteht aus einer Kobalt-Chrom Molybdän Legierung. Alternativ kann die Prothese auch mit einer Titanioberfläche Beschichtung geliefert werden. Die Indikation für die Implantation des Systems liegt prinzipiell in jeglicher Form einer ausgedehnten ossären Defektsituation des distalen Femurs, die nicht knochenerhaltend rekonstruiert werden kann. Neoplastische Prozesse des Knochens, die eine ausgedehnte Resektion und Rekonstruktion des betroffenen Knochenabschnittes erfordern, sowie wiederholte endoprothetische Revisionseingriffe des Kniegelenkes mit hochgradigen knöchernen Defektsituationen stellen jedoch mit Abstand die häufigsten Ursachen dar.

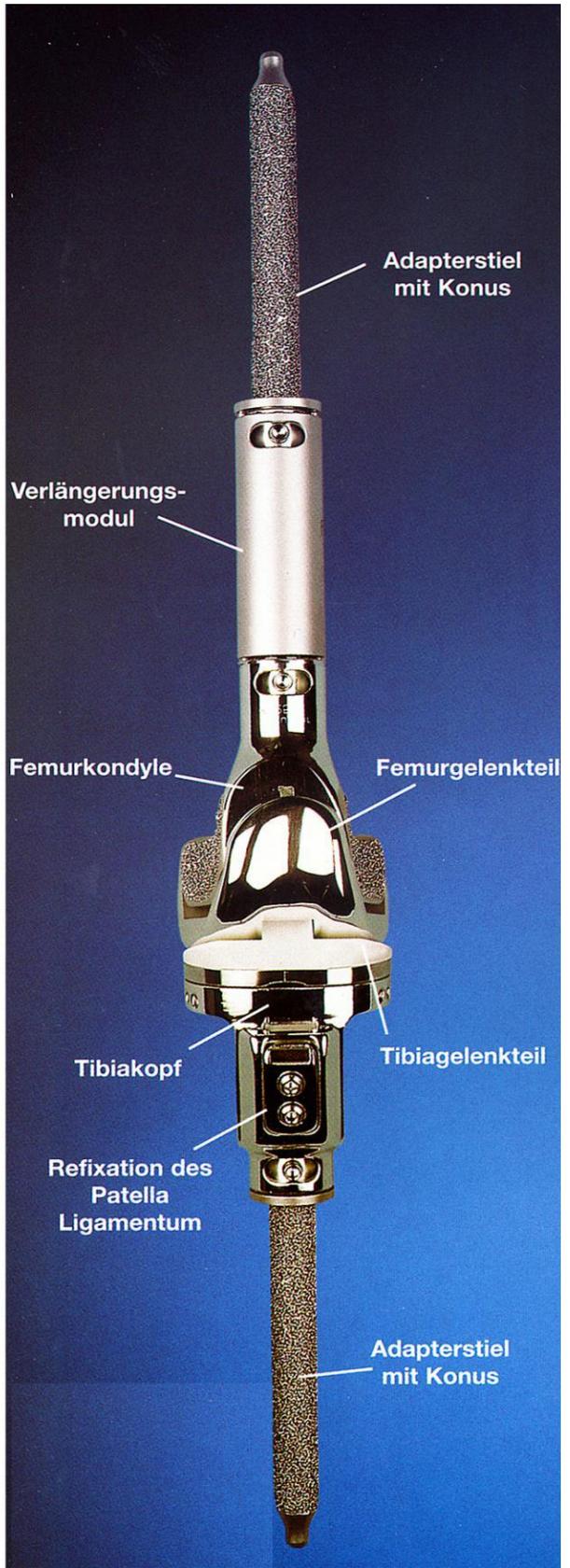
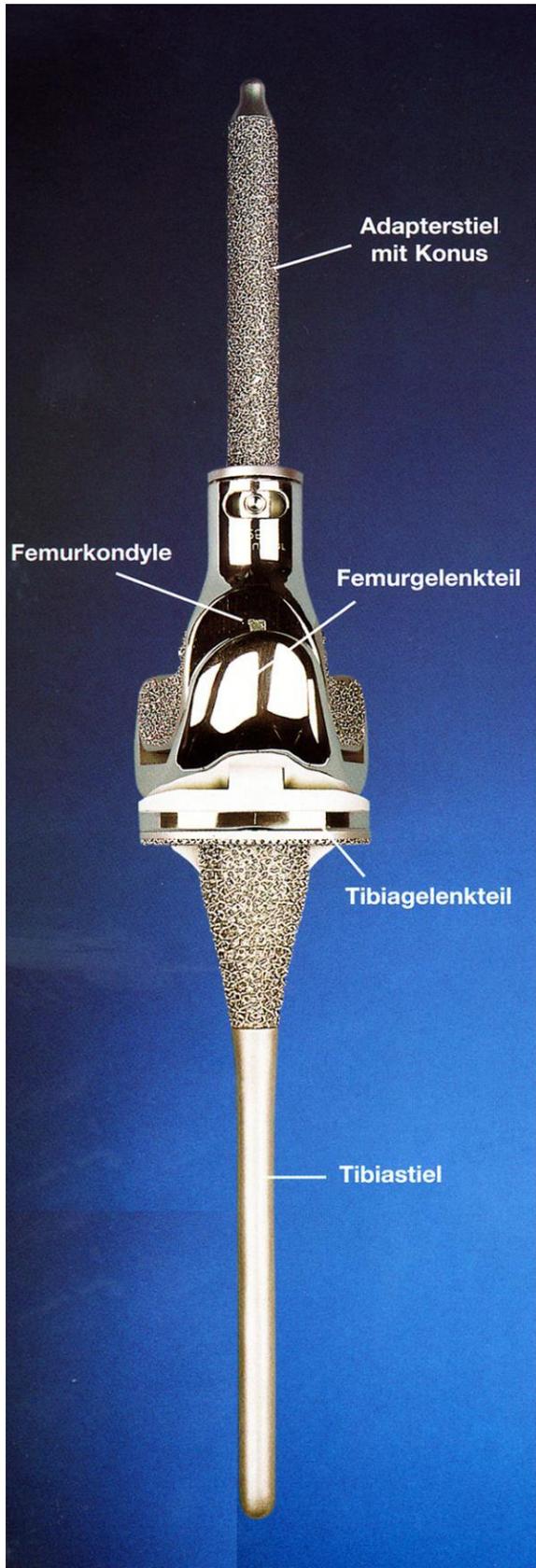
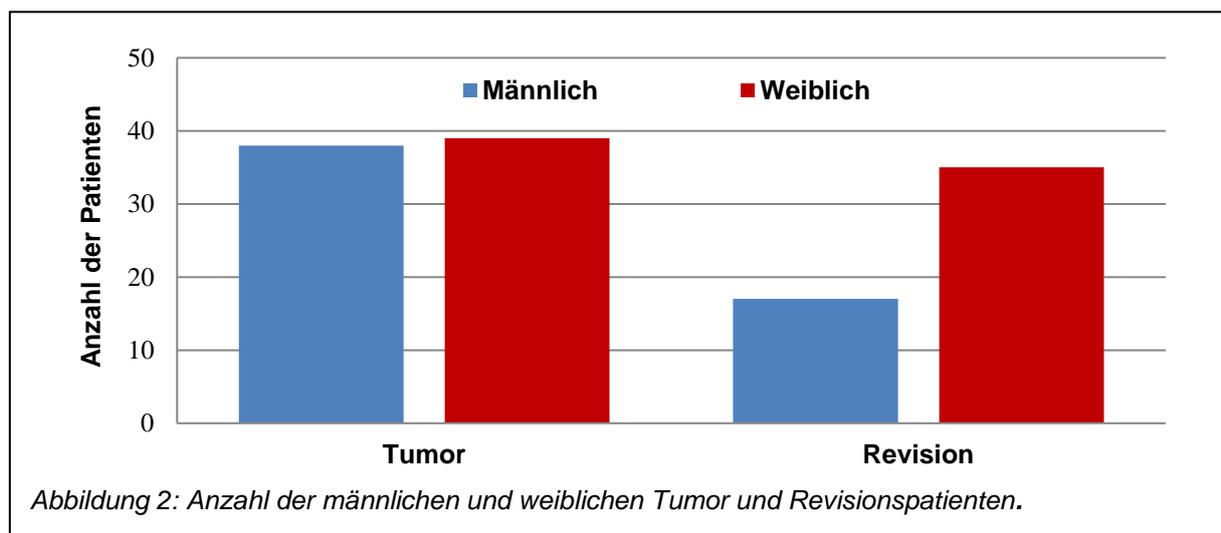


Abbildung 1:ESKA Modularsystem München Lübeck.

2.2. Patienten

2.2.1. Gesamt Patienten-Kollektiv

Im Zeitraum vom 02.01.2002 bis 01.01.2015 konnten 129 Patienten, welche in der Klinik für Orthopädie des Klinikums rechts der Isar der Technischen Universität München mit einer MML-Prothese versorgt wurden, erfasst werden. Hierbei handelte es sich um 14 Patienten mit einem kombinierten distalen Femur- und proximalen Tibiaersatz und 115 Patienten mit isoliertem distalen Femurersatz. Insgesamt wurden 55 Männer und 74 Frauen mit einem Durchschnittsalter von $55,1 \pm 23,7$ Jahren (min. 11,0 – max. 90,3 Jahren) zum Zeitpunkt der Implantation im Rahmen der retrospektiven Studie erfasst (Abb.2). Die jeweils einseitige Versorgung mit einer MML-Prothese erfolgte 69-mal rechts und 60-mal links.



Insgesamt wurden in dieser Studie 105 Prothesenstiele zementiert und 19 unzementiert in sogenannter "Press-Fit" Technik eingebracht. Fünf Prothesen wurden teilzementiert, indem nur eine knöcherne Verankerung des Implantates zementiert (vier distal und eine proximal) und die jeweils andere Seite "Press-Fit" eingebracht wurde.

Bei 129 Patienten wurden 77 Prothesen tumorbedingt implantiert. 38 Männer und 39 Frauen im Alter von 11,0 bis 82,5 Jahren zum Zeitpunkt der Primärimplantation ($\bar{\text{Ø}}=44,2 \pm 23,4$ Jahre). Es erfolgte die Unterteilung der Tumore in gut- und bösartig. Zur Gruppe der gutartigen Tumore gehörte ausschließlich der Riesenzelltumor mit 2 Fällen ($n=2$), welcher typischerweise ein lokal aggressives Wachstum in unmittelbarer

Gelenknähe (epiphysäre Lage) aufweist und in seltenen Fällen eine endoprothetische Rekonstruktion erfordert. Die Gruppe der bösartigen Tumoren wurde weiter in primäre und sekundäre (Metastasen) Malignome sowie hämatoonkologische Tumoren unterteilt. In der Gruppe der primären malignen Tumore wurde weiterhin in Knochen- und Weichteiltumore unterschieden. Darunter sind Osteosarkome G1–G3 (n=32), Chondrosarkome G1–G4 (n=17) und Ewing Sarkome (n=3) vertreten. Hierbei konnten bei den Chondrosarkomen fünf Patienten mit einem G1 Grading, zwei mit G2, zwei mit G3 und ein Patient mit G4 festgestellt werden. Bei den sieben verbleibenden Chondrosarkomen war ein histopathologisches Grading retrospektiv nicht eruierbar. In der Gruppe der Osteosarkome konnte nur bei fünf Patienten ein G1 und bei einem ein G2 Tumorgrading festgestellt werden, die übrigen Fälle zeigten alle eine schlechte Differenzierung (high-grade, G3 Osteosarkome) (Tab.1).

Tabelle 1: Einteilung der Tumore.

		Art des Tumors		Anzahl	in %	
Gutartig		Aggressiv	Riesen Zell Tumor	2	2,6	
Bösartig	Primäre	Knochen	Osteosarkom G1-G3	32	41,6	
			Chondrosarkom G1-G4	17	22,1	
			Ewing Sarkom	3	3,9	
		Weichteil	Synovialsarkom	1	1,3	
		Leiomyosarkom	1	1,3		
	Sekundär	Hämatoonkologisch		Spindelzellsarkom	2	2,6
				Fibrosarkom	1	1,3
				Metastasen	14	18,2
				Lymphome	4	5,2
Gesamt				77	100,0	

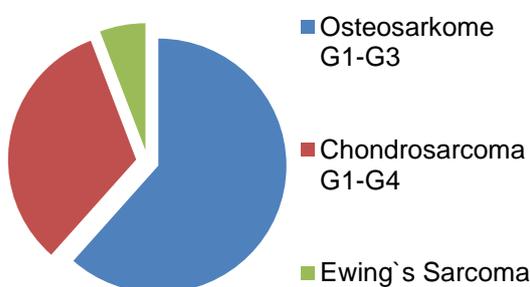


Abbildung 3: Unterteilung der bösartigen primären Knochentumore

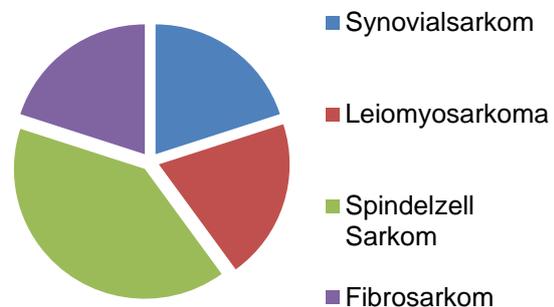
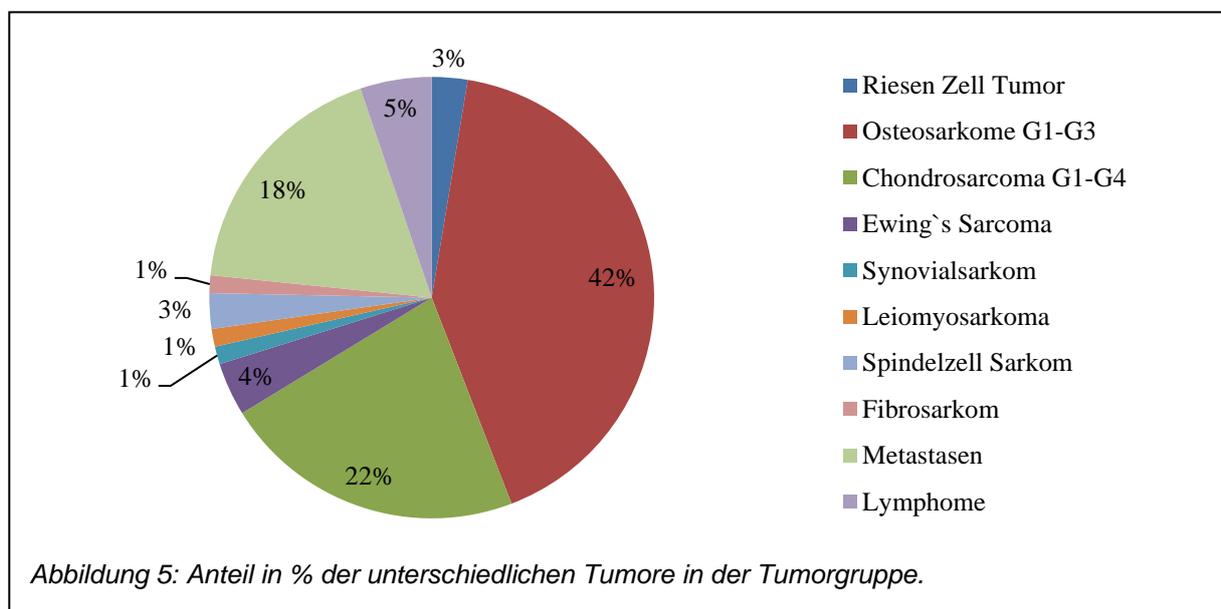


Abbildung 4: Unterteilung der bösartigen primären Weichteiltumore.

Synovialsarkom (n=1), Leiomyosarkom (n=1), Fibrosarkom (n=1), sowie spindelzellige Sarkome (n=2) wurden der Gruppe der bösartigen, primären Weichteiltumore zugeordnet (Abb. 3a,b). Alle Metastasen (n=14) wurden in die Gruppe der bösartigen sekundären Tumore eingeteilt. Hierbei wurden Nierenzell- (n=4), Mamma- (n=3), Adeno- (n=2), Prostata- (n=1), sowie Plattenepithelkarzinome (n=2) als Primärtumor festgestellt.

Bei zwei Patienten blieb der Primärtumor unbekannt. Vier Patienten mit der Diagnose eines Lymphoms wurden in die Gruppe der hämatoonkologische Tumore eingeteilt.

Patienten die aufgrund einer Tumorerkrankung mit einer modularen Megaprothese vom Typ MML versorgt wurden, werden in der sogenannten Tumorgruppe zusammengefasst.



Bei weiteren 52 Patienten, 17 Männer und 35 Frauen im Alter von 50,8 bis 90,3 Jahren ($\bar{x}=71,3 \pm 12,0$ Jahre) wurden eine MML-Prothese aufgrund einer endoprothetischen Revisionsoperation ohne Tumorhintergrund implantiert. Diese Patienten wurden in der sogenannten Revisionsgruppe zusammengefasst. In Tabelle 2 werden die Hauptursachen einer nicht tumor-assoziierten knöchernen Defektsituation anteilig aufgelistet (Tab.2). Die häufigsten Ursachen waren hierbei periprothetischen Frakturen (n=25), periprothetische Infektionen (n=4); konventionell osteosynthetisch nicht rekonstruierbare Frakturen des distalen Femurs (n=6), aseptischen Lockerungen von Prothesen (n=13) und das Implantat-Versagen bzw. der Bruch von Endoprothesen (n=4).

Tabelle 2: Einteilung der Revisionsgruppe nach Diagnose welche zur Implantation der MML-Prothese führte.

Revisionen	Diagnose	Anzahl	in %
	Periprothetische Fraktur	25	48,1
	Periprothetischer Infekt	4	7,7
	Fraktur	6	11,5
	Aseptische Lockerung einer Prothese	13	25,0
	Implantatversagen/ Bruch	4	7,7
Gesamt		52	100,0

2.2.2. Patienten in den Nachuntersuchungen

Insgesamt konnten 36 Patienten im Alter von 18,7 bis 92,8 Jahren ($\bar{O}=57,3\pm 22,3$) (Alter zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung), von welchen 18 rechts und 18 links eine modulare MML-Knieendoprothese implantiert bekamen, mittels standardisierten Fragebögen funktionell nachuntersucht werden. 20 Patienten im Alter von 18,7 bis 85,4 Jahren ($\bar{O}=46,2\pm 22,1$) gehörten zur Tumorgruppe und 16 Patienten im Alter von 43,2 bis 92,8 Jahren ($\bar{O}=71,0\pm 13,3$) zur Revisionsgruppe. Die Entitäten der Tumorgruppe umfassten zwölf Osteosarkome, vier Chondrosarkome, und jeweils ein Ewing Sarkom, Riesenzelltumor, sowie spindelzelliges Sarkom und eine Metastase am distalen Femur. Von den funktionell nachuntersuchten Fällen der Revisionsgruppe wurden bei sechs Patienten aufgrund einer periprothetischen Fraktur, bei fünf aufgrund einer aseptischen Lockerung, bei drei aufgrund eines Versagens des Implantats und bei zwei aufgrund konventionell osteosynthetisch nicht rekonstruierbaren Frakturen des distalen Femurs eine modulare Megaprothese vom Typ MML implantiert. Die Komplikationen konnten bei 82 Patienten im Alter von 18,3 bis 92,8 Jahren ($\bar{O}=57,2\pm 22,0$), darunter 45 aus der Tumorgruppe im Alter von 18,3 bis 77,8 Jahren ($\bar{O}=44,0\pm 19,8$) und 37 aus der Revisionsgruppe im Altere von 55,0 bis 92,8 Jahren ($\bar{O}=73,3\pm 11,2$), erfasst werden. Hierbei wurde zusätzlich zur telefonischen und schriftlichen Befragung die Patientenakte unserer Klinik in analoger und digitaler Form auf Komplikationen und Revisionen analysiert.

2.2.3. Von der funktionellen Nachuntersuchung ausgeschlossene Patienten

Insgesamt 13 Patienten im Alter von 46,6 bis 78,42 Jahren ($\bar{X}=63,2\pm 10,2$) mussten von der funktionellen Nachuntersuchung ausgeschlossen werden, da im Verlauf eine Verlängerung auf einen totalen Femurersatz, eine Arthrodeese des Gelenkes oder eine Amputation notwendig wurde. Dieser Zustand wird als Versagen des ursprünglich implantierten distalen Femurersatzes gewertet. Hierbei mussten aus der Revisionsgruppe 6 Patienten, zwei aufgrund einer Verlängerung auf einen totalen Femurersatz, zwei aufgrund einer Arthrodeese und zwei Patienten aufgrund einer Amputation im Verlauf, ausgeschlossen werden. In der Tumorgruppe waren es insgesamt 7 Patienten. Fünf aufgrund eines totalen Femurersatzes und jeweils ein Patient aufgrund einer Arthrodeese und einer Amputation.

Neun Patienten im Alter von 18,3 bis 56,0 Jahren ($\bar{X}=30,0\pm 14,8$) konnten wegen eines außer-europäischen Wohnortes oder Wohnortwechsel nicht kontaktiert werden und mussten deshalb aus der direkten Nachuntersuchung ausgeschlossen werden. 6 Patienten im Alter von 33,8 bis 91,0 Jahren ($\bar{X}=68,3\pm 22,9$) waren aufgrund ihres schlechten Allgemeinzustandes zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung nicht in der Lage an der Untersuchung teilzunehmen. 18 Patienten im Alter von 22,4 bis 88,5 Jahren ($\bar{X}=62,8\pm 21,3$) erklärten sich nicht bereit an der Studie teilzunehmen.

2.2.4. Verstorbene Patienten

47 von 129 Patienten verstarben im Laufe des Nachuntersuchungszeitraumes. Darunter verstarben 32 Patienten aus der Tumorgruppe, welche zum Zeitpunkt der Operation im Alter von 15,6 bis 84,8 Jahren ($\bar{\mu}=55,5\pm 23,9$) waren. Darunter befanden sich dreizehn Patienten mit Metastasen, neun Patienten mit der Diagnose eines Osteosarkoms, fünf eines Chondrosarkom und zwei mit einem Ewing Sarkom. Zwei Patienten mit Lymphomen und ein Patient mit spindelzelligem Sarkom verstarben im Laufe des Follow-Up.

Fünfzehn weitere Patienten im Alter von 63,0 bis 88,3 Jahren ($\bar{\mu}=79,8\pm 6,1$) zum Zeitpunkt der Operation, verstarben während des Nachuntersuchungszeitraumes aus der Gruppe der Revisionen.

2.2.5. Datenerhebung

Zur Erhebung der Daten wurden die Patienten zunächst telefonisch befragt, anschließend wurde den Patienten in Briefform eine Erläuterung der Studie, ein Fragebogen mit allgemeinen demografischen Fragen, sowie fünf spezifische Scores zur Nachuntersuchung der modularen Megaprothese zugeschickt.

Zur genaueren Erhebung von relevanten Daten (z.B. Komplikationen) wurde die Datenbank des Klinikums rechts der Isar genutzt, sowie die Patienten am Telefon interviewt.

Patienten, welche nicht auf die zugesandten Fragebogen reagierten, wurden ein zweites Mal telefonisch kontaktiert und der Fragebogen ein zweites Mal zugeschickt. Konnte die aktuelle Adresse weder durch Telefonbuch, noch durch die Krankenkasse ermittelt werden, erfolgte der Ausschluss der Patienten aus der Nachuntersuchung.

2.3. Verwendete Scores

In den letzten Jahren kam es zu einer erheblichen Zunahme an Instrumenten, Fragebögen und Bewertungsskalen zur Erfassung des Gesundheitszustands und der funktionellen Ergebnisse nach Prothesenimplantation (Davies 2002, Garratt et al. 2004). Neben allgemeinen demografischen und anamnestischen Angaben umfasst der standardisierte Fragebogen dieser Untersuchung den funktionellen Teil des *American Knee Society Score* (Liow et al. 2003, Martimbianco et al. 2012), eine Schmerzskala (NRS) welche retrospektiv die Schmerzen sowohl prä- als auch postoperativ abfragt, den *SF-12 Health-Survey* Patienten-Fragebogen zum allgemeinen Gesundheitszustand (Hartley et al. 2002), den *Musculoskeletal Tumour Society Score* (MSTS) sowie den *Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index* (WOMAC), den *Oxford Knee Score* (OKS) und den *Toronto Extremity Salvage Score* (TESS).

Der *SF-12* ist weltweit einer der am häufigsten verwendeten Fragebögen um die mehrdimensionale gesundheitsbezogene Lebensqualität aus der Sicht des Patienten zu bewerten. Es ist als krankheitsübergreifendes Messinstrument zur Erfassung von Therapieerfolgen mittels subjektiver Einschätzung gesundheitsbezogener Lebensqualität durch Patientengruppen konzipiert (Radoschewski und Bellach 1999). Bei den *SF-12* Fragebögen korreliert eine hohe Gesamtpunktzahl mit einer hohen körperlichen Funktionsfähigkeit. Hierbei werden dem Patienten zwölf Fragen zur psychischen und körperlichen Gesundheit gestellt und durch einen komplexen Algorithmus in psychische (PSS) und körperliche Summenskalen (KSS) umgerechnet. Diese Summenskalen haben einen Bereich von 0-100 und wurden entwickelt um eine mittlere Punktzahl von 50 und eine Standardabweichung von zehn in einer repräsentativen Stichprobe der Gesamtbevölkerung zu erreichen. So bedeutet ein Ergebnis größer 50 einen überdurchschnittlichen Gesundheitszustand. Andererseits beschreibt eine Punktzahl von 40 (eine Standardabweichung) ein Niveau unter 84 % der Bevölkerung und eine Punktzahl von weniger als 30 (zwei Standardabweichungen) ein Bereich unter etwa 98 % der Bevölkerung. Die ursprünglich auf die US-Bevölkerung normierten Summenskalen wurden in mehreren Arbeiten in Äquivalenz und Anwendbarkeit auf die Bevölkerung der BRD geprüft und validiert (Gandek et al. 1998, Nübling et al. 2006).

Der MSTS für die unteren Extremitäten wurde ursprünglich zur Beurteilung des Funktionszustandes nach Extremitäten-erhaltender Rekonstruktion großer, tumorassoziierter Defektsituation entwickelt. Heutzutage findet er ebenfalls regelmäßig Anwendung in der Evaluation der nicht-tumorassozierten Megaprothesen, da inzwischen ein entsprechend großes Vergleichskollektiv existiert und herkömmliche Scores zur Nachuntersuchung von konventionellen Knieendoprothesen mit dieser Fragestellung überfordert wären. Er besteht aus 6 Komponenten bestehend aus Schmerz, Funktion, emotionale Akzeptanz des Behandlungsergebnisses, verwendeten Hilfsmitteln sowie dem Unterpunkt Gehstrecke und Gangbild. Für alle Kriterien kann von sehr gut (5) bis sehr schlecht (0) bewertet werden, wobei sich die Einzelwerte zu einem Gesamtergebnis addieren (absoluter Wert) und zusätzlich in Prozent dargestellt werden (Enneking et al. 1993).

Der funktionelle Teil des *American Knee Score* besteht aus zwei Komponenten mit der Frage nach der Gehfähigkeit von „*unbegrenzte Gehfähigkeit*“ (50 Punkte), „*1000m*“ (40 Punkte), „*500-100m*“ (30 Punkte), „*<500m*“ (20 Punkte), „*im Haushalt*“ (10 Punkte) bis „*gar nicht gehfähig*“ (0 Punkte). Die zweite Komponente besteht aus der Frage nach dem Treppensteigen, wobei „*normal hoch und herunter*“ (50 Punkte), „*normal hoch, herunter mit Geländer*“ (40 Punkte), „*hoch und herunter mit Geländer*“ (30 Punkte), „*hoch mit Geländer, herunter nicht möglich*“ (15 Punkte) und „*nicht möglich*“ (0 Punkte) als Antwortmöglichkeit zu Auswahl stehen. In der Auswertung sind 100 Punkte das beste und 0 das schlechteste funktionell mögliche Ergebnis (Martimbianco et al. 2012).

Der *Oxford Knee Score* ist ein Fragebogen, welcher aus zwölf einzelnen Fragen (Schmerzstärke, Mobilität, Hinken, Treppensteigen, aus dem Sitzen aufstehen, aus dem Knien aufstehen, Knieschmerzen im Bett, Schlafen, Körperpflege, Hausarbeit, Einkaufen und Transport) besteht. Diese beziehen sich auf die letzten 4 Wochen. Jede Frage hat 5 Antwortmöglichkeiten, wobei 4 das „*beste*“ und 0 das „*schlechteste*“ Ergebnis bedeutet. Insgesamt können Ergebnisse von 0 bis 48 Punkten erreicht werden. Je höher die Punktzahl desto besser ist das Ergebnis (Collins et al. 2011).

Ein weiterer Fragebogen, welcher besonders auf die Funktionalität und den Grad der Behinderung der einzelnen Patienten eingeht, ist der TESS (Clayer et al. 2012, van der Heijden et al. 2014). Dieser Fragebogen besteht aus 30 Fragen, welche nach der Ausführung von einfachen bis komplexen Aktivitäten fragt. Als Antwort besteht die Möglichkeit 4 Punkte „*keinerlei Schwierigkeit*“, 3 Punkte „*geringe Schwierigkeit*“, 2 Punkte „*mäßige Schwierigkeit*“, 1 Punkt „*extreme Schwierigkeit*“ oder 0 Punkte

“*unmöglich*“ anzukreuzen. Zusätzlich kann der Patient “*nicht zutreffend*“ ankreuzen, was die Frage für die Auswertung ungültig macht. Die Auswertung wurde dementsprechend angepasst. Je höher die Punktzahl insgesamt, desto besser ist das funktionelle Ergebnis des Patienten.

Der WOMAC Score wurde als 5 Punkte-Likert Fragebogen verwendet und unterteilt sich in 3 Untergruppen. 1. Schmerzen, 2. Gelenksteifigkeit und 3. Schwierigkeiten beim Verrichten von Alltagstätigkeiten. Insgesamt besteht der Bogen aus 24 Fragen, welcher 5 Antwortmöglichkeiten bietet. “*Keine Schmerzen/Steifigkeit/Schwierigkeiten*“ wurden mit 0 bewertet, “*wenig*“ mit 1, “*mittlere*“ mit 2, “*starke*“ mit 3 und “*extreme Schmerzen/Steifigkeit/Schwierigkeiten*“ mit 4. Die Spanne der Ergebnisse liegt bei Schmerzen zwischen 0 und 20, bei Steifigkeit zwischen 0 und 8 und beim Verrichten der Tätigkeiten zwischen 0 bis 68 Punkten. Eine Maximalpunktzahl von 96 Punkten kann erreicht werden, wobei eine hohe Punktzahl größere Schmerzen, Steifigkeit und Einschränkung der körperlichen Beweglichkeit widerspiegeln.

Insgesamt bestechen alle verwendeten Fragebögen und Scores durch ihre geprüfte Validität. Sie haben sich vielfach bewährt und sind daher für die Beurteilung der Ergebnisse nach distalem Femurersatz geeignet (Davies 2002, Liow et al. 2003, Garratt et al. 2004, Martimbianco et al. 2012). Die Aussagekraft dieses Scores bezogen auf die Funktionalität bei Megaprothesen jedoch ist eingeschränkt (Ha et al. 2015). Ein direkter Vergleich der funktionellen Ergebnisse von Megaprothesen zu primärer Knieendoprothetik scheint unzulässig zu sein. Die gewonnenen Werte können jedoch hilfreiche Informationen innerhalb des eigenen Kollektivs oder im Vergleich mit anderen Megaprothesen liefern.

2.4. Statistik

Die statistische Analyse der demografischen Daten wurde in einem deskriptiven Ansatz durchgeführt. Hierbei wurden, wenn nicht anderweitig gekennzeichnet, der Mittelwert und die Standardabweichung angegeben.

Stichprobenvergleiche wurden mithilfe des Mann-Whitney Testes für nicht-parametrische Tests mit einem Signifikanzniveau von $p=0,05$ durchgeführt. Eine Null-Hypothese H_0 : „Die Differenz der Position unter den Stichproben ist gleich 0“, und eine alternativ Hypothese H_a : “Die Differenz der Position unter den Stichproben ist verschieden von 0“ wurden formuliert. War der berechnete p-Wert kleiner als das Signifikanz-Niveau $p=0,05$, musste die Null-Hypothese H_0 zurückgewiesen werden und die alternative Hypothese H_a akzeptiert werden. War der berechnete p-Wert größer als das Signifikanz-Niveau $p=0,05$, konnte die Null-Hypothese H_0 bestätigt werden.

Beim Test auf Gleichheit der kumulativen Standzeit in der Kaplan-Mayer Analyse wurde der Wilcoxon-Vorzeichen Rang Test mit einem Signifikanzniveau von $p=0,05$ durchgeführt.

Lineare Korrelationsanalysen zeigen, wie das Alter der Patienten die Ergebnisse der Scores beeinflusst. Hierzu wurden die 36 Patienten aus der funktionellen Nachuntersuchung in 6 gleichgroße Gruppen, nach Alter sortiert, eingeteilt (Tab. 3). Das Bestimmtheitsmaß (R^2) als Gütemaß der linearen Regression wurde berechnet und angegeben.

Tabelle 3: Gruppeneinteilung der Patienten nach Alter in 6 gleichgroße Gruppen.

Gruppe	Anzahl Patienten	Alter in Jahren (Mittelwert)
1	6	23,5
2	6	36,6
3	6	54,6
4	6	69,0
5	6	75,7
6	6	83,3

Die Analyse des Einflusses des Alters in Abhängigkeit von der Patientengruppe auf das Ergebnis der Scores basiert auf der Unterteilung der Patienten in Tumor und

Revisionsgruppen und zusätzlich in Altersgruppen. Hierzu wurden die Gruppen, wie in Tab. 4 dargestellt, erstellt. Der Einfluss des Alters in den Patientengruppen auf die Scores wurde ebenfalls mit einer linearen Regression dargestellt und mit dem Bestimmtheitsmaß (R^2) angegeben. Aufgrund der Anzahl der Personen in Gruppe 6 der Tumorpatienten und in Gruppe 1 der Revisionspatienten von $n=1$ konnten diese in der Betrachtung des Trends nicht mit berücksichtigt werden.

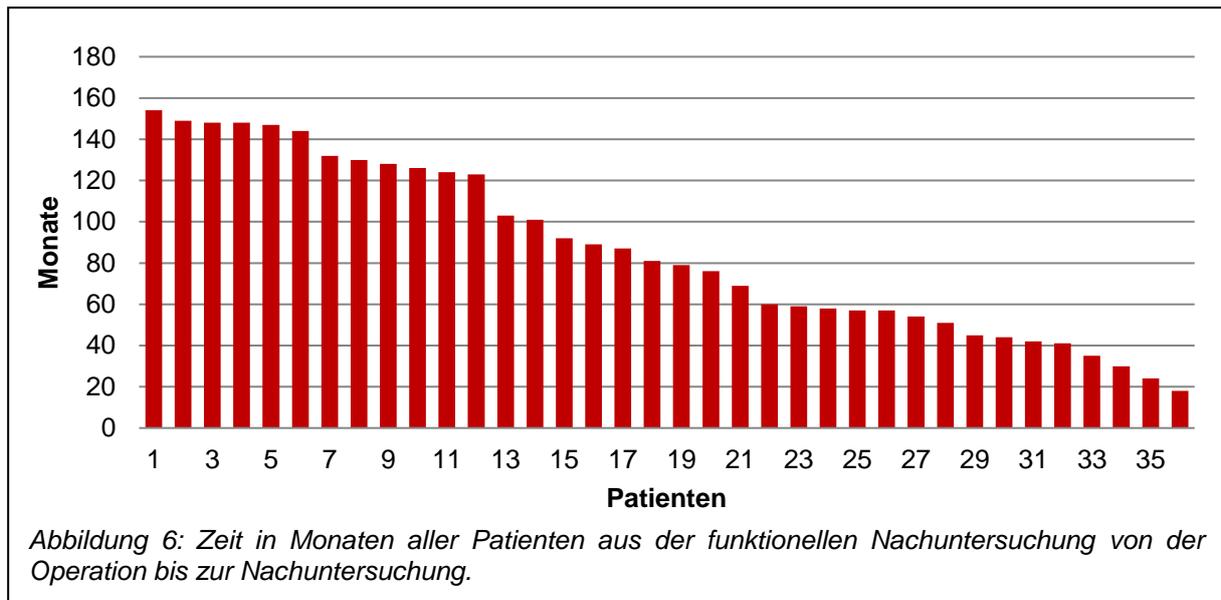
Tabelle 4: Einteilung der Gruppen nach Tumor und Revision und dem Alter.

Patientengruppe	Gruppennummer	Altersgruppen	Anzahl der Patienten	Alter in Jahren (Mittelwert)
Tumor	1	18,7 - 28,7	7	24,2
Tumor	2	29,4-38,9	3	34,4
Tumor	3	43,2- 48,6	2	46,5
Tumor	4	51,4-64,4	3	57,53
Tumor	5	71,5- 78,8	4	75,3
Tumor	6	79,2- 92,8	1	85,4
Revision	1	43,2- 48,6	1	43,2
Revision	2	51,4-64,4	4	57,38
Revision	3	71,5- 78,8	7	74,7
Revision	4	79,2- 92,8	4	85,2

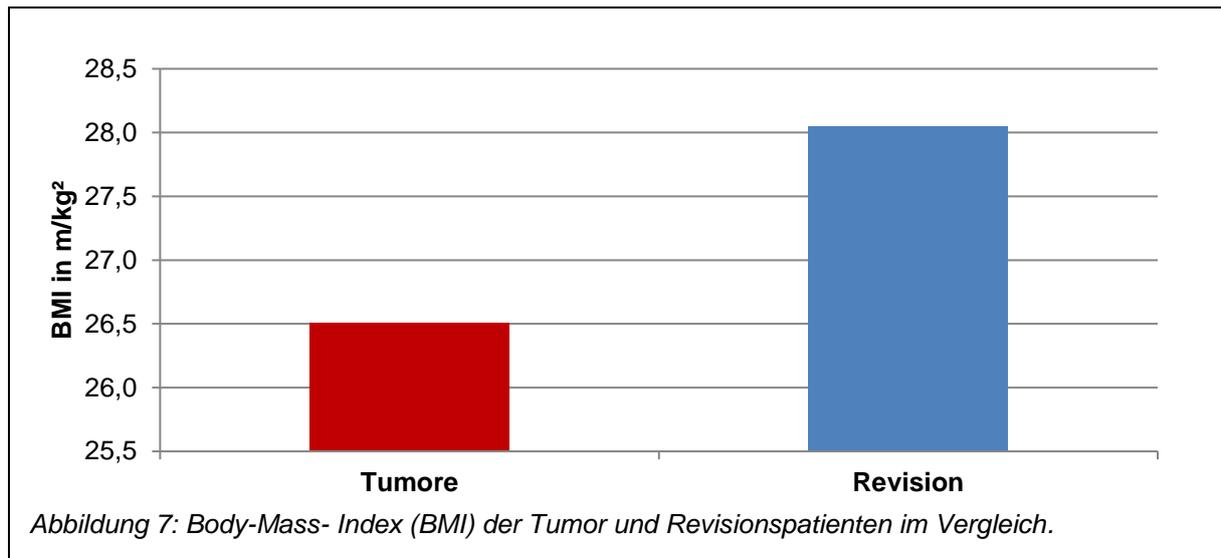
3. Ergebnisse

3.1. Patienten

Die 36 Patienten konnten durchschnittlich $86,2 \pm 42,0$ Monate nach der Operation nachuntersucht werden. Die kürzeste Zeit von der Operation bis zur Nachuntersuchung war 18 und die längste 154 Monate (Abb. 5).



Der Body-Mass-Index (BMI) der Nachuntersuchungsgruppe lag im Durchschnitt bei $27,2 \pm 5,3$ m/kg². Der niedrigste BMI betrug 19,7 m/kg² und der höchste 39,3 m/kg². Gemäß der Adipositas-Klassifikation der Weltgesundheitsorganisation (18,5–24,99 m/kg² Normalgewicht, 25,0-29,99 m/kg² Prä-Adipositas, 30,0-34,99 m/kg² Adipositas Grad I, 35,0-39,99 m/kg² Adipositas Grad II, >40,0 m/kg² Adipositas Grad III) liegt dieser im Mittel mit 2 m/kg² etwa 10 % über dem Normalgewicht. Dies stellt eine nur leicht übergewichtige Patientengruppe dar. Die Tumorguppe mit einem Durchschnitt von $26,5 \pm 5,7$ m/kg² unterschied sich von der Revisionsgruppe mit einem Durchschnitt von $28,1 \pm 4,9$ m/kg² nur um 1,5 m/kg².



Vergleicht man jedoch statistisch die beiden Gruppen ergab sich kein signifikanter Unterschied ($p=0,226$). Die Körpergröße der Tumorgruppe beträgt $\bar{X}=171,9\pm 9,0$ cm und der Revisionsgruppe $\bar{X}=165,9\pm 9$ cm ohne nachweisbaren signifikanten Unterschied ($p=0,134$). Der Gesamt Durchschnitt liegt somit bei $\bar{X}=169\pm 9,0$ cm.

3.2. Globale Beurteilung

Auf die Frage, ob die Patienten mit der Behandlung zufrieden waren, antworteten vier Patienten mit "Sehr gut", neun mit "Gut", sieben mit "Befriedigend", vier mit "Ausreichend", fünf mit "Mangelhaft" und sieben mit "Sehr schlecht". Die Beurteilung orientierte sich dabei an dem bekannten Schulnotensystem von 1-6. Auf die Frage, ob sie die Behandlung weiterempfehlen würden antworteten 25 Patienten (69,4 %) mit "Ja" und 10 Patienten (27,8 %) mit "Nein". Ein Patient wollte keine Aussage zu den Fragen machen.

Tabelle 5: Die Globale Zufriedenheit der Patienten mit der Behandlung.

Globale Zufriedenheit	Gesamt n=36	Tumor n=20	Revision n=16
1 "Sehr gut"	4	2	2
2 "Gut"	9	7	2
3 "Befriedigend"	7	5	2
4 "Ausreichend"	4	3	1
5 "Mangelhaft"	5	1	4
6 "Sehr schlecht"	7	2	5

In der Tumorgruppe kreuzten 3 Patienten (15 %) "Mangelhaft" und "Sehr schlecht" an. In der Revisionsgruppe sind dies jedoch 9 Patienten (56 %). Für eine Weiterempfehlung sprachen sich 19 (95 %) der Tumorpatienten aus, wohingegen 9 (56 %) der Revisionspatienten die Behandlung nicht weiterempfehlen würden (Abb. 7).

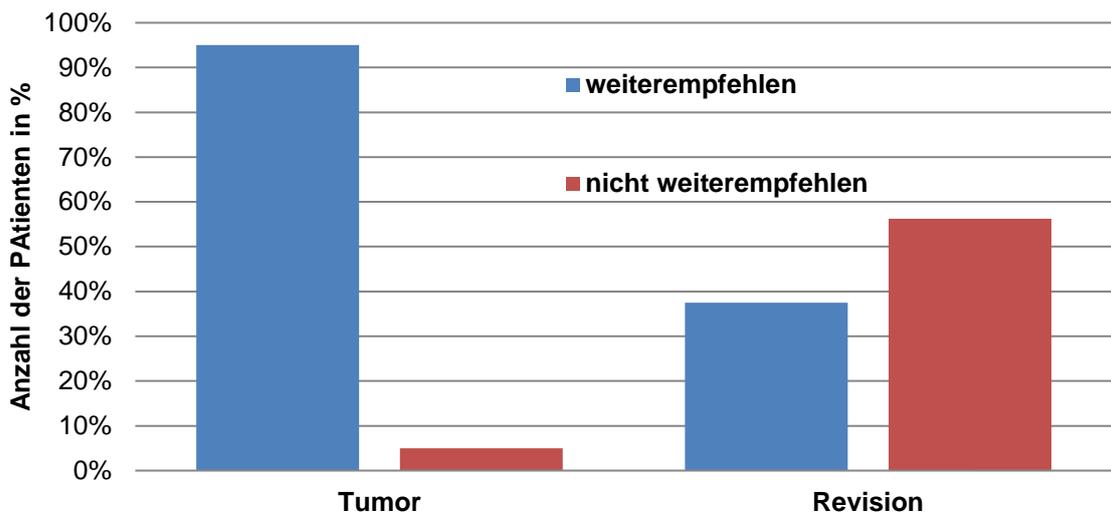
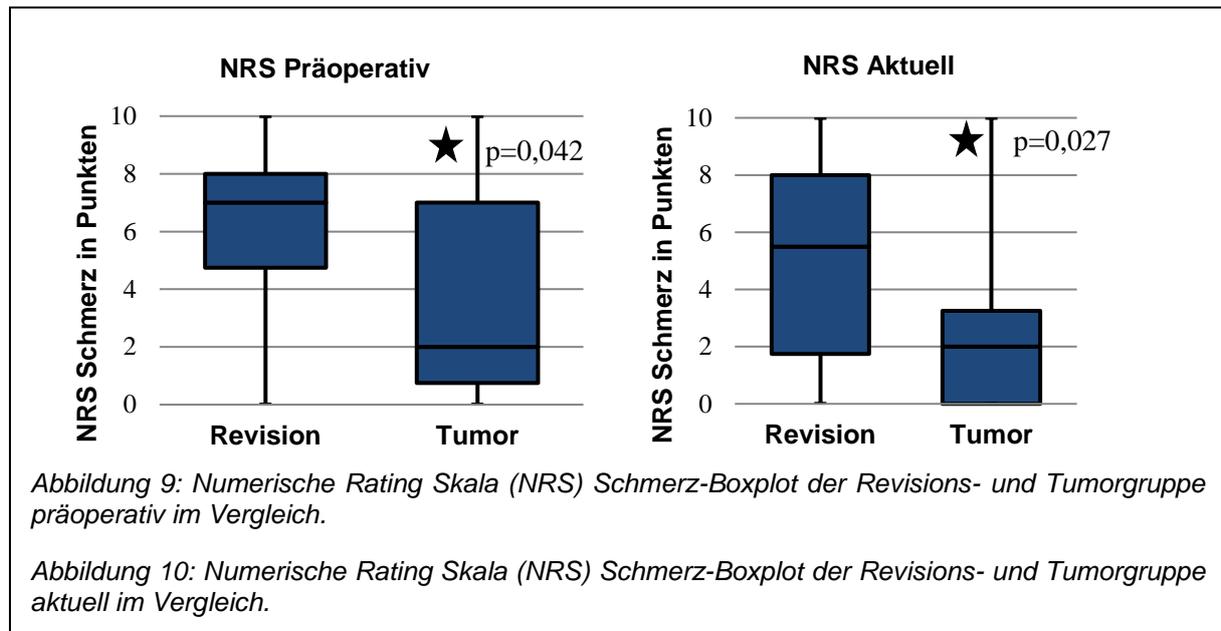


Abbildung 8: Anteil der Patienten welche die Behandlung weiterempfehlen würden.

3.3. Numerische Rating Schmerzskala

Die Schmerzen wurden retrospektiv vom Patienten „präoperativ“ und „aktuell“ angegeben. Der Patient sollte hier auf einer numerischen Ratingskala mit Beschriftung von 0 bis 10, den aktuellen Zustand und den Zustand vor der OP angeben.



Der Durchschnitt für den präoperativen Zeitpunkt lag hier bei $\bar{X}=4,8\pm 3,5$ Punkten. Die Schmerzen reduzierten sich im Durchschnitt von präoperativ zu aktuell um 1,4 Punkte auf durchschnittlich $3,4\pm 3,2$ Punkte. Es wurde jedoch kein signifikanter Unterschied nachgewiesen.

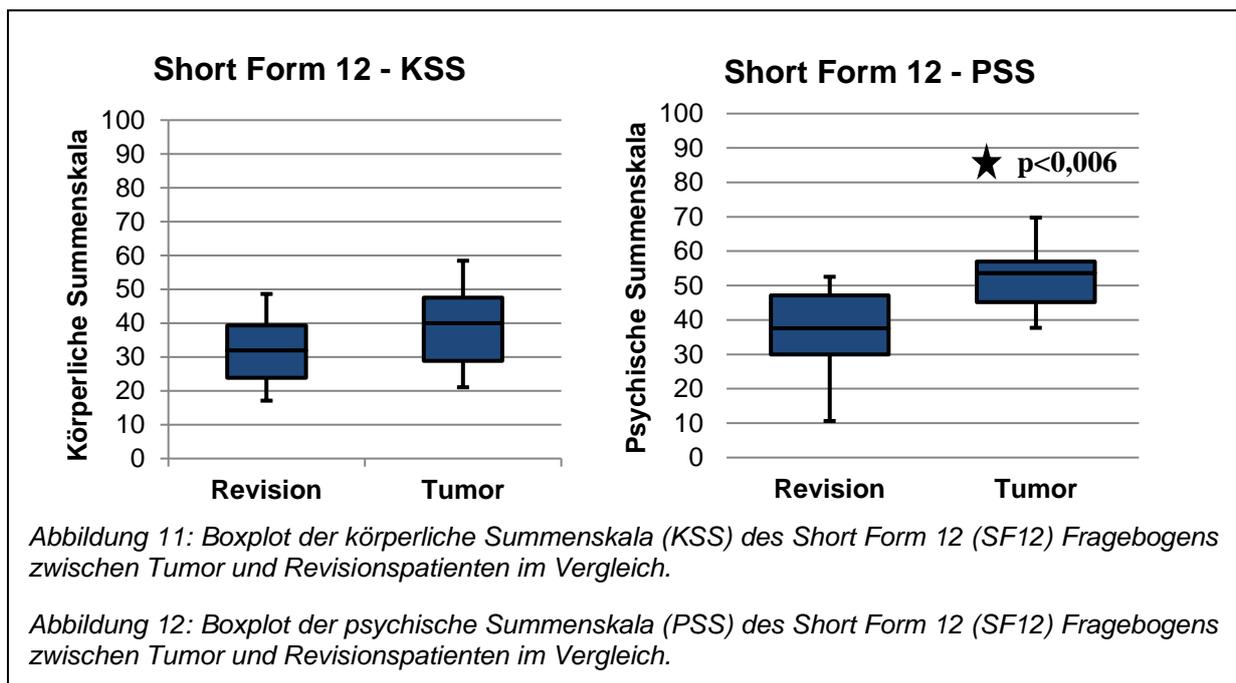
Die Tumorgruppe lag präoperativ mit $\bar{X}=3,6\pm 3,5$ Punkten signifikant ($p<0,042$) niedriger als der Durchschnitt der Revisionsgruppe mit $6,2\pm 3,1$ Punkten. Die aktuellen Schmerzen der Tumorgruppe liegen bei $\bar{X}=2,3\pm 2,5$ und der Revisionsgruppe bei $\bar{X}=4,9\pm 3,5$. Diese unterscheiden sich ebenfalls signifikant ($p<0,027$).

In beiden Gruppen reduzierten sich die Punkte um 1,4 (Tumorgruppe) und 1,3 Punkte (Revisionsgruppe). Eine signifikante Schmerzreduktion wurde in beiden Fällen jedoch nicht festgestellt (Tumor $p=0,283$; Revision $p=0,304$).

3.4. Scores

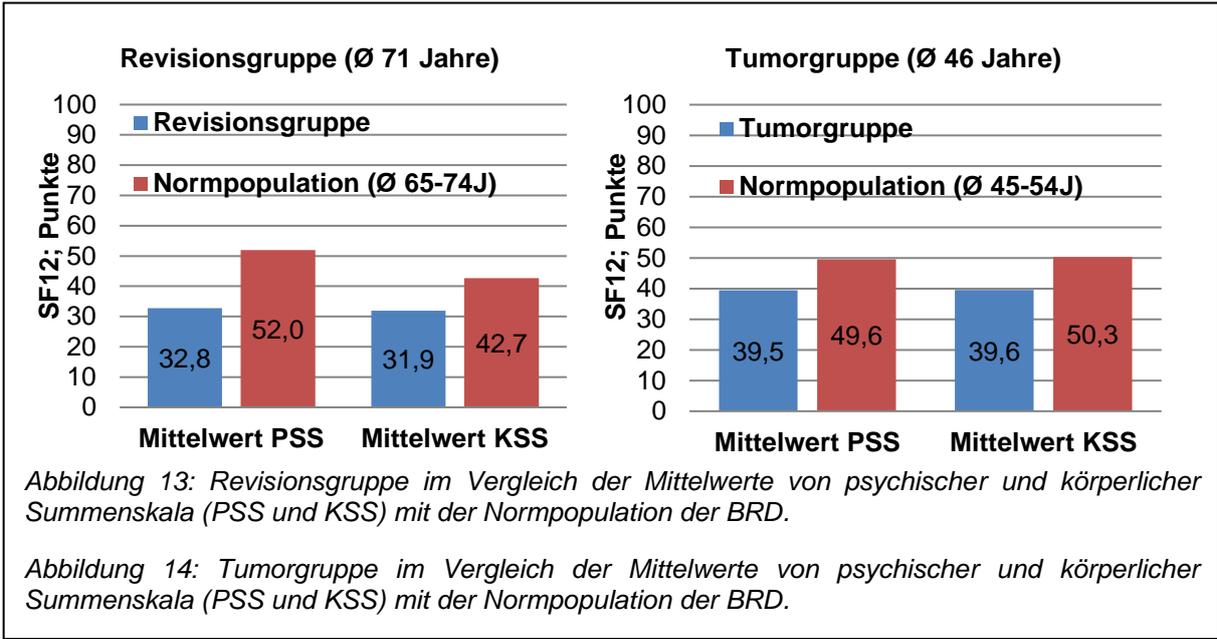
3.4.1. Short-Form 12 Health Survey

Im Short-Form 12 (SF-12) Fragebogen erreichte die Gesamtgruppe mit einem Altersdurchschnitt von 19 bis 93 Jahren $\bar{X}=57,3\pm 22,3$ in der Rubrik *Körperlichen Summenskala* (KSS) einen Wert von $\bar{X}=36,2\pm 11,3$ und in der *Psychischen Summenskala* (PSS) einen Wert von $\bar{X}=45,0\pm 12,0$. Die Tumorgruppe erreichte einen KSS Wert von $\bar{X}=39,6\pm 11,3$ die Revisionsgruppe hingegen nur einen Wert von $\bar{X}=31,9\pm 10,0$ (Abb. 11).

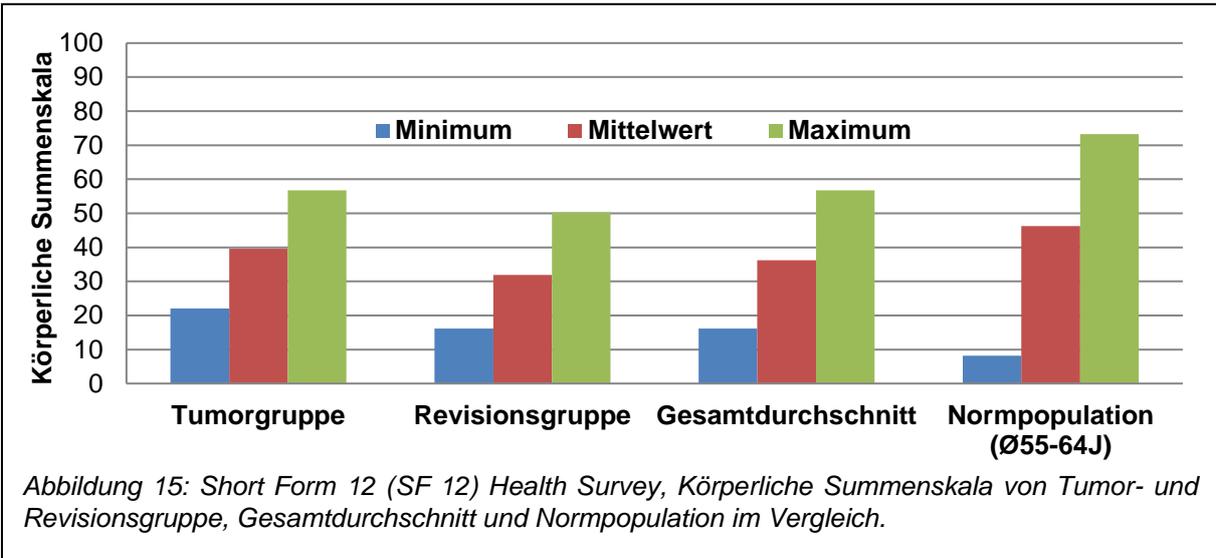


Bei der PSS schneidet die Tumorgruppe mit $\bar{X}=49,9\pm 9,8$ ebenfalls besser ab als die Revisionsgruppe mit $\bar{X}=38,8\pm 11,9$ Punkten. Nur die PSS zeigt einen signifikanten Unterschied ($p<0,006$)(Abb. 12).

Aufgrund der Unterschiede des Durchschnittsalters von Tumorgruppe und Revisionsgruppe wurden in den Abbildungen 13 und 14, KSS und PSS für die Durchschnittsalter der Einzelgruppen dargestellt. Zum Vergleich wurden die Normwerte der BRD einmal für die Altersklasse 45-54 Jahre und 65-74 Jahre gezeigt (Nübling et al. 2006).



Hierbei ist besonders der Unterschied in der PSS zwischen der Revisionsgruppe und der Normpopulation zu erkennen. Die Differenz liegt hier bei 19,2 Punkten. In der Tumorgruppe beträgt die Differenz nur 10,1 Punkte. In der *Körperlichen Summenskala* haben beide Gruppen eine Differenz zur Normpopulation von ca. 10,8 Punkten. In der Abbildung 15 und 16 wurden die Mittelwerte mit Minimum und Maximum der Tumor- und Revisionsgruppe mit den Werten der Normpopulation verglichen. Hierbei wurden die Werte der Normpopulation für die Altersgruppe 55-56 Jahren verwendet, da diese den Gesamterschnitt von Tumor und Revisionsgruppe widerspiegeln.



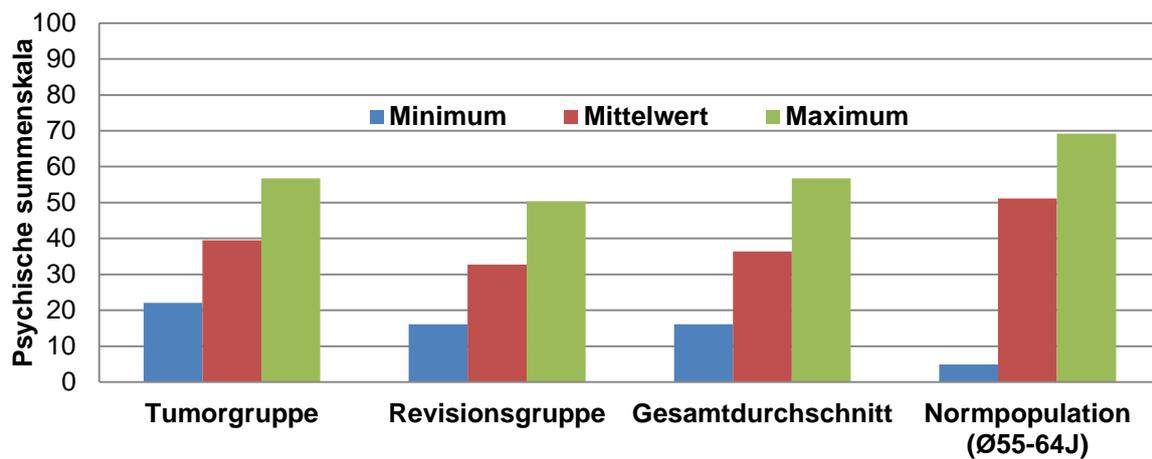
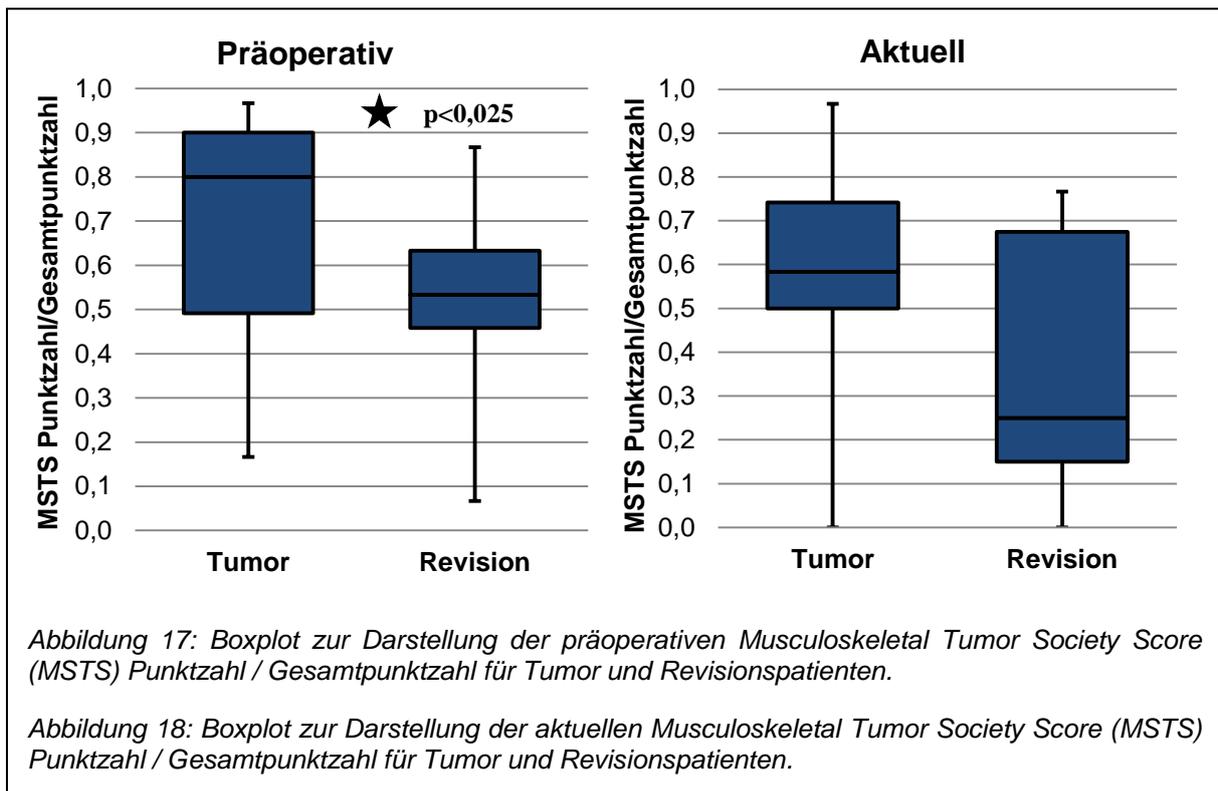


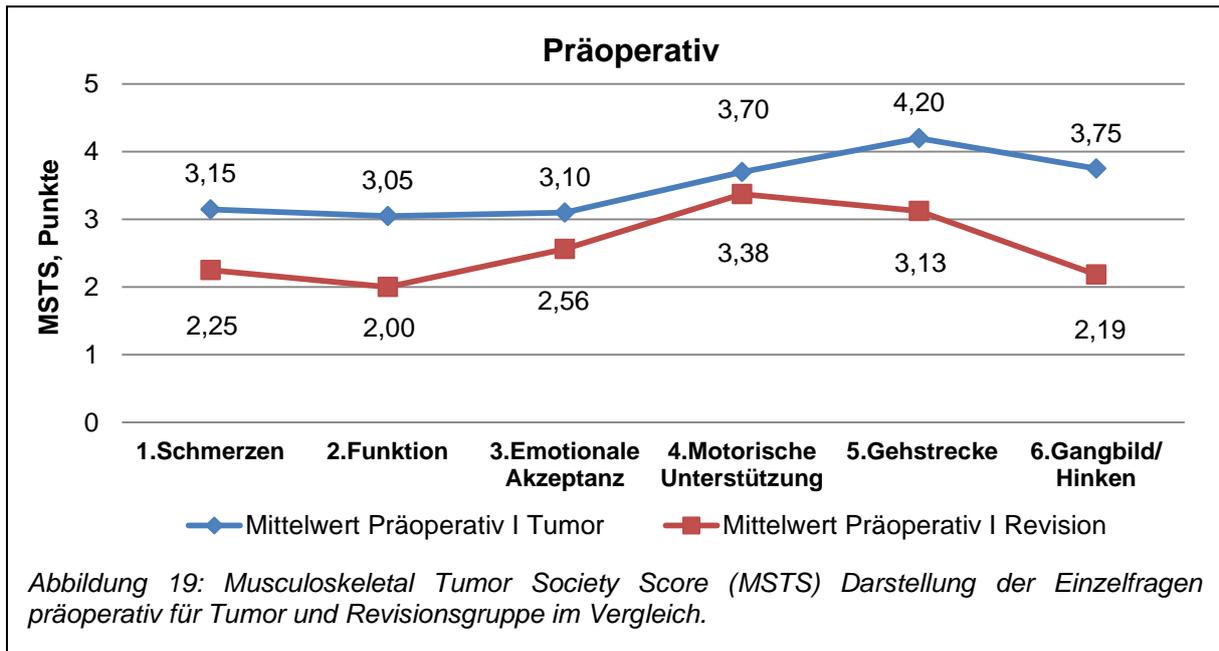
Abbildung 16: Short Form 12 (SF 12) Health Survey, Psychische Summenskala von Tumor- und Revisionsgruppe, Gesamtdurchschnitt und Normpopulation im Vergleich.

3.4.2. Musculoskeletal Tumor Society Score (MSTS)

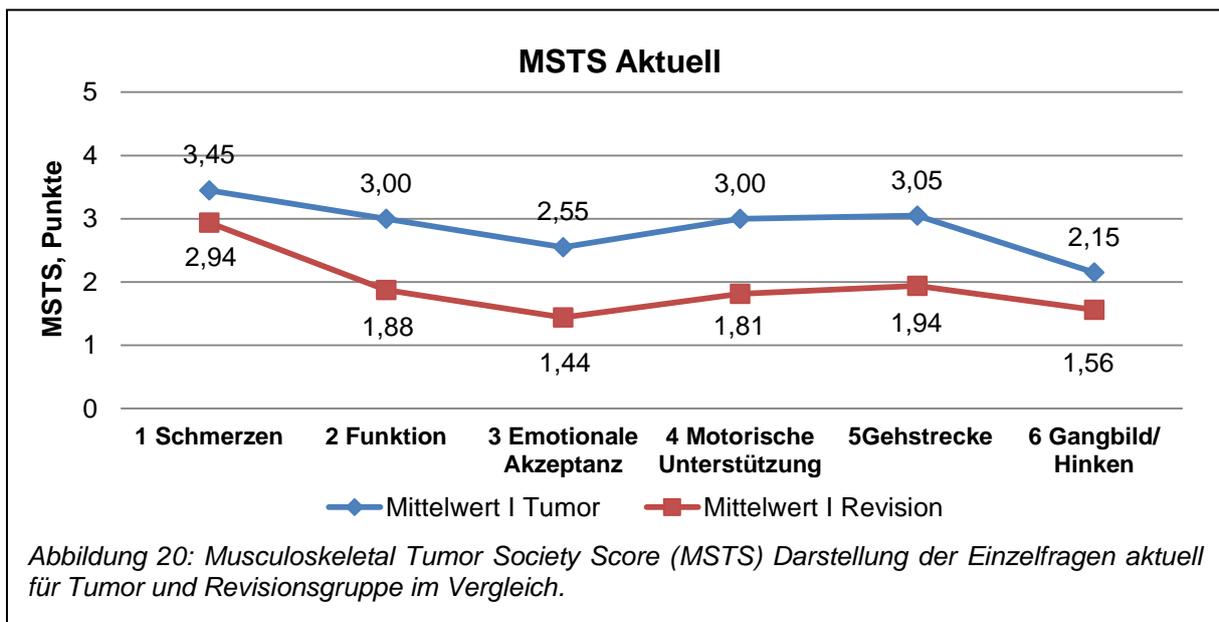
Der MSTS wurde retrospektiv zum Zeitpunkt „Präoperativ“ und „Aktuell“ erhoben. Hierbei erreichte der Durchschnitt der Tumorgruppe präoperativ eine signifikant höhere Punktzahl mit $20,9 \pm 7,9$ im Vergleich zu der Revisionsgruppe mit $15,5 \pm 6,9$ (Abb. 17).



Beide Gruppen haben jedoch „Aktuell“ eine niedrigere Gesamtpunktzahl, diese unterscheiden sich nicht signifikant ($p=0,138$) voneinander (Abb. 18). In der Tumorgruppe liegt der Durchschnitt bei $17,2 \pm 8,1$ Punkten gegenüber der Revisionsgruppe mit $11,6 \pm 8,8$ Punkten.

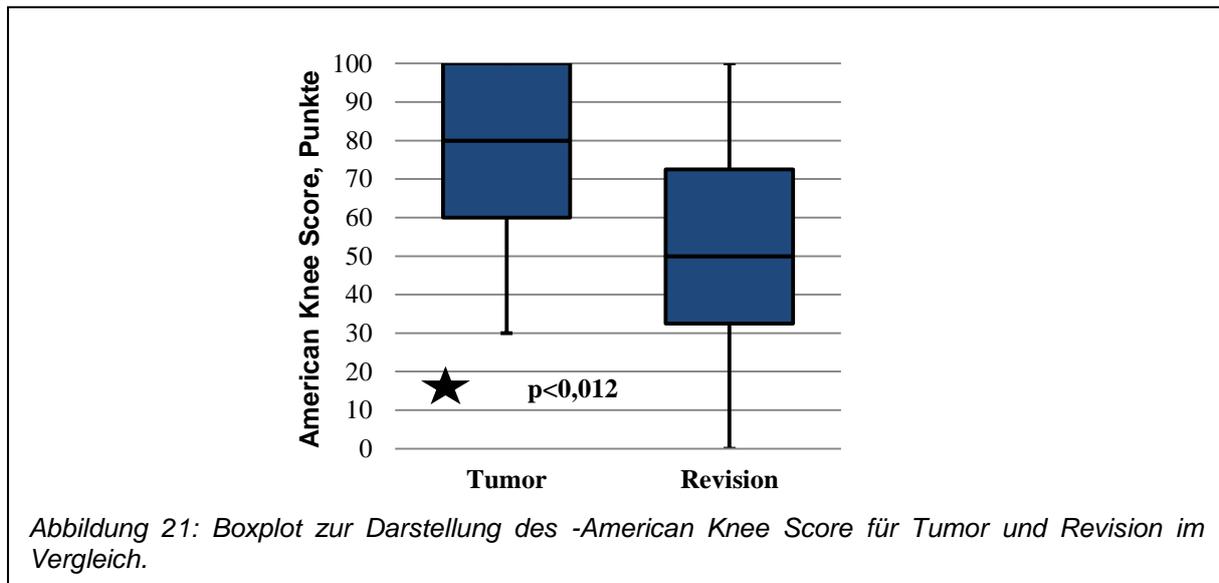


Aufschlussreicher ist es, wenn man die Einzelfragen und die zugehörige Punkteverteilung betrachtet. Hierbei fällt auf, dass beide Patientengruppen die Antwort 1, Schmerzen, „Präoperativ“ (Abb.19) geringer angaben im Vergleich zu „Aktuell“ (Abb.20). Jedoch war die Punktzahl in beiden Gruppen postoperativ in alle weiteren Fragen geringer. Die Verringerung der Punktzahl war allerdings in beiden Gruppen nicht signifikant (Tumor $p= 0,150$, Revision $p=0,336$).

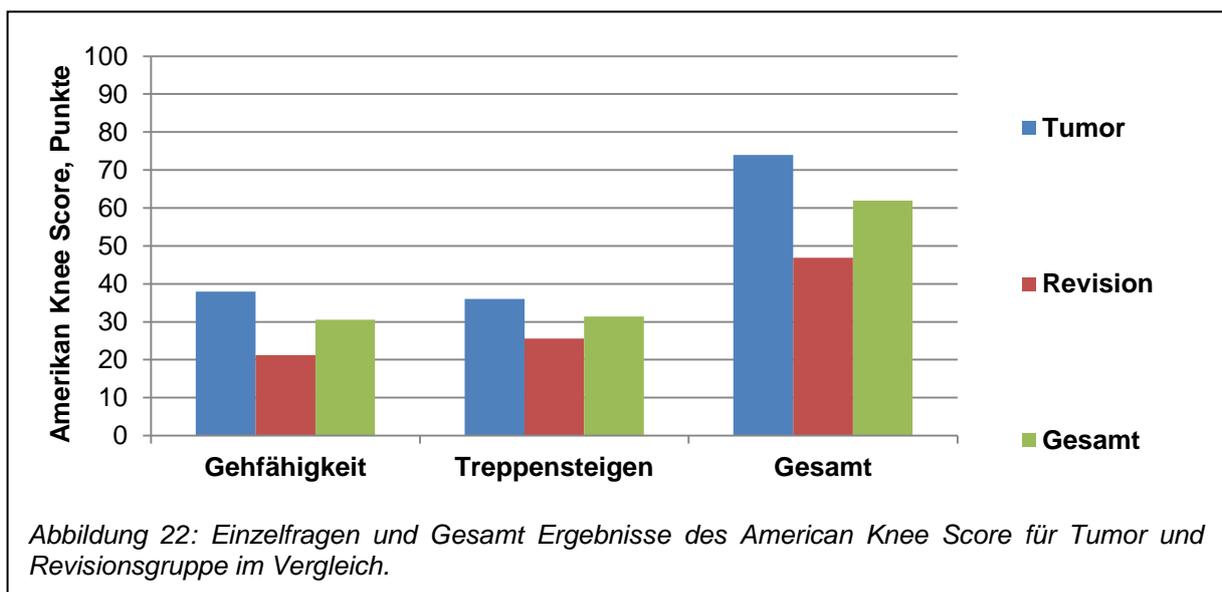


3.4.3. American Knee Score (AKS) , funktioneller Teil

Im funktionellen AKS wurde von maximal 100 zu erreichenden Punkten eine Durchschnittspunktzahl von $61,9 \pm 30,3$ Punkten erreicht. Im Vergleich zwischen Tumor- und Revisionsgruppe erzielte die Tumorgruppe eine signifikant höhere Punktzahl mit $\bar{x} = 74,0 \pm 23,0$ verglichen mit der Revisionsgruppe, welche $\bar{x} = 46,9 \pm 32,1$ Punkte erreichte (Abb. 21).

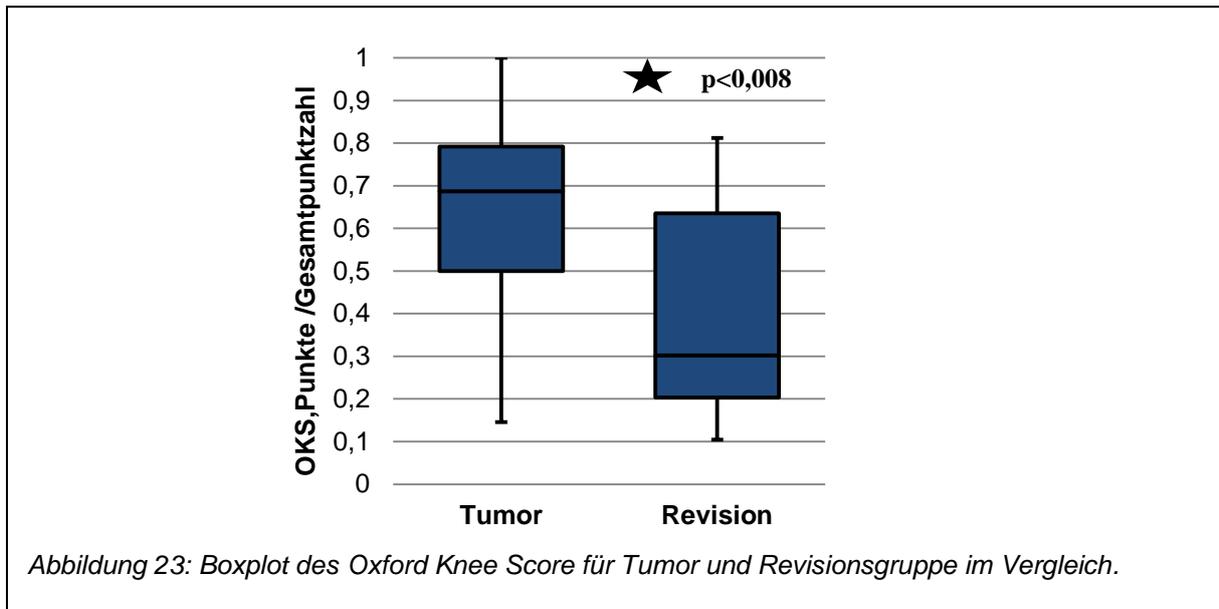


Auch in der Rubrik Gehfähigkeit schnitt die Tumorgruppe mit durchschnittlich 38,0 Punkten um 16,8 Punkte besser ab als die Revisionsgruppe mit 21,2 Punkten. Beim Treppensteigen unterscheidet sich die Tumorgruppe mit 36,0 Punkten nur um 10,4 Punkte von der Revisionsgruppe mit 25,6 Punkten (Abb.22).

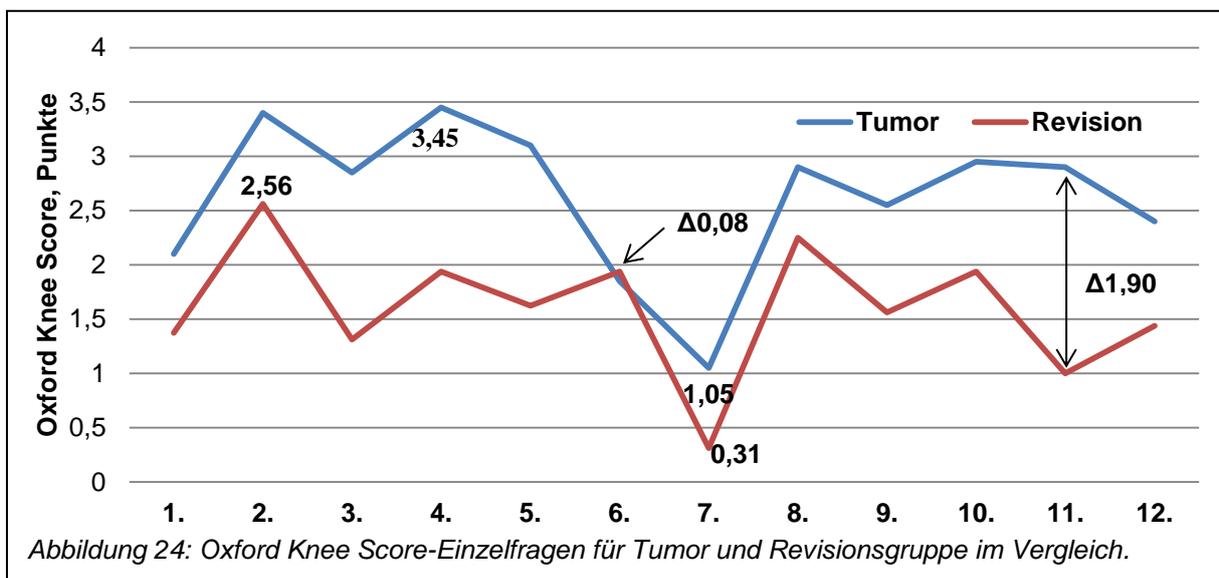


3.4.4. Oxford Knee Score

Bei einer maximal zu erreichenden Gesamtpunktzahl von 48,0 Punkten im Oxford Knee Score lag der Durchschnitt beider Gruppen bei $26,1 \pm 13,1$ Punkten. Die Tumorgruppe schnitt mit einer Durchschnittspunktzahl von $31,5 \pm 11,1$ signifikant besser ($p < 0,008$) ab als die Revisionsgruppe mit $\bar{x} = 19,3 \pm 12,4$ Punkten (Abb.23).



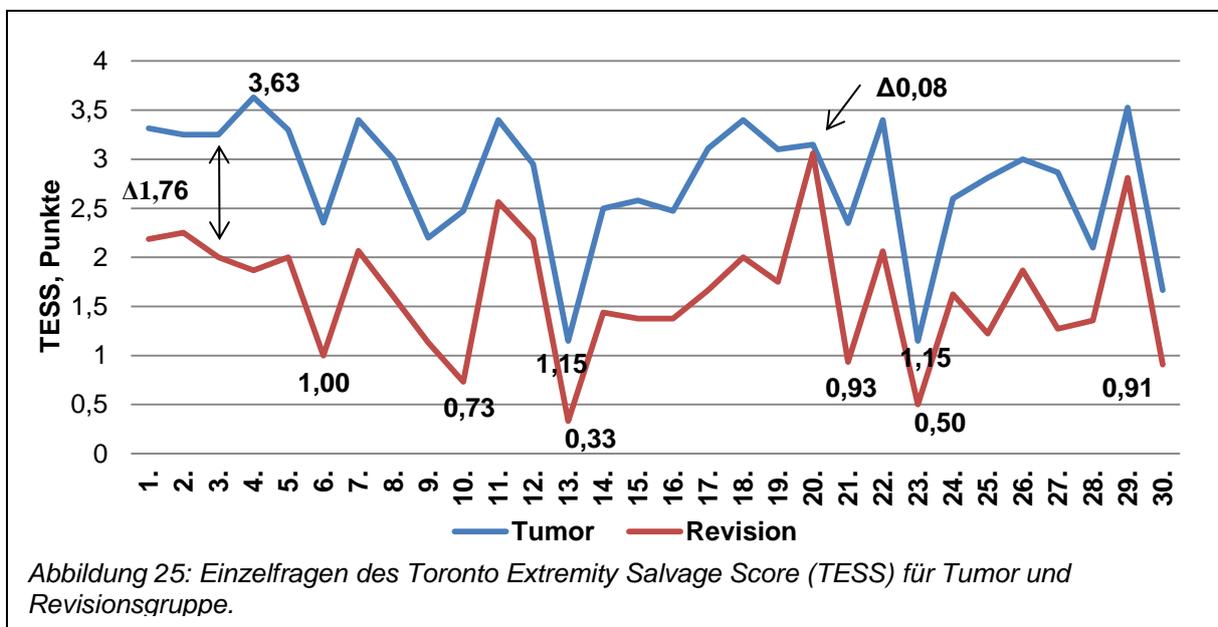
Unter allen Fragen fällt besonders das Ergebnis zur Frage 7 auf. Beide Patientengruppen vergaben die geringste Punktzahl auf die Beantwortung der Frage: „Konnten Sie sich hinknien und danach wieder aufstehen?“ (Abb. 24).



Die höchste Punktzahl erreichte die Tumorgruppe auf die Frage 4 nach der freien Gehstrecke und die Revisionsgruppe auf die Frage 2, ob Sie wegen Ihrem Knie Schwierigkeiten hatten, sich selbst zu waschen und abzutrocknen. Bei der Frage 6 "Haben sie aufgrund Ihres Knies beim Gehen gehinkt?" erreichte die Revisionsgruppe nur einen um 0,08 Punkten höheren Wert als die Tumorgruppe. Dies ist die einzige Frage in der Revisionsgruppe, die eine gleichhohe bzw. minimal höhere Punktzahl erreichte als in der Tumorgruppe. Die größte Differenz mit 1,9 Punkten trat zwischen den Gruppen in der Frage 11 „Konnten Sie die Haushaltseinkäufe selbst erledigen“ auf.

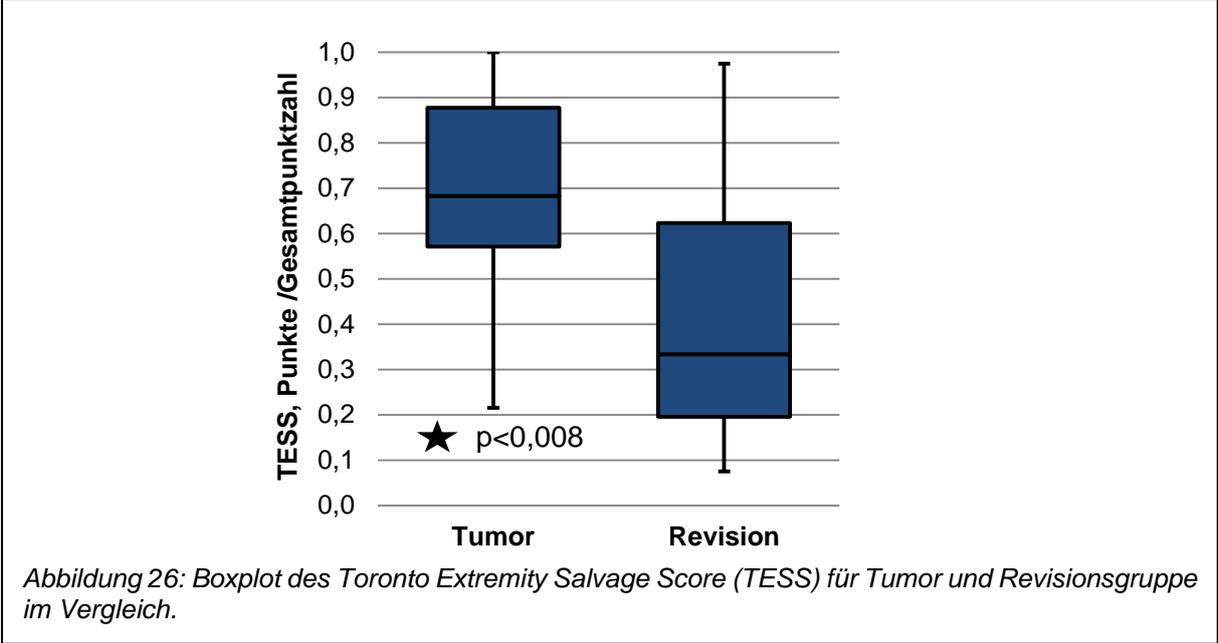
3.4.5. Toronto Extremity Salvage Score

Im Toronto Extremity Salvage Score wurde eine Gesamtdurchschnittspunktzahl von $65,3 \pm 33,8$ mit einem Maximum von 113,8 Punkten erreicht. Im Mittel wurden 1,5 Fragen mit „Nicht zutreffend“ angekreuzt. In der Tumorgruppe ergibt sich eine Durchschnittspunktzahl von $80,2 \pm 26,5$ bei einem Maximum von 115,2 Punkten mit durchschnittlich 1,2 „Nicht zutreffend“ Antworten. Bei der Revisionsgruppe ergibt sich hingegen eine Durchschnittspunktzahl von $46,7 \pm 33,4$ bei einem Maximum von 112,0 Punkten mit durchschnittlich 2,0 „Nicht zutreffend“ angekreuzten Antworten. Betrachtet man die Fragen einzeln, fallen mehrere „Ausreißer“ mit einer besonders niedrigen Punktzahl auf (Abb.25).



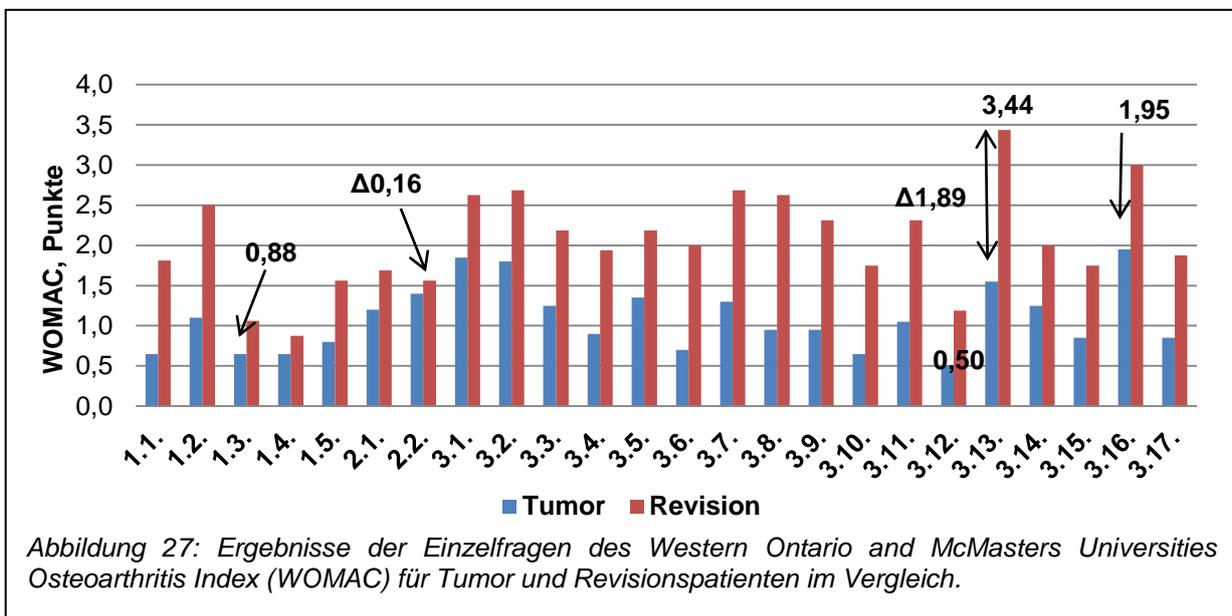
Dazu gehören die Frage 13, welche nach der Aktivität „Knien“ fragt und auch die Frage 23 bei der es darum geht, ob der Patient aus dem Knien wieder aufstehen kann. Dies ist sowohl in der Revisionsgruppe als auch in der Tumorgruppe zu erkennen. Andere Aktivitäten wie Frage 10 „In oder aus der Badewanne steigen“, Frage 6 „im Hof und Garten arbeiten“ sowie Frage 30 „an üblichen Sportaktivitäten teilnehmen“ erreichten ebenfalls und besonders in der Revisionsgruppe niedrige Punktzahlen. Die kleinste Differenz (0,08 Punkte) zwischen den Gruppen ist in der Frage 20 „Gerade stehen“ festzustellen. Hierbei erreicht die Revisionsgruppe ihre höchste Punktzahl von 3,1. Die größte Differenz (1,8 Punkte) ist in der Frage 4 „Duschen“ zu sehen, wobei hier die Tumorgruppe ihre maximale Punktzahl von 3,6 erreichte. Insgesamt schnitt die

Tumorgruppe mit 2,8 Punkten um ca. 1,1 Punkte besser ab als die Revisionsgruppe mit durchschnittlich 1,6 Punkten. Der Mann-Whitney Test ergab einen signifikanten Unterschied zwischen der Tumorgruppe und der Revisionsgruppe (Abb. 26).

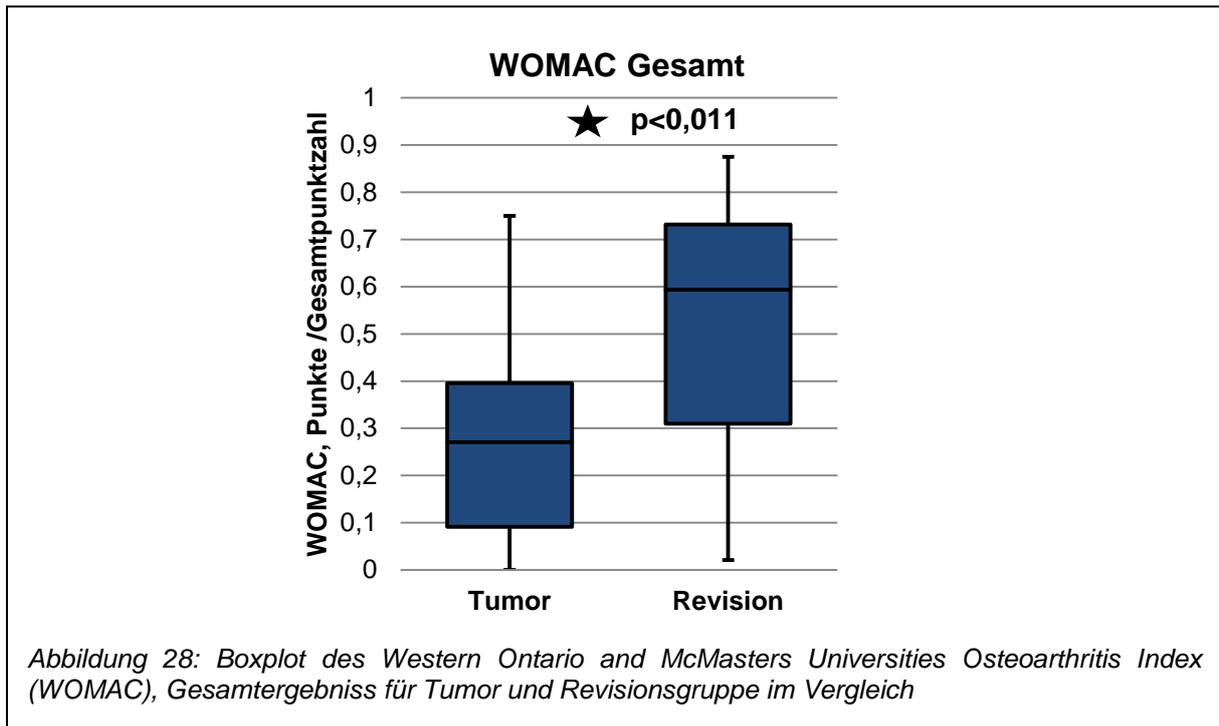


3.4.6. Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC)

Der Durchschnitt beider Patientengruppen liegt bei $36,6 \pm 25,8$ Punkten wobei 0 Punkte das bestmögliche und 96 Punkte das schlechteste zu erreichende Ergebnis darstellen. In der Tumorgruppe lag dieser bei $26,2 \pm 20,8$ Punkten im Gegensatz zur Revisionsgruppe mit durchschnittlich $49,6 \pm 26,2$ Punkten. Im Mittel schnitt die Tumorgruppe mit 0,98 Punkten besser ab als die Revisionsgruppe. Die größte Differenz (1,89 Punkte) trat bei der Frage 3.13 auf *„Schwierigkeiten in eine Badewanne zu steigen, darin zu sitzen oder aus der Badewanne auszusteigen“*. Hier wurde von der Revisionsgruppe die schlechteste Punktzahl von 3,44 erreicht während die Patienten der Tumorgruppe auf 1,55 Punkte kam. Das schlechteste Ergebnis erzielte die Tumorgruppe (1,95 Punkte) auf die Frage 3.16 *„Hatten Sie Schwierigkeiten, schwere Haushaltstätigkeiten zu verrichten“*. Bei der Frage nach der Gelenksteifigkeit im Tagesverlauf, nach längerem Sitzen, Liegen oder Ausruhen kam es zu der kleinsten Differenz der Punktzahl (0,16 Punkte) zwischen beiden Gruppen.



Das beste Ergebnis erzielte die Revisionsgruppe bei der Frage 1.4 *„Wie stark waren Ihre Schmerzen beim Sitzen oder Liegen“* mit 0,88 Punkten. Die Tumorgruppe erreichte bei der Frage 3.12 *„Welche Schwierigkeiten hatten Sie im Bett zu liegen“* das beste Ergebnis mit 0,5 Punkten. Insgesamt gab es zwischen beiden Gruppen einen signifikanten Unterschied (Abb. 28).



Betrachtet man die drei Untergruppen einzeln, so zeigt die erste Gruppe von Fragen (Schmerzen) mit einer Durchschnittspunktzahl von $3,85 \pm 4,3$ Punkten (min.0 Punkte/ max.15 Punkte) in der Tumorgruppe und $7,8 \pm 5,7$ Punkten (min.0 Punkte/ max.15 Punkte) in der Revisionsgruppe bei maximal 20 zu erreichbaren Punkten keine signifikanten Unterschiede ($p= 0,051$)(Abb. 29).

Die zweite Gruppe von Fragen nach der Gelenksteifigkeit unterschied sich ebenso nicht signifikant. Die Tumorgruppe erreichte hier durchschnittlich $2,6 \pm 2,1$ Punkte (min.0 Punkte/ max.8 Punkte) und die Revisionsgruppe $\bar{x}=3,3 \pm 2,4$ Punkte (min.0 Punkte/ max.8 Punkte) von maximal 8 Punkten (Abb. 30).

In der dritten Gruppe von Fragen bei maximal 68 Punkten unterscheiden sich die Tumorpatienten mit $\bar{x}=19,7 \pm 16,2$ Punkten (min.0 Punkte/ max.54 Punkte) signifikant von der Revisionsgruppe mit $\bar{x}=38,6 \pm 19,3$ Punkten (min.2 Punkte/ max.65 Punkte) (Abb. 31).

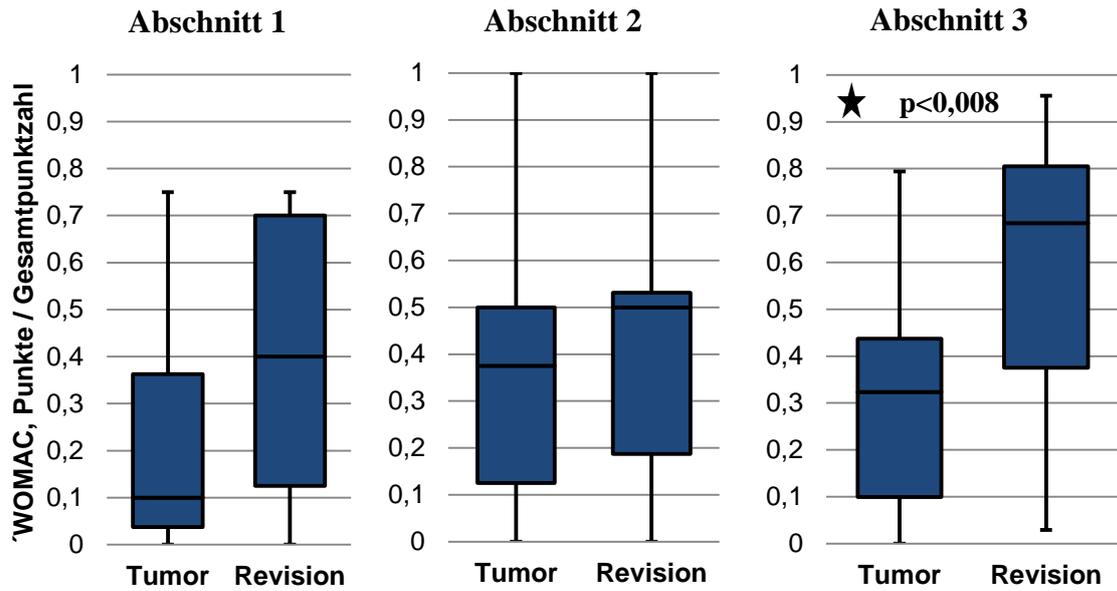


Abbildung 29: Boxplot des Western Ontario and McMasters Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), Abschnitt 1 für Tumor und Revisionsgruppe im Vergleich.

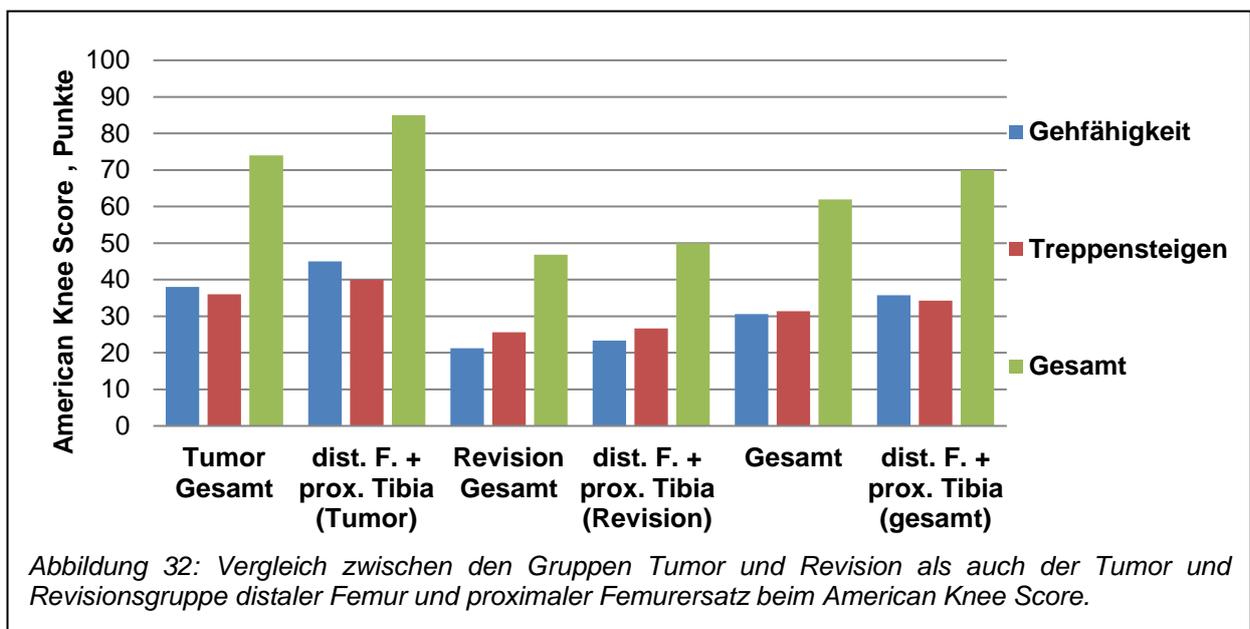
Abbildung 30: Boxplot des Western Ontario and McMasters Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), Abschnitt 2 für Tumor und Revisionsgruppe im Vergleich.

Abbildung 31: Boxplot des Western Ontario and McMasters Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), Abschnitt 3 für Tumor und Revisionsgruppe im Vergleich.

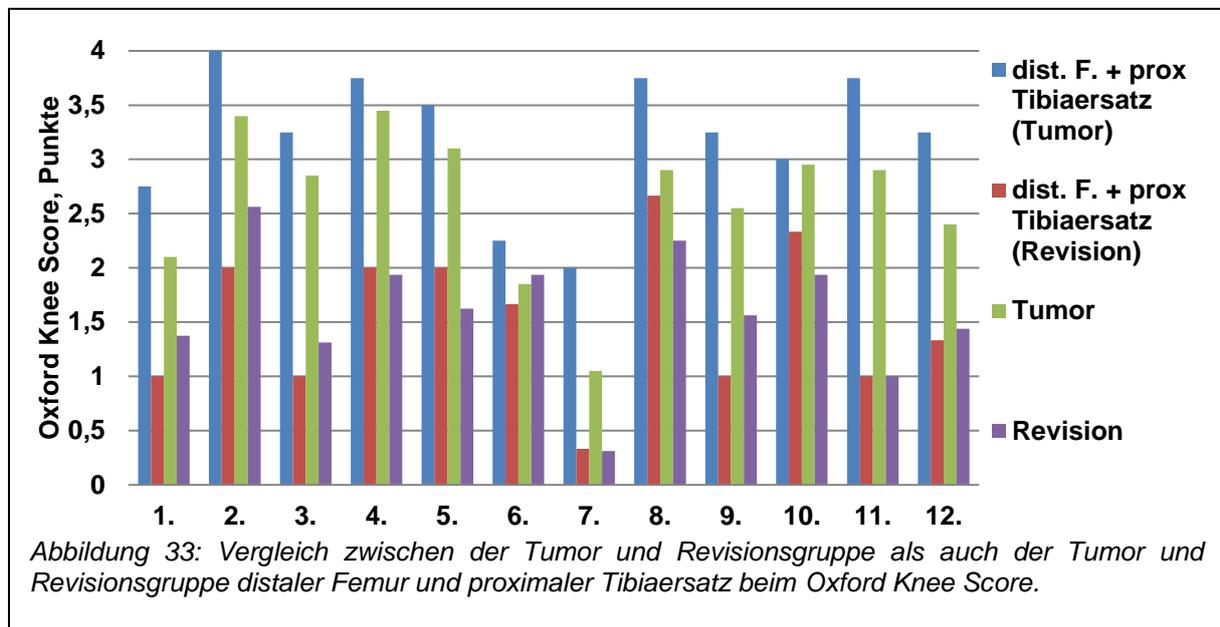
3.4.7. Patientengruppe "distaler Femur- und proximaler Tibiaersatz"

Bei 14 von 129 Patienten wurden der distale Femur und die proximale Tibia gleichzeitig ersetzt. Hiervon konnten 7 Patienten im Alter von 25,6 bis 78,8 Jahren ($\bar{x}=46,8\pm 22,6$) nachuntersucht werden. Damit liegt das Alter dieser Untergruppe um $\bar{x}=13,0$ Jahre unter dem Gesamtkollektiv. Diese Patienten wurden mit den übrigen Patienten aus der Nachuntersuchungsgruppe verglichen. Hier wurde aufgrund des eingeschränkten Streckdefizits insbesondere die Frage 7 aus dem Oxford Knee Score sowie dem funktionellen American Knee Score betrachtet.

Von den 7 Patienten sind 4 Patienten aus der Tumorgruppe im Alter von 25,6 bis 48,6 Jahren ($\bar{x} 32,4\pm 10,9$ Jahren) und 3 aus der Revisionsgruppe im Alter von 43,2 bis 78,8 Jahren ($\bar{x} 65,9\pm 19,7$ Jahren). Insofern wurde die Patientengruppe "distaler Femur- und proximaler Tibiaersatz" zusätzlich in die unterschiedlichen Indikationsgruppen Tumor und Revision unterteilt. Bei den Fragen im American Knee Score erreichten sowohl die Tumor- als auch die Revisionspatienten aus der Gruppe des kombinierten "distalen Femur- und proximalen Tibiaersatzes" in beiden Fragen höhere Punktzahlen. Die Tumorgruppe "distaler Femur- und proximaler Tibiaersatz" erreichte in der Gehfähigkeit 45,0 Punkte und beim Treppensteigen 40,0 Punkte. Die Revisionsgruppe "distaler Femur- und proximaler Tibiaersatz" erreichte in der Gehfähigkeit 23,3 Punkte und beim Treppensteigen 26,7 Punkte.

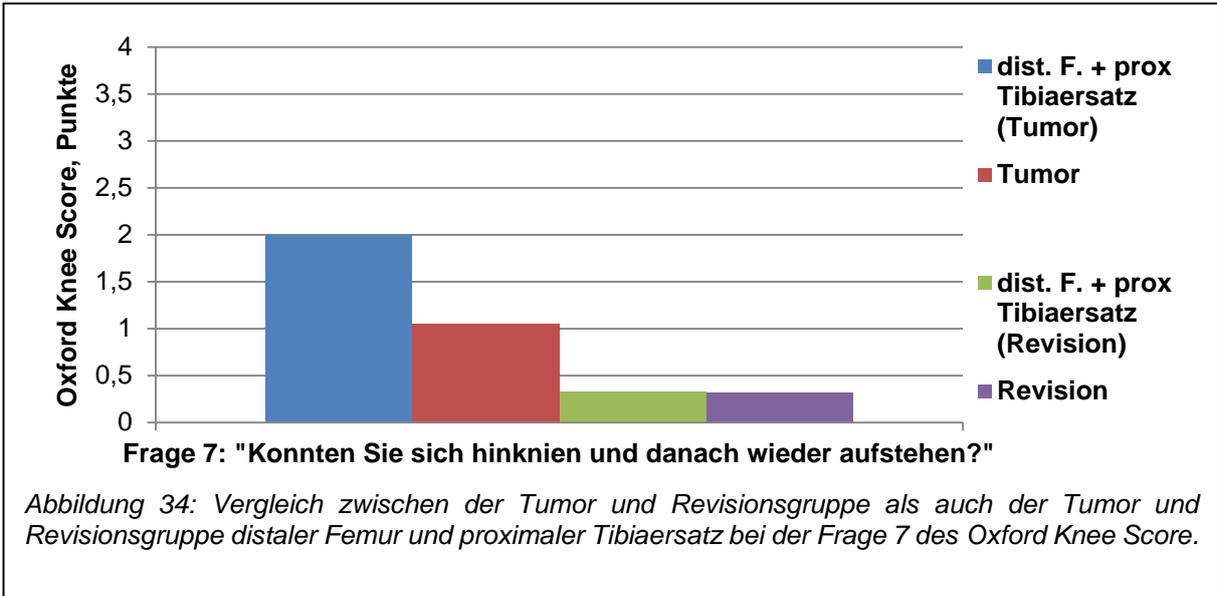


Ebenso im Fragebogen des Oxford Knee Score (Abb. 33) schnitten die Patienten mit kombiniertem "distalem Femur- und proximalem Tibiaersatz" im Vergleich zu der Tumor- und Revisionsgruppe gleich bzw. geringfügig besser ab.

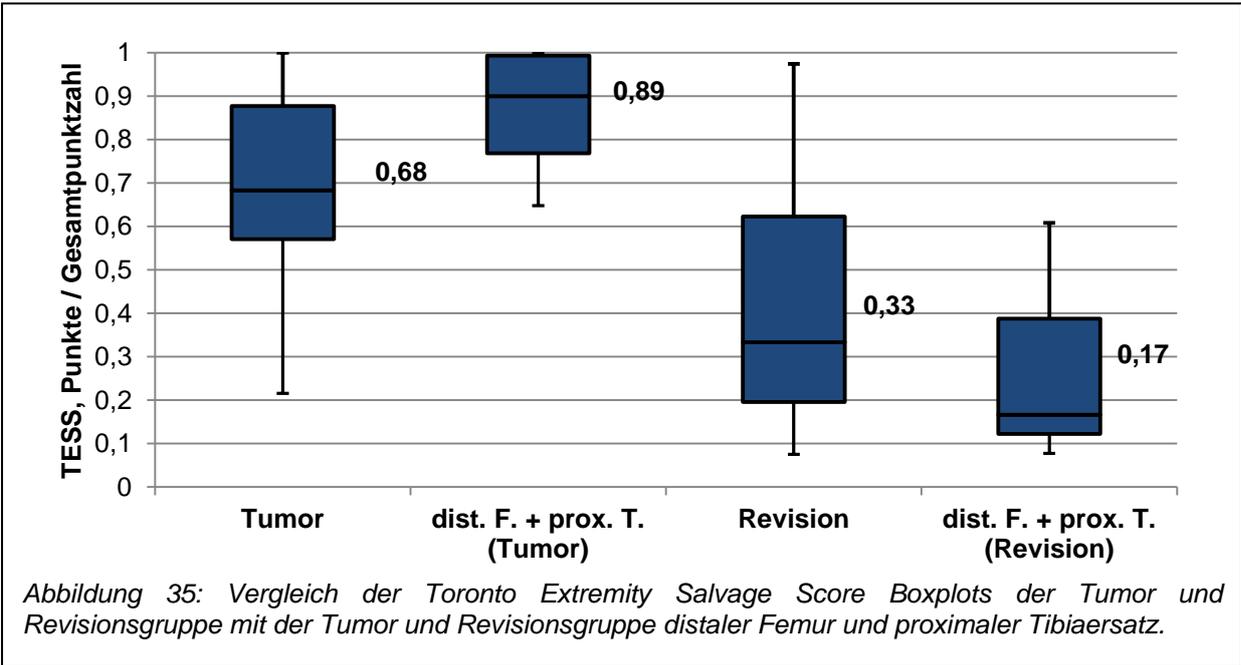


Auch Frage 7 aus dem Oxford Knee Score wird ohne signifikanten Unterschied von den Patienten aus der Gruppe "distaler Femur- und proximaler Tibiaersatz" im Gegensatz zu den Gesamtkollektiven beantwortet.

Hierbei erreichten die 4 Patienten aus der Tumorgruppe "distaler Femur- und proximaler Tibiaersatz" 2,0 Punkte. Im Vergleich dazu ist das Gesamtergebnis der Tumorpatienten mit einem Durchschnittsscore von 1,1 Punkten schlechter ausgefallen (Abb. 34). Die Revisionsgruppe "distaler Femur- und proximaler Tibiaersatz" liegt insgesamt über dem Gesamtdurchschnittswert von 0,3 Punkten. Keine der Punktdifferenzen ist jedoch signifikant.



Im TESS ist zwischen der Tumor- und Revisionsgruppe "distaler Femur- und proximalen Tibiaersatz" und dem jeweiligem Gesamtkollektiv ebenso kein signifikanter Unterschied feststellbar (Abb. 35).



3.4.8. Ergebnisse der Scores in Abhängigkeit vom Alter

Alle Patienten aus der Nachuntersuchung wurden in 6 gleichmäßige Gruppen, nach Alter sortiert (n=6), geteilt (Tab.5) und es wurde das Durchschnittsalter der Gruppen ermittelt

Tabelle 6: Gruppeneinteilung in 6 gleichmäßige Gruppen nach dem Durchschnittsalter.

Gruppe	Durchschnittsalter in Jahren	AKS Gesamt	NRS Schmerz Aktuell	TESS Gesamt	SF 12 KSS	SF12 PSS	OKS Gesamt
1	23,50	90,00	0,83	0,89	51,41	50,38	0,88
2	36,57	78,33	2,33	0,65	37,80	48,29	0,60
3	54,60	60,00	2,67	0,58	34,04	49,03	0,50
4	69,00	58,33	3,83	0,56	33,35	45,31	0,51
5	75,68	33,33	5,67	0,33	28,72	39,13	0,37
6	83,26	51,43	5,86	0,40	30,37	36,03	0,36

In den nachfolgenden Diagrammen sind die 6 Altersgruppen mit den Ergebnissen ausgewählter Scores korreliert.

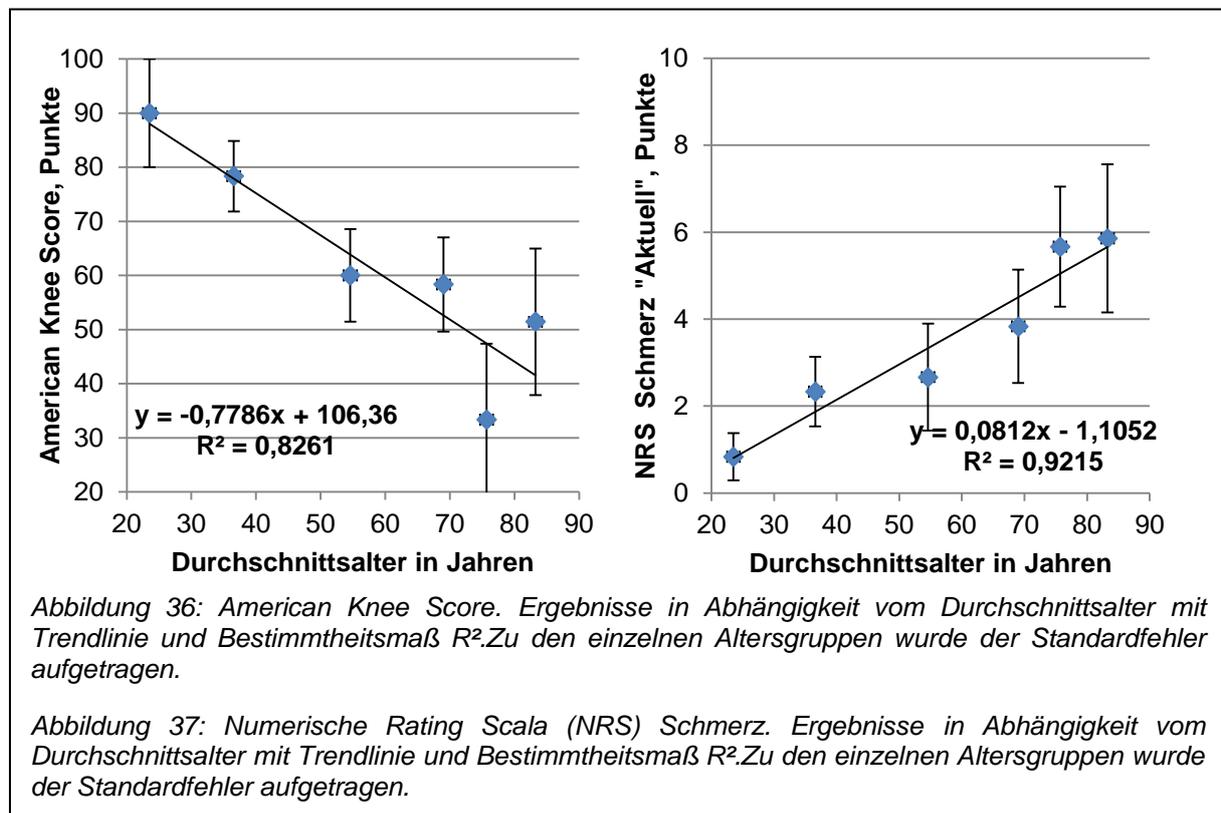
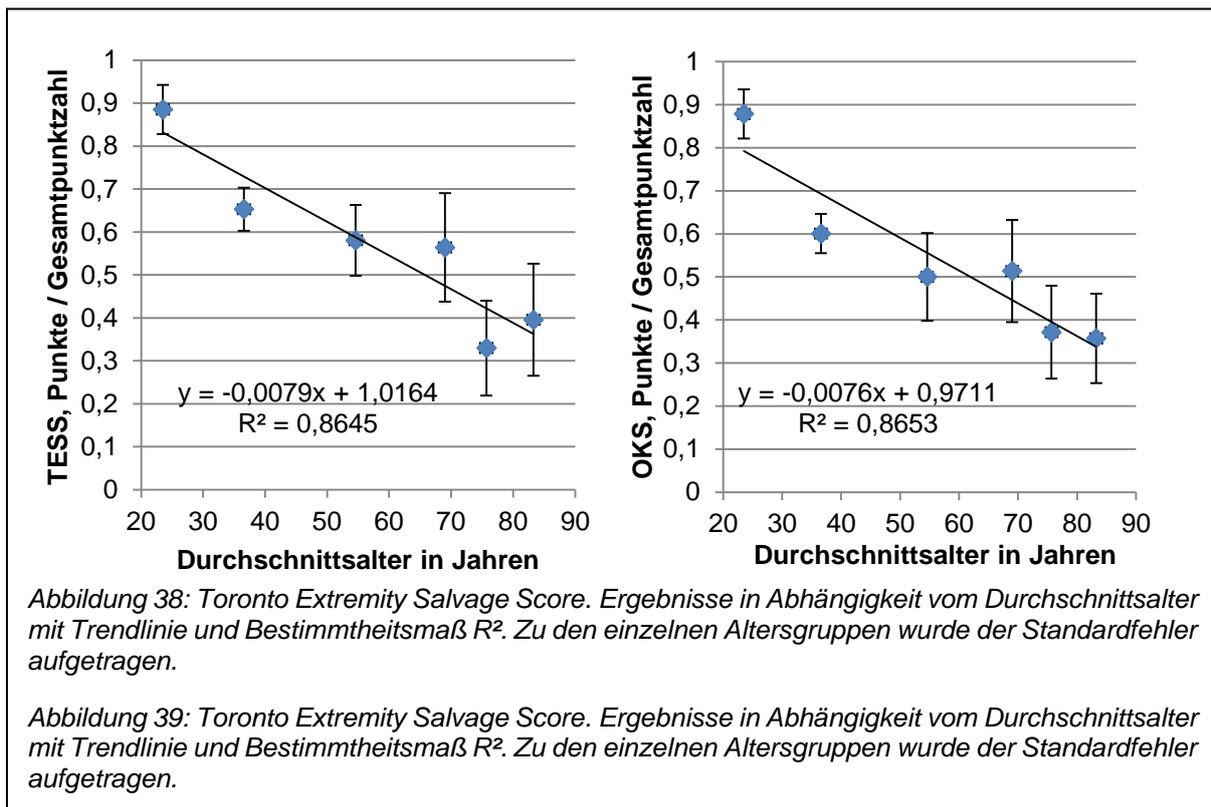


Abbildung 36: American Knee Score. Ergebnisse in Abhängigkeit vom Durchschnittsalter mit Trendlinie und Bestimmtheitsmaß R^2 . Zu den einzelnen Altersgruppen wurde der Standardfehler aufgetragen.

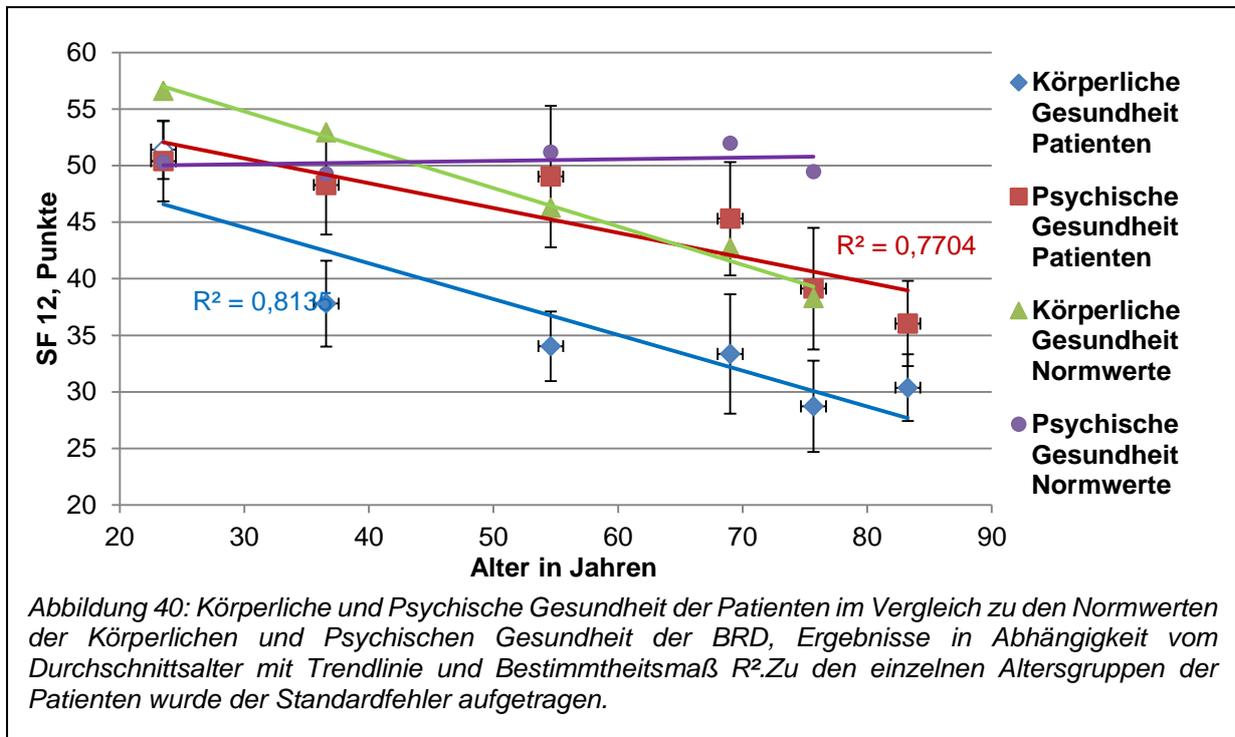
Abbildung 37: Numerische Rating Scala (NRS) Schmerz. Ergebnisse in Abhängigkeit vom Durchschnittsalter mit Trendlinie und Bestimmtheitsmaß R^2 . Zu den einzelnen Altersgruppen wurde der Standardfehler aufgetragen.

Sowohl im AKS, TESS, als auch im OKS Score zeigt sich ein signifikanter altersabhängiger Trend. Je älter die Patienten desto schlechter das Ergebnis der Scores. Die Bestimmtheitsmaße liegen bei allen Scores über 0,8 und bestätigen so den engen Zusammenhang der Ergebnisse zum Alter der Patienten. Die NRS Schmerz wird ebenfalls signifikant vom Alter der Patienten bestimmt. Der Zusammenhang ist linear.



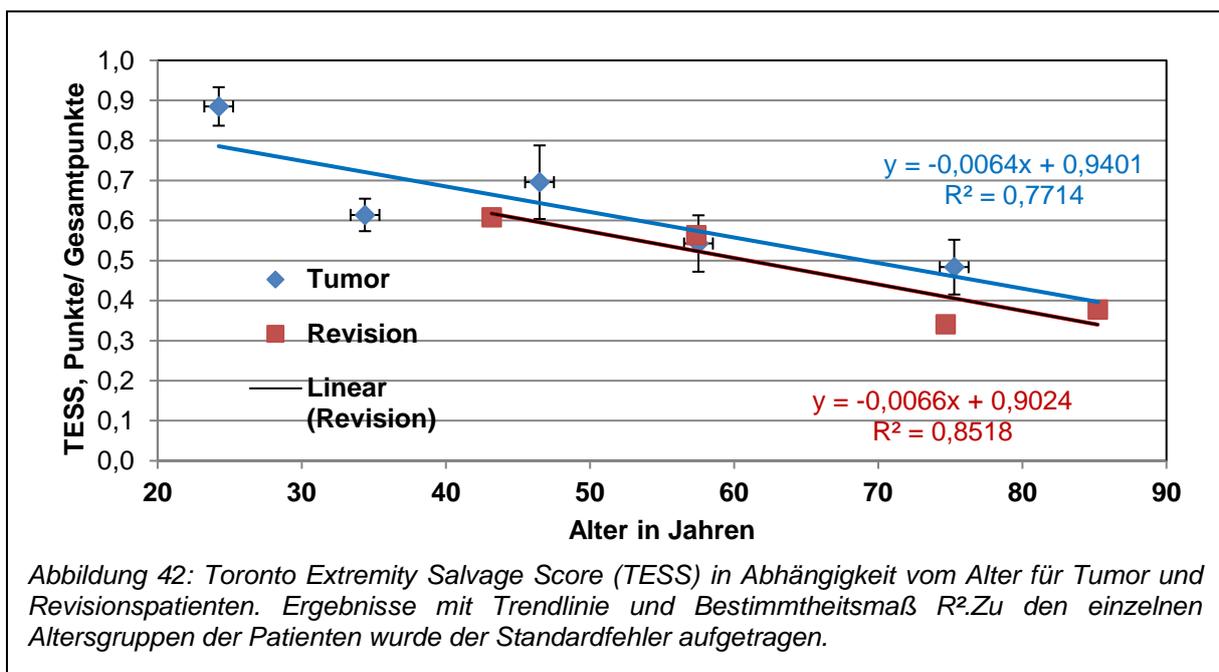
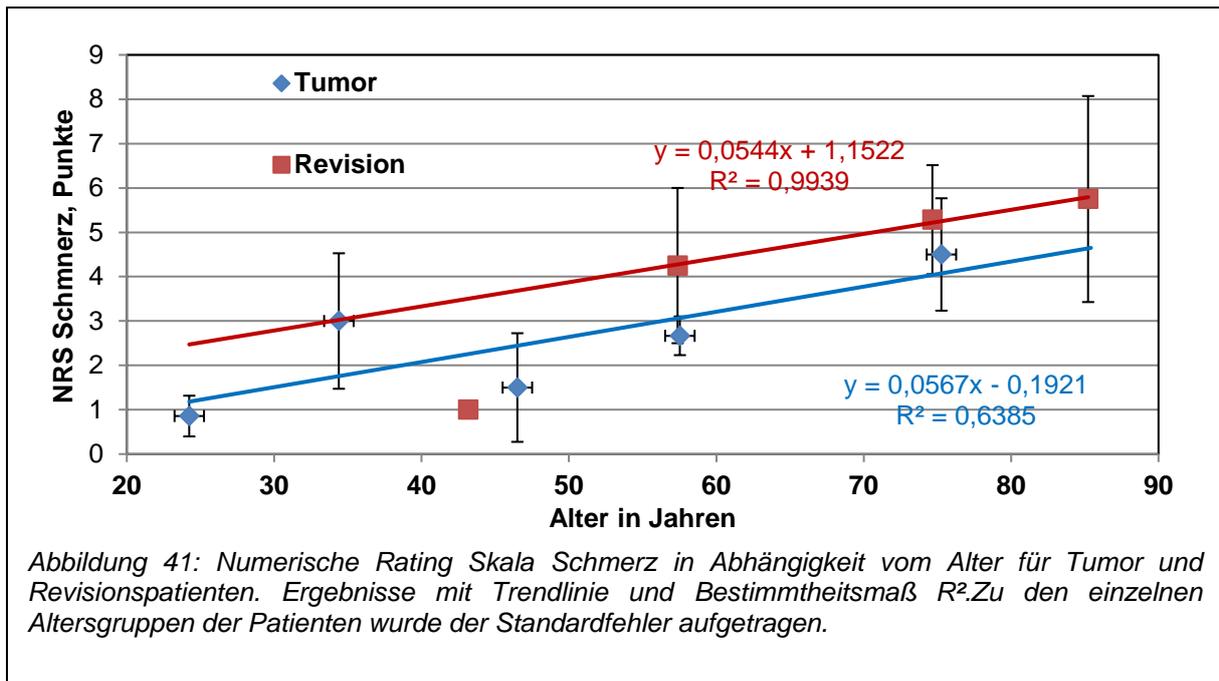
In der Abbildung 40 ist die körperliche und psychische Gesundheit der Patienten aus dem SF-12 Fragebogen im Vergleich zu der körperlichen und psychischen Gesundheit der Normwerte (BRD-Normwerte) aufgetragen. Die körperliche Gesundheit ist in allen Altersgruppen niedriger als die der Normwerte. Bei der psychischen Gesundheit ist bis zum Durchschnittsalter von 54,6 Jahren ein vergleichbares Ergebnis zu den Normwerten erkennbar. Ab einem Altersdurchschnitt von 69 Jahren hingegen liegen die Punkte beim befragten Patientenkollektiv signifikant unter den Ergebnissen der Normpopulation. Die befragten Patienten wiesen somit einen deutlich schlechteren psychischen Gesundheitszustand auf als die Population der Normwerte. Dagegen zeigen die Korrelationen des Alters und der körperlichen Gesundheit der Normbevölkerung und der beobachteten Patienten ($R^2=0,81$) einen ähnlichen

negativen Verlauf. Allerdings liegen die Werte des befragten Patientenkollektivs um zehn Punkte unter den Normwerten, was den schlechteren körperlichen Gesundheitszustand der befragten Patienten altersunabhängig widerspiegelt.



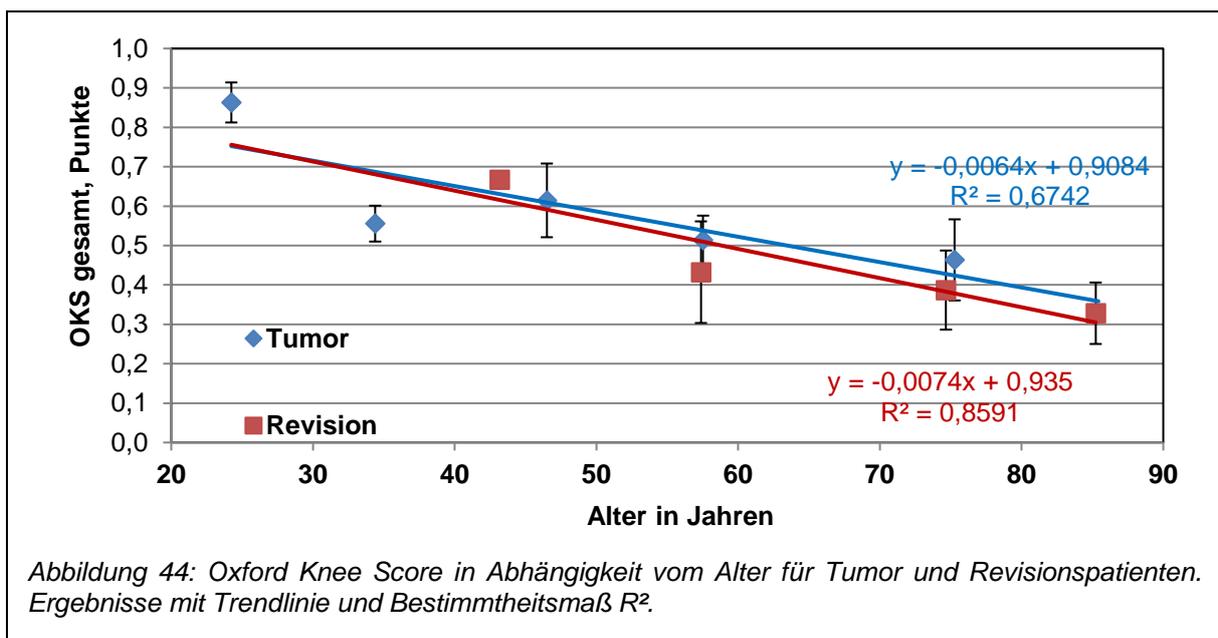
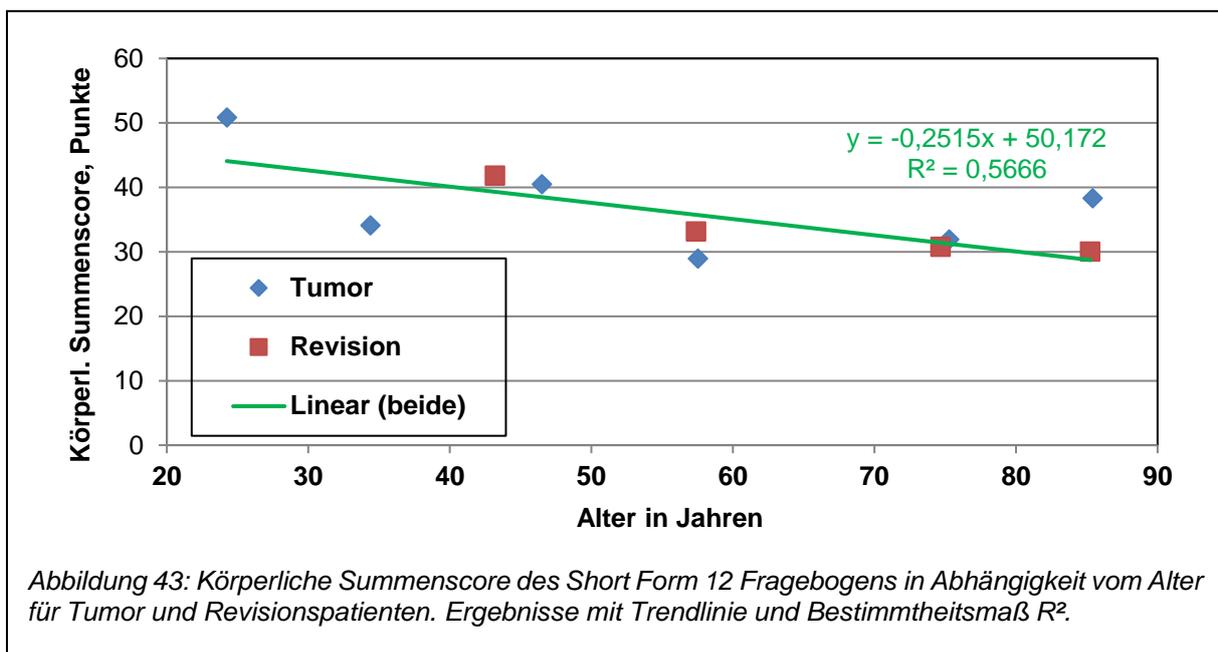
3.4.9. Ergebnisse ausgewählter Scores in Abhängigkeit von Indikation und Alter

Im NRS Schmerz liegen die Werte der Tumorgruppe signifikant 25 % niedriger als die der Revisionsgruppe, unabhängig vom Alter. Beide zeigen jedoch den gleichen altersabhängigen positiven Trend (Abb. 41).

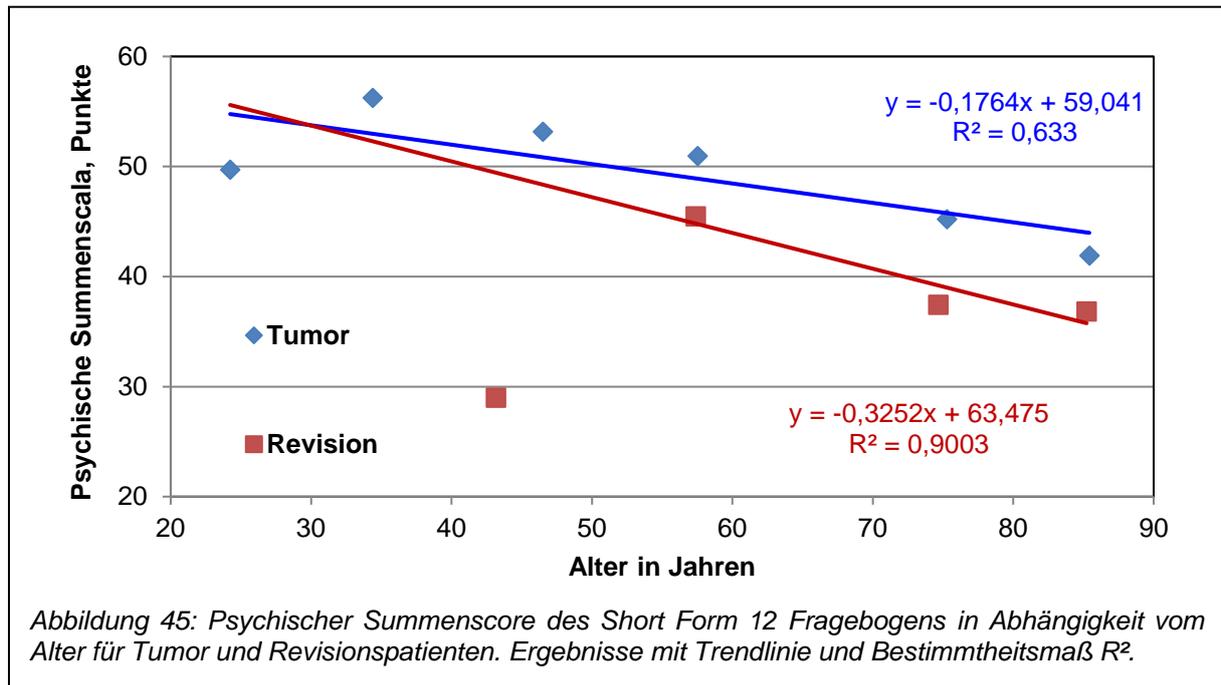


Auch der TESS zeigt einen ähnlich negativen Trend in Abhängigkeit vom Alter, unabhängig ob Tumor- ($R^2=0,85$) oder Revisionspatienten ($R^2=0,77$). Die schlechteren Ergebnisse in der Revisionsgruppe sind nicht signifikant (Abb. 42).

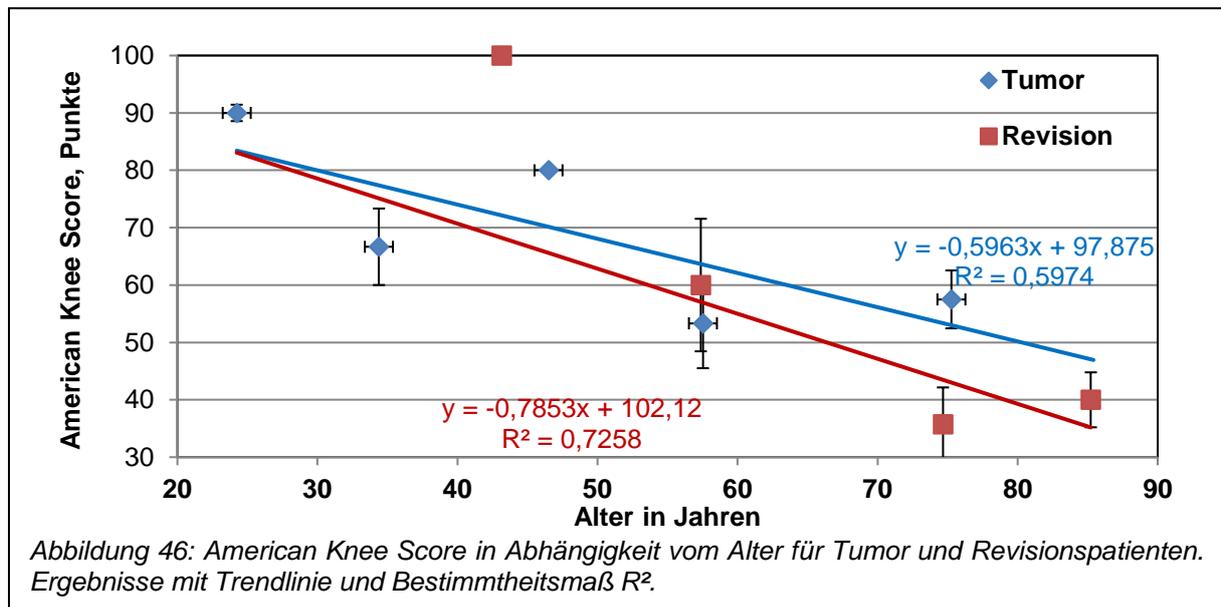
Der Körperliche Summenscore des SF-12 Health Survey (Abb. 43) und der Oxford Knee Score (Abb. 44) lassen beide ebenfalls einen altersabhängigen negativen Trend erkennen. Die Gruppen Tumor und Revision unterscheiden sich jedoch nicht voneinander, und das Bestimmtheitsmaß der linearen Korrelation liegt bei $R^2=0,56$ bzw. $R^2=ca. 0,85$.



Die Ergebnisse des Psychischen Summenscore des SF-12 Health Survey unterscheiden sich davon (Abb. 45).



Betrachtet man die Revisionsgruppe ohne den Ausreißer-Wert der Altersgruppe 43,2 Jahre, nimmt die Korrelation zum Alter deutlich stärker ab, verglichen mit der Tumorguppe ($R^2=0,9$). Werden alle Altersgruppen berücksichtigt, schneidet die Revisionsgruppe in jeder Altersgruppe schlechter ab als die Tumorguppe. Ein ähnliches Ergebnis ergab der American Knee Score. Hier korreliert die Revisionsgruppe ebenfalls deutlich stärker negativ mit dem Alter als die Tumorguppe (Abb. 46).



3.5. Komplikationen und Standzeit

Die Komplikationen wurden nach der Klassifikation von Henderson eingeteilt (Henderson et al. 2011). Diese Klassifikation unterteilt die Komplikationen in zwei Hauptkategorien (mechanisch und nicht-mechanisch) sowie 5 Typen mit jeweils 2 Untergruppen

Tabelle 7: Einteilung der Komplikationen nach der Hendersons Klassifikation.

Kategorie	Typ	Untergruppe	
Mechanisch	1 Weichteilversagen	A	Funktionseinschränkung aufgrund unzureichender Muskel- und Bandbefestigung
		B	Aseptische Wunddehiszenz
	2 Aseptische Lockerung	A	< 2 Jahre nach Implantation
		B	> 2 Jahre nach Implantation
	3 Struktur/ Konstruktionsversagen	A	Implantatversagen oder Bruch; Implantat Erweiterung Verlängerung Fehlfunktion
		B	Peri-prothetische Fraktur
Nicht Mechanisch	4 Infektion	A	< 2 Jahre nach Implantation
		B	> 2 Jahre nach Implantation
	5 Tumor Progression	A	Weichteiltumor, Progression des Tumors mit endoprothetischer Kontamination
		B	Knochentumore; Progression des Tumors mit endoprothetischer Kontamination

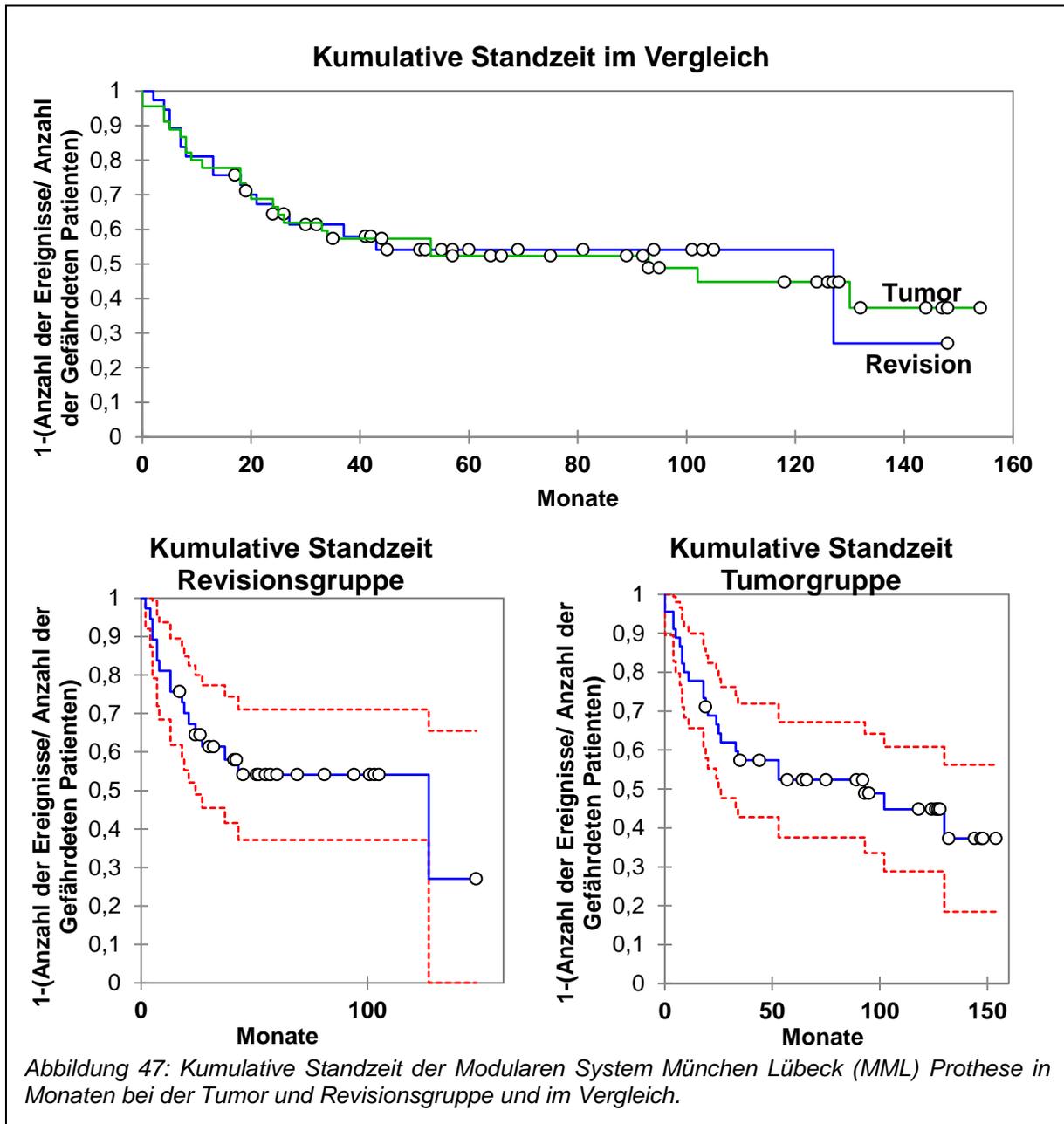
Insgesamt wurde bei 82 nachuntersuchten Patienten im Alter von 18,3 bis 92,8 Jahren ($\bar{x}=57,2\pm 22$) 75 Komplikationen festgestellt. Hierbei wurden bei 36 Patienten eine, bei 13 Patienten zwei, bei 3 Patienten drei und bei einem Patienten vier Komplikationen festgestellt. Insgesamt kam es bei 53 von den 82 Patienten zu Komplikationen. Die unterschiedlichen Arten und Anzahl der Komplikationen sind in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 8: Anzahl der Komplikationen in Tumor und Revisionsgruppe (in Prozent bezogen auf die Gesamtanzahl der Komplikationen aus der jeweiligen Gruppe).

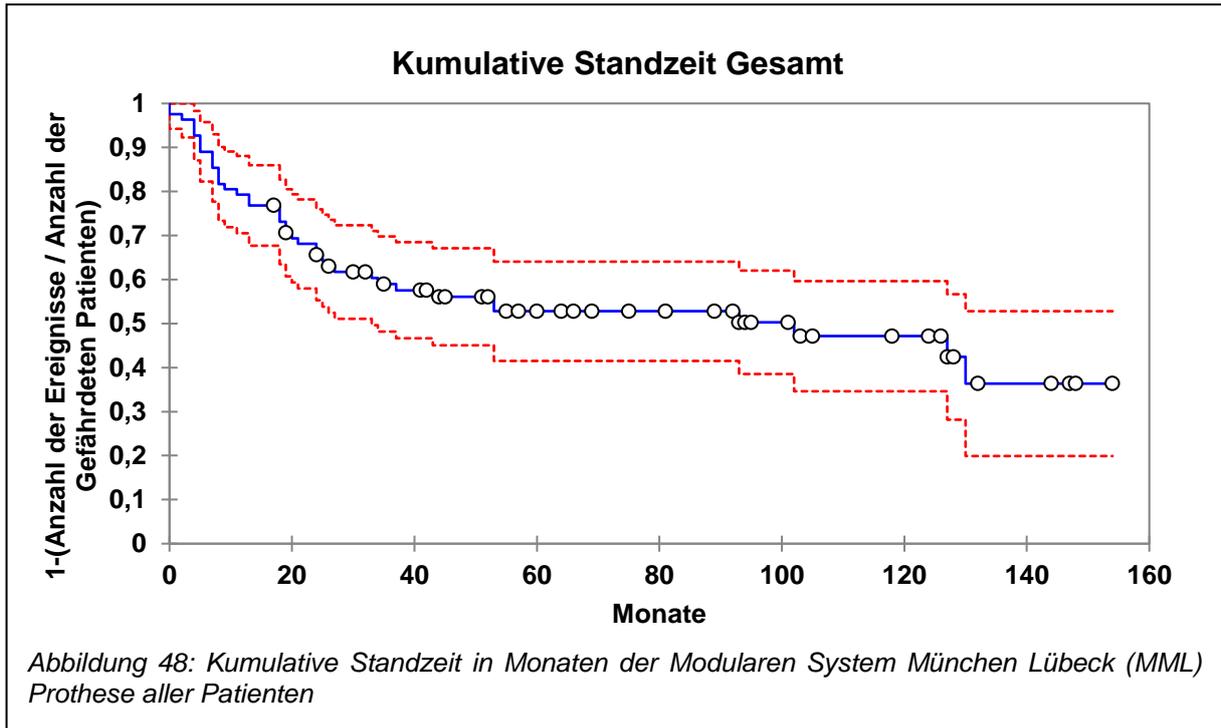
Einteilung nach Henderson	Anzahl der Komplikationen Gesamt	Tumor	Revision
1A	10 (13,3%)	5 (11,1%)	5 (16,7%)
1B	7 (9,3%)	6 (13,3%)	1 (3,3%)
Klasse I	17 (22,7%)	11 (24,4%)	6 (20%)
2A	7 (9,3%)	4 (8,9%)	3 (10 %)
2B	8 (10,7%)	4 (8,9%)	4 (13,3%)
Klasse II	15 (20%)	8 (17,8%)	7 (23,3%)
3A	17 (22,7%)	13 (28,9%)	4 (13,3%)
3B	11 (14,7%)	5 (11,1%)	6 (20%)
Klasse III	28 (37,3%)	18 (40%)	10 (33,3%)
4A	11 (14,7%)	5 (11,1%)	6 (20%)
4B	2 (2,7%)	1 (2,2%)	1 (3,3%)
Klasse IV	13 (17,3%)	6 (13,3%)	7 (23,3%)
5A	1 (1,3%)	1 (2,2%)	0 (0%)
5B	1 (1,3%)	1 (2,2%)	0 (0%)
Klasse V	2 (2,7%)	2 (4,4%)	0 (0%)
Anzahl gesamt	75 (100%)	45 (100%)	30 (100%)

Vergleicht man die Tumorgruppe mit der Revisionsgruppe so konnten in der Revisionsgruppe bei 21 Patienten ($\bar{x}=73,3\pm 11,2$ Jahre) insgesamt 30 Komplikationen festgestellt werden. 16 Patienten hatten keine Komplikation. In der Tumorgruppe konnten bei 32 Patienten ($\bar{x}=44,0\pm 19,8$ Jahre) insgesamt 45 Komplikationen erfasst werden. Hiervon hatten 13 Patienten keine Komplikation.

Mit Hilfe der Kaplan-Meyer Analyse wurde eine durchschnittliches Implanatüberleben von $81,8\pm 7,3$ Monaten festgestellt. Der Endpunkt des Implanatüberlebens wurde definiert als operative Revision der Prothese mit Prothesenwechsel, Prothesenausbau oder Amputation. Der längste Nachbeobachtungszeitraum betrug 154 Monate (12,8 Jahre). 60 Monate nach der Implantation einer MML- Prothese ist bei 53 % der Patienten das ursprüngliche Implantat noch implantiert. In der Tumorgruppe betrug die durchschnittliche Prothesenstandzeit $81,2\pm 9,7$ Monate. In der Revisionsgruppe lag diese mit $76,5\pm 9,7$ Monaten um etwa 5 Monate niedriger.



In der Revisionsgruppe haben 54 % der Patienten und in der Tumorgruppe 52 % der Patienten 60 Monate nach der Implantation einer MML- Prothese ihre ursprüngliche Prothese noch implantiert. Im statistischen Vergleich (Wilcoxon) unterscheiden sich die Standzeiten der Prothesen beider Patientengruppen nicht signifikant ($p=0,958$). Es liegt eine vergleichbare kumulative Standzeit der Prothesen beider Gruppen vor (Abb. 48).



4. Diskussion

Durch die Erweiterung des Indikationsspektrums wird eine völlig neue Patientengruppe mit modularen Megaprothesen konfrontiert. Immer häufiger werden Patienten mit ausgedehnten, nicht-tumorassoziierten knöchernen Defektsituationen mit einem distalen Femurersatz versorgt. Dabei handelt es sich vornehmlich um Fälle am Ende der endoprothetischen Revisionskaskade.

In unserer Studie konnten wir zeigen, dass sich das funktionelle Outcome bei vergleichbar hoher Komplikationsrate in den beiden untersuchten Patientengruppen, Tumor und Revision signifikant unterscheidet.

Diese Erkenntnisse können in Zukunft bei der Indikationsstellung hilfreich sein. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass unsere Studie Limitationen aufweist. Zunächst handelt es sich um eine retrospektive, nicht randomisierte klinische Studie mit einer möglichen Selektionsverzerrung. Ein Teil des Patientenguts konnte aus diversen Gründen nicht an der Nachuntersuchung teilnehmen. Basierend auf der uns bekannten Indikationsstellung und auf weiteren Informationen aus der Krankenakte ist zu vermuten, dass ein Einschluss dieser Patienten das Ergebnis zusätzlich verschlechtert hätte. Die absolute und relative Anzahl an relevanten Komplikationen wäre mutmaßlich noch höher gewesen, das funktionelle Outcome ebenso. Hierbei sind insbesondere Patienten mit hohem Alter und Multimorbidität zu nennen. Außerdem wurden nicht alle operationspflichtigen Komplikationen in unserer Klinik behandelt, einige bleiben deshalb möglicherweise unerkannt. Kritisch betrachtet werden muss die Tatsache, dass aufgrund des Studiendesigns lediglich eine aktuelle Bestandsaufnahme der Prothesen und der damit verbundenen Problematik möglich war. Wie auch in der Arbeit von Toepfer et al. lagen präoperative Scores der im Zeitraum zwischen 2001 und 2014 operierten Patienten nicht vor (Gerdsmeyer et al. 2006). Die Patientenzahl ist durch die hohe Sterberate, bedingt durch die jeweilige Grunderkrankung, im Nachuntersuchungszeitraum stark reduziert (47 von 129 Patienten, 36 %). Besonders in der Tumorgruppe sind hier nahezu alle Patienten mit Metastasen erwartungsgemäß verstorben und konnten nicht nachuntersucht werden. Zusätzlich konnten 46 weitere Patienten (35 %) nicht funktionell nachuntersucht werden. Gründe hierfür waren ein außer-europäischer Wohnort (n=9) und ein schlechter Allgemeinzustand (n=6). Außerdem verweigerten 18 Patienten eine Teilnahme. 13 Patienten mussten von der funktionellen Nachuntersuchung

ausgeschlossen werden, weil der definierte Endpunkt Prothesenausbau oder -wechsel zuvor erreicht wurde.

Es konnte zwar zwischen den Gruppen Tumor- und Revisionspatienten verglichen werden, jedoch fehlt dieser Studie eine echte Kontrollgruppe.

Ebenso ist infolge nicht beeinflussbarer Variablen, wie zementierte/unzementierte Implantationstechnik, Komorbiditäten sowie Voroperationen, die Aussagekraft der Studie eingeschränkt und die Möglichkeit für statistische Fehler gegeben.

Wir konnten zeigen, dass sich das funktionelle Ergebnis gemessen anhand von Scores wie SF-12, AKS, OKS, MSTs, TESS und WOMAC, zwischen Tumorpatienten und Revisionspatienten signifikant unterscheidet. Dies kann zahlreiche Ursachen haben, die Hauptursache sehen wir in epidemiologischen Unterschieden wie Alter, Mobilität und Komorbiditäten beider Gruppen.

Die modulare Megaprothese MML wurde ursprünglich und initial für die Behandlung schwerer Knochendefektsituationen in der Tumorchirurgie des Bewegungsapparates entwickelt.

Die häufigsten primären malignen Tumore am distalen Femur in unserer Nachuntersuchung sind Osteosarkome, Chondrosarkome und Ewing Sarkome. Andere Arbeiten kamen zu ähnlichen Ergebnissen (Pala et al. 2014). Diese Tumoren haben als einer der häufigsten Prädilektionsstelle das distale Femur gemeinsam. Der typische Altersgipfel für Osteosarkome liegt in der zweiten bis dritten Lebensdekade, des Chondrosarkoms zweigipflig in der 3.-4. und 6. Lebensdekade. Aufgrund der typischen Altersgipfel für primäre maligne Tumoren, ergibt sich auch für unsere Gruppe der Tumorpatienten ein Altersdurchschnitt von 18,7 bis 85,4 Jahren ($\bar{O}=46,2\pm 22,1$). Die funktionelle Nachuntersuchung der Tumorpatienten beschränkte sich jedoch überwiegend auf primäre Malignome des Knochens. Lediglich ein Fall mit Metastase konnte eingeschlossen werden. Alle übrigen Metastasen-Patienten waren zwischenzeitlich verstorben.

Die 16 Patienten aus der Revisionsgruppe hatten ein Altersdurchschnitt von 71,0 Jahren. Das bestätigt die Erkenntnis verschiedener anderer Autoren, dass die Indikation für Revisionsendoprothetik in den letzten Jahren deutlich gestiegen ist (Davila et al. 2001, Berend und Lombardi 2009, Mortazavi et al. 2010, Calori et al. 2014). Eine Ursache dafür ist der demografische Wandel. Im Zuge dessen kommt es zu einer zunehmenden Alterung der Gesellschaft mit einem wachsenden Anteil an alten und sehr alten Menschen. So werden 2050 ca. zehn Mio. Deutsche, also jeder

achte, älter als 80 Jahre sein und das Durchschnittsalter wird bei 50 Jahren liegen. Dagegen waren 1970 etwa 2 % und 2010 ca. 5 % der Einwohner 80 Jahre oder älter (Peters et al. 2010). Als weitere Ursachen sind die ständig steigende Anzahl von Primärimplantationen, die überproportional zugenommen haben, aber auch die Schwere der Revisionen zu nennen (Toepfer und von Eisenhart-Rothe 2015).

Ähnliche Altersdifferenzen mit einem eher geringem Altersdurchschnitt von Tumorpatienten (32-46 Jahre) und einem älteren Altersdurchschnitt der Revisionspatienten (68-72 Jahre) wurden auch in anderen Arbeiten festgestellt (Berend und Lombardi 2009, Bernthal et al. 2014, Calori et al. 2014, Pala et al. 2014). Dieser Altersunterschied ist einer der Einflussfaktoren, welcher die signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Patientengruppen durch die einzelnen Scores erklären kann. Clayer et al. (2012) beschreibt in seiner Arbeit, dass der Haupteinflussfaktor auf das funktionelle Ergebnis beim TESS Score das Alter ist. Er stellte fest, dass gesunde Patienten im Alter von 30 bis 39 Jahre ein statistisch besseres Ergebnis erreichten als alle älteren Patienten und dass die Altersgruppe ab 70 Jahren das schlechteste funktionelle Ergebnis erzielte. So erreichten gesunde Probanden im Alter von 30-39 Jahren einen Score von ca. 98,5 % und gesunde Probanden im Alter von 70-79 Jahren ein Durchschnittsscore von 83,3 %. Zu einer ähnlicher Aussage kommt auch Davies et al. 2002, der eine signifikante negative Korrelation zwischen Knee-Score und steigendem Patientenalter nachweist.

Für die Unterschiede in den Scores zwischen den Gruppen sind weitere Einflussfaktoren wie der BMI mitverantwortlich. Die Tumorgruppe hatte einen um 5,7 % geringeren durchschnittlichen BMI als die Revisionsgruppe. Der BMI der Tumorgruppe betrug 26,5 m/kg² und lag nur 1,5 m/kg² über dem Normalgewicht während der der Revisionsgruppe bei 28,1 m/kg² lag. Die Tumorgruppe war durchschnittlich mit 171,9 cm um 6,0 cm größer als die Revisionsgruppe. Die Körpergröße, als wichtiger Einflußfaktor des BMI, scheint insofern ebenfalls Unterschiede im funktionellen Outcome indirekt erklären zu können. Im Vergleichskollektiv aus der Arbeit von Toepfer et al, welcher 70 Patienten mit modularen MML-Knieendoprothesen im Zeitraum von Jan. 1993 bis Dez. 2001 nachuntersuchte, war die mittlere Körpergröße mit 171 cm ähnlich hoch. Auch der BMI dieser Patientengruppe war mit $\bar{\varnothing}=26,0$ m/kg² vergleichbar mit dem BMI unserer Patienten ($\bar{\varnothing}=26,5$) (Gerdesmeyer et al. 2006). Weiterhin beachtenswert ist die

Geschlechterverteilung. In der Tumorgruppe ist der Anteil an Männern und Frauen (50 %) gleich, in der Revisionsgruppe ist jedoch der Anteil Frauen höher (67 %).

Die Vergleiche der einzelnen funktionellen Scores in der Literatur zeigen eine hohe Variabilität. Einen maßgeblichen Einfluss darauf hat das durchschnittliche Alter der Patienten und der Zeitraum über den die Nachuntersuchungen durchgeführt wurden. In unserer Studie erreicht die Tumorgruppe im MSTS Score eine durchschnittliche Punktzahl präoperativ von 21,0 Punkten (69,8 %). Verschiedene Autoren erzielen mit Werten zwischen 63 und 88 % ein ähnliches Ergebnis (Kawai et al. 1998, Ilyas et al. 2001, Mittermayer et al. 2001, Frink et al. 2005). Dagegen beträgt die erreichte Punktzahl der Revisionsgruppe präoperativ lediglich 15,5 (51,7 %) und liegt damit signifikant niedriger ($p=0,025$). Beide Gruppen verschlechtern sich postoperativ ähnlich um durchschnittlich 3,8 Punkte (12,8 %).

Sowohl im funktionellen Teil des American Knee Scores als auch im Oxford Knee Score erzielt die Tumorgruppe ebenfalls eine signifikant ($p<0,012$ und $p=0,008$) höhere Punktzahl als die Revisionsgruppe. Unter den Fragen des Oxford Knee Scores fällt insbesondere die Frage 7 *“Konnten Sie sich hinknien und danach wieder aufstehen“* auf, da hier beide Gruppen die geringste Punktzahl erzielten. Die Bedeutung dieser Frage muss daher kritisch betrachtet werden, da diese Bewegung vielfach aus OP-technischen Gründen nicht möglich war. Viele Patienten wählten deshalb die letzte Antwortmöglichkeit *“nein, unmöglich“*. Damit ist ein Erreichen der Maximalpunktzahl von 48 Punkten im OKS per se nicht möglich, auch wenn darüber hinaus eine schmerzfreie Beweglichkeit und subjektiv uneingeschränkte Funktion vorliegt. Ähnliche Ergebnisse betreffend Punkt 7 des OKS sind von anderen Autoren beschrieben (Whitehouse et al. 2005, Gerdesmeyer et al. 2006).

Im funktionellen Teil des AKS erzielte die Gesamtpopulation unserer Patienten Durchschnittswerte von 61,9 und im OKS von 26,1 Punkten. Der Faktor, der am meisten die unterschiedlichen Ergebnisse der Patientengruppe beeinflusste scheint das Durchschnittsalter der Patienten zu sein. Ähnliche Durchschnittswerte der Tumorgruppen im funktionellen Teil des American Knee Scores erreichte ein sehr ähnliches Patientenkollektiv von Toepfer et al. In dieser Studie liegt das Durchschnittsalter der Tumorgruppe bei durchschnittlich 44 ± 22 Jahren, welches sich mit dem Durchschnittsalter unserer Tumorgruppe deckt.

Weitere signifikante Unterschiede konnten zwischen beiden Gruppen im TESS ($p=0,008$) sowie im WOMAC Score ($p=0,011$) festgestellt werden. Auch im TESS

erzielte die Tumorgruppe mit 69 % ein deutlich besseres Ergebnis als die Revisionsgruppe mit 42 %. Tunn et al., welcher 87 Patienten (46 Frauen, 41 Männer) mit primären Knochentumoren nach endoprothetischer Rekonstruktion zwischen 1982 und 2000 nachuntersuchte, publizierten ein durchschnittliches Ergebnis von 82 % (22-99 %). Das Durchschnittsalter seiner Patientengruppe lag jedoch mit 30 Jahren deutlich unter dem unserer Gruppe (Tunn et al. 2008). Clement et al. untersuchte eine Patientengruppe mit distalen Femurersatz bei nicht tumorassoziierter Implantation einer Megaprothese und erreichte durchschnittlich 70 % der maximalen Punktzahl (Clement et al. 2014). Dagegen hatte seine Patientengruppe ein Durchschnittsalter von 74,5 Jahren (46,0-90,0), das gut mit dem unserer Revisionsgruppe korreliert. Allerdings findet seine Nachuntersuchung bereits 1 Jahr postoperativ statt. Im Gegensatz dazu weist unserer Studie ein Follow-Up von $7,2 \pm 3,5$ Jahren auf. Daraus ergibt sich die Frage, ob sich das funktionelle Ergebnis in Abhängigkeit vom Nachuntersuchungszeitpunkt ändert.

Beim WOMAC Score erreichte die Tumorgruppe mit einem Mittelwert von 72,3 % ein gutes funktionelles Ergebnis, während das der Revisionsgruppe jedoch mit durchschnittlich 48,3 % nicht zufriedenstellte. Leider erlaubt der WOMAC Fragebogen, im Gegensatz zum SF-12, keinen Vergleich zu einer Durchschnittsbevölkerung. Eine weitere Einschränkung dieses Tests ist die Beurteilbarkeit der Aktivitäten, welche eine vollständige Knieflexion erfordern (Hinknien), da diese nicht besonders berücksichtigt werden können. Insgesamt scheint so die Aussagekraft dieses Scores bezogen auf die Funktionalität von Megaprothesen begrenzt (Ha et al. 2015). Ebenfalls scheint ein direkter Vergleich der funktionellen Ergebnisse von Megaprothesen zur primärer Knieendoprothetik unzulässig (Toepfer et al. 2007). Die gewonnenen Werte können jedoch hilfreiche Informationen innerhalb des eigenen Kollektivs oder im Vergleich mit anderen Megaprothesen liefern.

Im SF-12 hingegen können die Ergebnisse zusätzlich mit einer Normgruppe aus der BRD verglichen werden. In der *“Körperlichen Summenskala“* schneidet die Tumorgruppe signifikant besser als die Revisionsgruppe ab, jedoch unterscheiden sich beide Gruppen mit ca. 10,7 Punkten Differenz zur altersabhängigen Normgruppe. Das bedeutet, dass auch hier von einem Unterschied zwischen beiden Gruppen in ihrem funktionellen Ergebnis ausgegangen werden kann. Die Unterschiede ergeben sich aus dem höheren Durchschnittsalter unserer untersuchten Patienten im Vergleich mit der Normgruppe. Somit konnte erneut eine Altersabhängigkeit aufgezeigt werden. Sowohl

beim TESS Score als auch im physischen Teil des SF-12 haben wir für die funktionellen Ergebnisse in beiden Patientengruppen eine Korrelation zum Alter der Patienten nachgewiesen (vgl. Abb. 33 und 34). Gerade im Vergleich von funktionellen Ergebnissen der einzelnen Probandengruppen untereinander hat das Alter des Probanden eine entscheidende Rolle auf das Outcome. Obwohl bei der psychischen Summenskala im SF-12 ein signifikanter Unterschied zwischen den Patientengruppen zum einen und zur Normpopulation zum anderen festgestellt wurde, zeigte sich bei der Normpopulation keine altersabhängige Verschlechterung der Ergebnisse wie bei den funktionellen Scores (vgl. Abb. 36). Dies bedeutet, dass sich sowohl unsere Revisionspatienten als auch unsere Tumorpatienten altersabhängig in ihrem psychischen Ergebnis von der Normpopulation unterscheiden. Die stärkere negative Abhängigkeit der Revisionspatienten vom Alter im Vergleich zu den die Tumorpatienten bedeutet, dass Patienten mit einem niedrigen Alter gute Ergebnisse in den Scores erzielen. Je älter sie aber werden, desto schlechter ist das Ergebnis. Bei Revisionspatienten ist dieser Effekt stärker ausgeprägt als bei Tumorpatienten. Dies sollte bei der Entscheidungsfindung sowie der präoperativen Aufklärung des Patienten berücksichtigt werden und insgesamt stärker in die Therapieempfehlung einfließen. Die Ursache für die noch stärker negativeren funktionellen Scores der Revisionspatienten sehen wir in epidemiologischen Einflussfaktoren zwischen den beiden untersuchten Gruppen. Der größte Teil der nachuntersuchten Revisionspatienten erhielt die Megaprothese auf dem Boden einer durch zahlreiche Voroperationen bereits kompromittierter Knochensubstanz und geschwächten Muskulatur. Zu diesen Voroperationen zählen v.a. periprothetische Infektionen und Frakturen sowie multiple, rekonstruktive Revisions- und Wechseloperationen. Die charakteristischen Knochen- und Weichteilverhältnisse der Revisionspatienten unterschieden sich deutlich von dem der Tumorpatienten. Massive Vernarbungen, extra-anatomische Verhältnisse sowie Knochen- und Weichteildefekte sind nur einige der zahlreichen Faktoren, die eine Implantation von Megaprothesen erschweren. Dies stellt einerseits hohe Anforderungen an den Operateur (Al-Taki et al. 2011) und erhöht andererseits die Komplikations- und Revisionsrate mit entsprechenden Einbußen im funktionellen Outcome (Shih et al. 2007, Calori et al. 2014). Der höhere Anteil Frauen in der Revisionsgruppe beeinflusst zum einen die statistische Lebenserwartung der Patienten und damit statistisch gesehen die absolute Anzahl von notwendigen Revisionen, zum anderen eine erhöhte Osteoporosewahrscheinlichkeit und damit

verbundene Knochenqualität. Dies kann sich möglicherweise negativ auf das Operationsergebnis niederschlagen. Ebenso spiegeln sich diese Unterschiede in der Patientenzufriedenheit wieder, die in der Tumorgruppe deutlich höher war. In unserer Studie ist ein deutlicher Unterschied der Zufriedenheit der Patienten zu erkennen. Sind es noch 17 Patienten in der Tumorgruppe die ihre globale Zufriedenheit von *„sehr gut“* bis *„ausreichend“* angeben und nur 3 Patienten welche Ihre Zufriedenheit mit *„mangelhaft“* oder sogar *„sehr schlecht“* bezeichnen, so sind es hingegen in der Revisionsgruppe nur 7 Patienten die ein *„sehr gutes“* bis *„ausreichendes“* Ergebnis angeben. 9 Patienten berichten über *„mangelhafte“* bis *„sehr schlechte“* Resultate. Diese Zufriedenheit kann viel mit der Erwartungshaltung des Patienten zu tun haben. Außerdem ist anzunehmen, dass das Alter, die hohe Zahl an vorangegangenen Eingriffen und die höhere Anzahl an Komorbiditäten der Patienten aus der Revisionsgruppe zu einer höheren grundlegenden Unzufriedenheit beigetragen haben. Wiederholte endoprothetische Wechseloperation mit der Konsequenz zunehmender Schmerzen und einer nachlassenden Mobilität führen häufig dazu, dass sich das funktionelle Ergebnis von mal zu mal verschlechtert. Tumorpatienten sind sich der drohenden Alternative zur Rekonstruktion mittels Megaprothese, der Amputation der betroffenen Extremität, meist deutlich bewusster und wissen, trotz mannigfaltiger Risiken und Komplikationen der Prozedur, den Erhalt der Extremität zu schätzen und gesundheitliche Einschränkungen differenzierter zu betrachten.

Die modulare Megaprothese MML wird seit Jahren in der Tumor- und Revisionendoprothetik eingesetzt, obwohl hohe Komplikationsraten wie Infektionen, aseptische Lockerungen und mechanisches Versagen vergleichbarer Prothesensysteme und Prozeduren bekannt sind. In der Literatur werden Komplikationsraten von 40 % bis 75 % nach 5-15 Jahren beschrieben (Zeegen et al. 2004, Gosheger et al. 2006, Myers et al. 2007). Mit einer Komplikationsrate von 53 % aller Patienten nach 5 Jahren sind liegen unsere Ergebnisse in diesem Rahmen (Pala et al. 2014). Entgegen unserer Erwartungen beobachteten wir in der Standzeit der Prothesen keine Unterschiede zwischen Tumor und Revisionsgruppe. 64 % der insgesamt 82 nachuntersuchten Patienten zeigten eine Komplikationen. Insgesamt kam es bei diesen 53 Patienten zu 75 Komplikationen. In der Tumorgruppe traten insgesamt 45 Komplikationen bei 32 (71 %) Patienten auf. In der Revisionsgruppe konnten 30 Komplikationen bei 21 (57 %) Patienten erfasst werden. Die häufigste Komplikation beider Patientengruppen war eine Typ III Komplikation nach Henderson

(Struktur- oder Konstruktionsversagen). Hier unterschieden sich die beiden Patientengruppen nur in der Unterkategorie, wobei die Tumorgruppe ein Implantatversagen bzw. -bruch und die Revisionsgruppe die periprothetische Fraktur als häufigste Komplikation aufzeigte. Dies kann durch die demographischen Unterschiede zwischen beiden Patientengruppen begründet werden. Die Tumorgruppe setzt sich aus Patienten zusammen, die im Mittel nur 52 Jahre alt sind und aufgrund eines höheren Aktivitätsniveaus der Prothese vermeintlich größere Belastungen zumuten. Daraus ergibt sich eine verstärkte Beanspruchung der Prothese (Steinhauser et al. 2006). In der Revisionsgruppe ist durch das deutlich höhere Alter eine verminderte Knochensubstanz und eine mutmaßlich schlechtere Mobilität und Koordination zu erwarten. Die Gefahr periprothetischer Frakturen steigt. Literaturergebnisse weisen mechanische Komplikationen aufgrund Implantatversagens und periprothetischer Frakturen als häufigste Gründe für Revisionsoperationen auf (Capanna et al. 2014, Pala et al. 2014, Toepfer und von Eisenhart-Rothe 2015).

Gerdsmeyer et al 2006, der speziell die aseptische Stiellockerung der MML-Prothese untersuchten, wies eindeutig die Benachteiligung der zementlosen Stielverankerungen für diesen Prothesentyp nach. Lockerungen des femoralen oder tibialen Stiels betrafen ausnahmslos die zementlose Verankerung. Diese Beobachtung hatte damals zu einer Designveränderung der zementlosen Stiele geführt, die nun anatomisch geformt (antekurviert) verfügbar sind.

Bei unseren Nachuntersuchungen wurden insgesamt 59 zementierte, 18 unzementierte und 5 teil-zementierte Prothesen erfasst. Von den insgesamt 15 aseptischen Lockerungen trat nur eine bei einer unzementierten Prothese auf. Die Erwartung, dass Torsionskräfte durch einen modifizierten, antekurvierten Stiel besser kompensiert werden können, wurde offensichtlich erfüllt. Daraus ziehen wir die Schlussfolgerung, dass die knöcherne Integration der zementlosen diaphysären Verankerung der zementierten Einbringung nicht mehr unterlegen ist.

Im funktionellen Outcome zwischen Patienten mit kombiniertem „distalem Femur- und proximalem Tibiaersatz“ und isoliertem „distalem Femurersatz“ gab es keine signifikanten Unterschiede. Aufgrund des unterschiedlichen Operationsaufwandes und der zusätzlichen Rekonstruktion bzw. Annäherung des Ligamentum patellae nahmen wir an, dass die Gruppe der Patienten mit kombiniertem „distalem Femur- und proximalem Tibiaersatz“ ein schlechteres funktionelles Ergebnis erreichen würden, als

Patienten mit alleinigem distalen Femurersatz. Aufgrund der extrem kleinen Fallzahl ist ein Vergleich der Ergebnisse der Scores mit anderen Gruppen bzw. eine Verallgemeinerung nicht zulässig.

Für vergleichsweise alte und multimorbide Patienten nach mehrfachen Revisionsoperationen sind die funktionellen Ergebnisse, die globale Zufriedenheit und die allgemeine Lebensqualität als schlecht zu beurteilen. Trotzdem stellt die Versorgung mit dem modularen distalen Femurersatz in einigen Fällen die einzig verbleibende Rekonstruktionsmöglichkeit im Sinne eines Extremitätenerhalts dar. Rekonstruktionsversuche mittels konventionellen Revisionsendoprothesen und/oder Osteosynthesen können bei entsprechend reduzierter Knochenqualität und einer unzureichenden Compliance des Patienten (Teilbelastung) den Extremitätenerhalt nicht immer sicherstellen. Andere Alternativen wie Rekonstruktion durch strukturelle Allografts oder Composite-Verfahren erlauben zwar teilweise die Anatomie und die Knochensubstanz wieder herzustellen, neigen jedoch zu Insuffizienzfrakturen mit vergleichbar hohen Infektionsraten wie endoprothetische Rekonstruktionen (Ilyas et al. 2001). Ein großer Nachteil ist die relativ lange Nachbehandlungszeit bis zur Vollbelastung, was gerade bei einer unzureichenden Compliance des Patienten (Teilbelastung) ein Problem darstellt. Gerade bei alten, morbiden Patienten sollte deshalb auch die Möglichkeit einer ablativen Therapieform diskutiert werden. Eine Studie von Davis et al 1999 konnte zeigen dass eine transfemorale Amputation mit einem funktionellen Ergebnis von 74,5 % im SF-36 assoziiert ist. Die Studie beschreibt einen signifikanten Unterschied in der körperlichen Gesundheit im Short Form 36. Diese Ergebnisse legen nahe, dass die Unterschiede, bezogen auf das funktionelle Ergebnis zwischen Amputation und Extremitäten-erhaltender Operation, nicht so weit auseinander liegen wie erwartet (Davis et al. 1999).

Um noch bessere Aussagen über die unterschiedlichen funktionellen Ergebnisse und die Lebensqualität treffen zu können, wäre eine Studie wünschenswert, welche die Implantation der modulare Megaprothese mit anderen Behandlungsmethoden der Tumor- und Revisionsendoprothetik bei möglichst homogenen Patientengruppen vergleichend untersucht. Prospektive, verblindete Studien mit einem hohen Evidenzgrad sind jedoch bei lebensbedrohenden Diagnosen wie bösartigen Tumorerkrankungen nicht praktikabel.

Trotz relativ schlechten funktionellen Ergebnissen zur Lebensqualität sowie hohen Komplikationsraten und eingeschränkter Standzeit ist die modulare Megaprothese

vom Typ MML eine valide Alternative zu alternativen Verfahren. In der Zukunft sollte die Indikation zur Megaprothese weiterhin sehr streng und nur nach Abwägung individueller Risiken gestellt werden. Dazu ist ein Auswahlprozess anzuwenden, welcher biologisches Alter, Komorbiditäten, Compliance und individuelle Funktionsansprüche berücksichtigt, um ein bestmögliches Outcome zu gewährleisten.

5. Zusammenfassung

Der distale Femurersatz stellt seit vielen Jahren ein Standardverfahren in der Rekonstruktion ausgedehnter Knochendefekte nach Resektion aggressiver Neoplasien dar. Eine völlig neue Patientengruppe wird durch die Erweiterung des Indikationsspektrums mit modularen Megaprothesen konfrontiert. Immer häufiger werden Patienten mit ausgedehnten, nicht-tumorassoziierten knöchernen Defektsituationen mit einem distalen Femurersatz versorgt. Dabei handelt es sich vornehmlich um Fälle am Ende der endoprothetischen Revisionskaskade.

Vergleiche hinsichtlich Komplikationen, Standzeit und Funktionalität zwischen Revisionspatienten und Tumorpatienten fehlen in der Literatur und machen so eine Bewertung der Ursachen schwer.

In dieser retrospektiven Studie konnte bei einem durchschnittlichen Follow-Up von $7,2 \pm 3,5$ Jahren (46,0-90,0) gezeigt werden, dass sich das funktionelle Ergebnis, bei vergleichbar hoher Komplikationsrate in den beiden untersuchten Patientengruppen, Tumor und Revision, signifikant unterscheidet. Hierbei erreichte die Tumorgruppe ein gutes funktionelles Ergebnisse während das der Revisionsgruppe nicht zufriedenstellte. Die Hauptursache sehen wir in epidemiologischen Unterschieden wie Alter, Mobilität und Komorbiditäten beider Gruppen. Eine altersabhängige Korrelation konnten wir im PSS des SF-12 sowie im AKS eindeutig nachweisen.

Entsprechend der bereits existierenden Literatur zu dem Thema Megaprothetik der unteren Extremität stellten wir eine hohe Komplikationsrate von 53 % aller Patienten nach 5 Jahren fest. Zu diesen zählten größtenteils Implantatversagen bzw -bruch und periprothetische Frakturen (Typ III Komplikation nach Henderson mit Struktur- oder Konstruktionsversagen).

Trotz relativ schlechter funktioneller Ergebnisse der Revisionsgruppe sowie allgemein hoher Komplikationsraten und eingeschränkter Standzeit behält die modulare Megaprothetik weiterhin ihre Berechtigung in der Rekonstruktion ausgeprägter knöcherner Defektsituationen. Alternative Verfahren, wie die biologische Rekonstruktion oder die Amputation sind entweder bestimmten Patientengruppen vorbehalten oder erreichen nicht die Funktionalität einer Megaprothese. Unsere Ergebnisse zeigen nicht nur die Schwächen dieses Verfahrens auf, sondern bieten gleichzeitig Ansatzpunkt für systemimmanente Verbesserungen. In der Zwischenzeit sollte die Indikation zur Megaprothese weiterhin streng und nur nach Abwägung

individueller Risiken gestellt werden. Dazu ist ein Auswahlprozess anzuwenden, welcher biologisches Alter, Komorbiditäten, Compliance und individuelle Funktionsansprüche berücksichtigt, um ein bestmögliches Outcome zu gewährleisten.

6. Literaturverzeichnis

Al-Taki, M. M., B. A. Masri, C. P. Duncan und D. S. Garbuz (2011). "Quality of life following proximal femoral replacement using a modular system in revision THA." Clin Orthop Relat Res **469**(2): 470-475.

Berend, K. R. und A. V. Lombardi, Jr. (2009). "Distal femoral replacement in nontumor cases with severe bone loss and instability." Clin Orthop Relat Res **467**(2): 485-492.

Bernthal, N. M., M. Greenberg, K. Heberer, J. J. Eckardt und E. G. Fowler (2014). "What Are the Functional Outcomes of Endoprosthetic Reconstructions After Tumor Resection?" Clin Orthop Relat Res.

Calori, G. M., M. Colombo, E. Malagoli, S. Mazzola, M. Bucci und E. Mazza (2014). "Megaprosthesis in post-traumatic and periprosthetic large bone defects: Issues to consider." Injury **45 Suppl 6**: S105-110.

Calori, G. M., M. Colombo, C. Ripamonti, E. Malagoli, E. Mazza, P. Fadigati und M. Bucci (2014). "Megaprosthesis in large bone defects: opportunity or chimaera?" Injury **45**(2): 388-393.

Capanna, R., G. Scoccianti, F. Frenos, A. Vilardi, G. Beltrami und D. A. Campanacci (2014). "What Was the Survival of Megaprotheses in Lower Limb Reconstructions After Tumor Resections?" Clin Orthop Relat Res.

Clayer, M., S. Doyle, N. Sangha und R. Grimer (2012). "The toronto extremity salvage score in unoperated controls: an age, gender, and country comparison." Sarcoma **2012**: 717213.

Collins, N. J., D. Misra, D. T. Felson, K. M. Crossley und E. M. Roos (2011). "Measures of knee function: International Knee Documentation Committee (IKDC) Subjective Knee Evaluation Form, Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Physical Function Short Form (KOOS-PS), Knee Outcome Survey Activities of Daily Living Scale (KOS-ADL), Lysholm Knee Scoring Scale, Oxford Knee Score (OKS), Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), Activity Rating Scale (ARS), and Tegner Activity Score (TAS)." Arthritis Care Res (Hoboken) **63 Suppl 11**: S208-228.

Davies, A. P. (2002). "Rating systems for total knee replacement." Knee **9**(4): 261-266.

Davila, J., A. Malkani und J. M. Paise (2001). "Supracondylar distal femoral nonunions treated with a megaprosthesis in elderly patients: a report of two cases." J Orthop Trauma **15**(8): 574-578.

Davis, A. M., M. Devlin, A. M. Griffin, J. S. Wunder und R. S. Bell (1999). "Functional outcome in amputation versus limb sparing of patients with lower extremity sarcoma: a matched case-control study." Arch Phys Med Rehabil **80**(6): 615-618.

Enneking, W. F., W. Dunham, M. C. Gebhardt, M. Malawar und D. J. Pritchard (1993). "A system for the functional evaluation of reconstructive procedures after surgical treatment of tumors of the musculoskeletal system." Clin Orthop Relat Res(286): 241-246.

Frink, S. J., J. Rutledge, V. O. Lewis, P. P. Lin und A. W. Yasko (2005). "Favorable long-term results of prosthetic arthroplasty of the knee for distal femur neoplasms." Clin Orthop Relat Res **438**: 65-70.

Gandek, B., J. E. Ware, N. K. Aaronson, G. Apolone, J. B. Bjorner, J. E. Brazier, M. Bullinger, S. Kaasa, A. Leplege, L. Prieto und M. Sullivan (1998). "Cross-validation of item selection and scoring for the SF-12 Health Survey in nine countries: results from the IQOLA Project. International Quality of Life Assessment." J Clin Epidemiol **51**(11): 1171-1178.

Garratt, A. M., S. Brealey, W. J. Gillespie und D. T. Team (2004). "Patient-assessed health instruments for the knee: a structured review." Rheumatology (Oxford) **43**(11): 1414-1423.

Gerdesmeyer, L., A. Topfer, J. Kircher, H. Grudei und P. Diehl (2006). "[The modular MML revision system in knee revision and tumor arthroplasty]." Orthopade **35**(9): 975-981.

Gosheger, G., C. Gebert, H. Ahrens, A. Streitbuerger, W. Winkelmann und J. Harges (2006). "Endoprosthetic reconstruction in 250 patients with sarcoma." Clin Orthop Relat Res **450**: 164-171.

Ha, C. W., Y. B. Park, Y. S. Song, W. Y. Lee und Y. G. Park (2015). "Are the Current Outcome Measurement Tools Appropriate for the Evaluation of the Knee Status in Deep Flexion Range?" J Arthroplasty.

Hagleitner, M. M., E. S. de Bont und D. M. Te Loo (2012). "Survival trends and long-term toxicity in pediatric patients with osteosarcoma." Sarcoma **2012**: 636405.

Ham, S. J., H. Schraffordt Koops, R. P. Veth, J. R. van Horn, W. M. Molenaar und H. J. Hoekstra (1998). "Limb salvage surgery for primary bone sarcoma of the lower extremities: long-term consequences of endoprosthetic reconstructions." Ann Surg Oncol **5**(5): 423-436.

Harris, I. E., A. R. Leff, S. Gitelis und M. A. Simon (1990). "Function after amputation, arthrodesis, or arthroplasty for tumors about the knee." J Bone Joint Surg Am **72**(10): 1477-1485.

Hartley, R. C., N. G. Barton-Hanson, R. Finley und R. W. Parkinson (2002). "Early patient outcomes after primary and revision total knee arthroplasty. A prospective study." J Bone Joint Surg Br **84**(7): 994-999.

Henderson, E. R., J. S. Groundland, E. Pala, J. A. Dennis, R. Wooten, D. Cheong, R. Windhager, R. I. Kotz, M. Mercuri, P. T. Funovics, F. J. Hornicek, H. T. Temple, P. Ruggieri und G. D. Letson (2011). "Failure mode classification for tumor endoprostheses: retrospective review of five institutions and a literature review." J Bone Joint Surg Am **93**(5): 418-429.

Holl, S., A. Schlomberg, G. Gosheger, R. Dieckmann, A. Streitbueger, D. Schulz und J. Harges (2012). "Distal femur and proximal tibia replacement with megaprosthesis in revision knee arthroplasty: a limb-saving procedure." Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc **20**(12): 2513-2518.

Ilyas, I., A. Kurar, P. G. Moreau und D. A. Younge (2001). "Modular megaprosthesis for distal femoral tumors." Int Orthop **25**(6): 375-377.

Kawai, A., G. F. Muschler, J. M. Lane, J. C. Otis und J. H. Healey (1998). "Prosthetic knee replacement after resection of a malignant tumor of the distal part of the femur. Medium to long-term results." J Bone Joint Surg Am **80**(5): 636-647.

Liow, R. Y., K. Walker, M. A. Wajid, G. Bedi und C. M. Lennox (2003). "Functional rating for knee arthroplasty: comparison of three scoring systems." Orthopedics **26**(2): 143-149.

Martimbianco, A. L., F. R. Calabrese, L. A. Iha, M. Petrilli, O. Lira Neto und M. Carneiro Filho (2012). "Reliability of the "American Knee Society Score" (AKSS)." Acta Ortop Bras **20**(1): 34-38.

Matziolis, G. und E. Rohner (2015). "[Total knee arthroplasty in 2014 : Results, expectations, and complications]." Orthopade **44**(4): 255-258, 560.

Mittermayer, F., P. Krepler, M. Dominkus, E. Schwameis, M. Sluga, H. Heinzl und R. Kotz (2001). "Long-term followup of uncemented tumor endoprotheses for the lower extremity." Clin Orthop Relat Res(388): 167-177.

Mortazavi, S. M., M. F. Kurd, B. Bender, Z. Post, J. Parvizi und J. J. Purtill (2010). "Distal femoral arthroplasty for the treatment of periprosthetic fractures after total knee arthroplasty." J Arthroplasty **25**(5): 775-780.

Myers, G. J., A. T. Abudu, S. R. Carter, R. M. Tillman und R. J. Grimer (2007). "Endoprosthetic replacement of the distal femur for bone tumours: long-term results." J Bone Joint Surg Br **89**(4): 521-526.

Nübling, M., H. H. Andersen und A. Mühlbacher (2006). "Data Documentation 16."

O'Hara, C., A. Moran, J. S. Whelan, R. E. Hough, C. A. Stiller, M. C. Stevens, D. P. Stark, R. G. Feltbower und M. G. McCabe (2015). "Trends in survival for teenagers and young adults with cancer in the UK 1992-2006." Eur J Cancer.

Pala, E., G. Trovarelli, T. Calabro, A. Angelini, C. N. Abati und P. Ruggieri (2014). "Survival of Modern Knee Tumor Megaprotheses: Failures, Functional Results, and a Comparative Statistical Analysis." Clin Orthop Relat Res.

Peters, E., R. Pritzkeleit, F. Beske und A. Katalinic (2010). "[Demographic change and disease rates: a projection until 2050]." Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz **53**(5): 417-426.

Radoschewski, M. und B. M. Bellach (1999). "[The SF-36 in the Federal Health Survey-possibilities and requirements for application at the population level]." Gesundheitswesen **61 Spec No**: S191-199.

Shih, S.-T., J.-W. Wang und C.-C. Hsu (2007). "Proximal Femoral Megaprosthesis for Failed Total Hip Arthroplasty." Chang Gung Med J **30**(1): 73-80.

Steinhauser, E., R. Burgkart und L. Gerdesmeyer (2006). "[Biomechanical aspects of revision components for knee arthroplasty]." Orthopade **35**(2): 128-135.

Toepfer, A. und R. von Eisenhart-Rothe (2015). "Das Ende der Revisionskaskade: Lösungsoptionen für schwierige Fälle." Berliner Seminare: 22-25.

Tunn, P. U., D. Pomraenke, U. Goerling und P. Hohenberger (2008). "Functional outcome after endoprosthetic limb-salvage therapy of primary bone tumours--a comparative analysis using the MSTS score, the TESS and the RNL index." Int Orthop **32**(5): 619-625.

van der Heijden, L., M. J. Mastboom, P. D. Dijkstra und M. A. van de Sande (2014). "Functional outcome and quality of life after the surgical treatment for diffuse-type giant-cell tumour around the knee: a retrospective analysis of 30 patients." Bone Joint J **96-B**(8): 1111-1118.

von Salis-Soglio, G., M. Ghanem, I. Meinecke, M. Ellenrieder, H. M. Klinger und C. Kirchhoff (2010). "[The modular endoprosthetic system Munich-Luebeck (MML): potential applications and results in the lower extremities]." Orthopade **39**(10): 960-967.

Whitehouse, S. L., A. W. Blom, A. H. Taylor, G. T. Pattison und G. C. Bannister (2005). "The Oxford Knee Score; problems and pitfalls." Knee **12**(4): 287-291.

Zeegen, E. N., L. A. Aponte-Tinao, F. J. Hornicek, M. C. Gebhardt und H. J. Mankin (2004). "Survivorship analysis of 141 modular metallic endoprostheses at early followup." Clin Orthop Relat Res(420): 239-250.

Zimel, M. N., A. M. Cizik, T. B. Rapp, J. S. Weisstein und E. U. Conrad, 3rd (2009). "Megaprosthesis versus Condyle-sparing intercalary allograft: distal femoral sarcoma." Clin Orthop Relat Res **467**(11): 2813-2824.

7. Anhang

7.1. Fragebögen

7.1.1. Allgemeine Fragen

Neben allgemeinen demographischen Fragen zu Alter, Geschlecht, Datum der Operation, Größe und Gewicht des Patienten wurden folgende Fragen gestellt:

1. Liegt das Ursprüngliche Implantat noch ein?
2. Gab es eine erneute Operation (Revision)?
Was wurde operiert und wann?
3. Wurde die Kniescheibe auch ersetzt?
4. Gab es Komplikationen?
Wenn Ja, welche?
5. Allgemeine Komplikationen z.B. Thrombose, Embolie?
6. Was war der Grund der ersten und ursprünglichen Operation?
Tumor? Revision oder Komplikation einer vorbestehenden Prothese?
9. Würden Sie diese Behandlung einer Freundin, einem Freund mit demselben Problem empfehlen?
10. Haben Sie eine Beinlängendifferenz?
11. Globale Zufrieden des Patienten. Wie zufrieden waren Sie mit der Behandlung?

<i>Sehr gut.</i>	1
<i>Gut.</i>	2
<i>Befriedigend.</i>	3
<i>Ausreichend.</i>	4
<i>Mangelhaft.</i>	5
<i>Sehr schlecht.</i>	6

7.1.2. Numerische Rating Skala (NAS)

Schmerzbeurteilung mit NAS zum aktuellen Zeitpunkt.

Keine Schmerzen										Unerträgliche Schmerzen
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Schmerzbeurteilung mit NAS vor der Operation.

Keine Schmerzen										Unerträgliche Schmerzen
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

7.1.3. Short Form 12 Health Survey

1. Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben?

<i>Ausgezeichnet.</i>	1
<i>Sehr gut.</i>	2
<i>Gut.</i>	3
<i>Weniger gut.</i>	4
<i>Schlecht.</i>	5

Im Folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben. Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark?

2. Mittelschwere Tätigkeiten, z.B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf, spielen.

<i>Stark eingeschränkt.</i>	1
<i>Etwas eingeschränkt</i>	2
<i>Überhaupt nicht eingeschränkt.</i>	3

3. Mehrere Treppenabsätze steigen.

<i>Stark eingeschränkt.</i>	1
<i>Etwas eingeschränkt.</i>	2
<i>Überhaupt nicht eingeschränkt.</i>	3

Hatten Sie in den vergangenen vier Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?

4. Ich habe weniger geschafft als ich wollte.

<i>Ja.</i>	1
<i>Nein.</i>	2

5. Ich konnte nur bestimmte Dinge tun.

<i>Ja.</i>	1
------------	---

Nein. 2

Hatten Sie in den vergangenen vier Wochen aufgrund seelischer Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten)?

6. Ich habe weniger geschafft als ich wollte

Ja. 1

Nein. 2

7. Ich konnte nur bestimmte Dinge tun.

Ja. 1

Nein. 2

8. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen vier Wochen bei der Ausübung Ihrer Alltagstätigkeiten zu Hause und im Beruf behindert?

Überhaupt nicht. 1

Ein bißchen. 2

Mäßig. 3

Ziemlich. 4

Sehr. 5

In diesem Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen vier Wochen gegangen ist (bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die Zahl an, die Ihrem Befinden am ehesten entspricht). Wie oft waren Sie in den vergangen vier Wochen

9. Ruhig und gelassen?

10. Voller Energie?

11. Entmutigt und traurig?

Immer. 1

Meistens. 2

Ziemlich Oft. 3

Manchmal. 4

<i>Selten.</i>	5
<i>Nie.</i>	6

12. Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen vier Wochen Ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandten usw.) beeinträchtigt?

<i>Immer.</i>	1
<i>Meistens.</i>	2
<i>Manchmal.</i>	3
<i>Selten.</i>	4
<i>Nie.</i>	5

7.1.4. Musculoskeletal Tumor Society Score

Alle Fragen sollten zum Zustand vor der Operation und zum aktuellen Zustand beantwortet werden.

1. Haben Sie Schmerzen, nehmen Sie Schmerzmittel ein?

<i>Keine Schmerzen, keine Schmerzmittel.</i>	5
<i>Dazwischenliegend.</i>	4
<i>Leichte Schmerzen, leichte Schmerzmittel.</i>	3
<i>Dazwischenliegend.</i>	2
<i>Mittelstarke Schmerzen, zeitweilig starke Schmerzmittel.</i>	1
<i>Starke Schmerzen, ständig starke Schmerzmittel.</i>	0

2. Subjektive Zufriedenheit.

<i>Sehr gut.</i>	5
<i>Gut.</i>	4
<i>Befriedigend.</i>	3
<i>Ausreichend.</i>	2
<i>Mangelhaft.</i>	1
<i>Sehr schlecht.</i>	0

3. Emotionale Akzeptanz (Emotionale Reaktion hinsichtlich des funktionellen Ergebnisses).

<i>Begeistert, würde es weiter empfehlen.</i>	5
<i>Dazwischenliegend.</i>	4
<i>Zufrieden, würde es wieder tun.</i>	3
<i>Dazwischenliegend.</i>	2
<i>Akzeptiert, würde es ungern wiederholen.</i>	1
<i>Ablehnend, würde es nicht wiederholen.</i>	0

4. Benutzen sie eine motorische Unterstützung?

<i>Keine.</i>	5
<i>Dazwischenliegend, manchmal Orthese/ Bandage.</i>	4
<i>Gips/ Brace/ Orthese, immer mit Orthese/ Bandage.</i>	3

<i>Dazwischenliegend, manchmal Gehstütze/ Stock.</i>	2
<i>Ein Stock/ Gehstütze, meist Gehstütze/Stock.</i>	1
<i>Zwei Stöcke/ Gehhilfen, immer zwei Gehhilfen.</i>	0

5. Wie ist Ihre Gehstrecke?

<i>Unbegrenzt, wie vor der OP.</i>	5
<i>Dazwischen liegend.</i>	4
<i>Begrenzt, erheblich kürzer als vor der OP.</i>	3
<i>Dazwischen liegend.</i>	2
<i>Nur im Haus, nicht außer Haus.</i>	1
<i>Nicht unabhängig, nur mit Rollstuhl oder Hilfe.</i>	0

6. Wie sieht Ihr Gangbild (Hinken) aus?

<i>Normal, keine Veränderung.</i>	5
<i>Dazwischenliegend.</i>	4
<i>Leicht kosmetisch auffällig, nur kosmetisch.</i>	3
<i>Dazwischenliegend, schwache Funktionseinschränkung.</i>	2
<i>Stark kosmetisch auffällig, Funktionsverlust/Tätigkeit möglich.</i>	1
<i>Starkes Handicap, normale Tätigkeit nicht möglich.</i>	0

7.1.5. American Knee Score, funktioneller Teil

1. Wie weit können Sie gehen? (Gehfähigkeit)

<i>Unbegrenzt.</i>	50
<i>1000m.</i>	40
<i>500 – 1000m.</i>	30
<i><500m.</i>	20
<i>Im Haushalt.</i>	10
<i>Gar nicht.</i>	0

2. Können Sie Treppen steigen? (Treppen steigen)

<i>Normal hoch und herunter.</i>	50
<i>Normal hoch, herunter mit Geländer.</i>	40
<i>Hoch und herunter mit Geländer.</i>	30
<i>Hoch mit Geländer, herunter nicht möglich.</i>	15
<i>Nicht möglich.</i>	0

7.1.6. Oxford Knee Score

12 Fragen mit jeweils 0-4 zu erreichenden Punkten, maximale Punktzahl 48 Punkte.

1. Wie groß waren während der letzten vier Wochen für gewöhnlich Ihre Knieschmerzen?

<i>Stark.</i>	0
<i>Mäßig.</i>	1
<i>Mild.</i>	2
<i>Sehr mild.</i>	3
<i>Keine.</i>	4

2. Hatten Sie während der letzten vier Wochen bei der körperlichen Hygiene (Waschen und Trocknen des ganzen Körpers) Schwierigkeiten aufgrund der Knieprothese?

<i>Unmöglich.</i>	0
<i>Starke Probleme.</i>	1
<i>Mäßig.</i>	2
<i>Sehr wenig.</i>	3
<i>Überhaupt nicht.</i>	4

3. Hatten Sie während der letzten vier Wochen Schwierigkeiten beim Ein- und Aussteigen in ein Auto, bzw. bei der Benutzung öffentlicher Verkehrsmittel aufgrund Ihres Knies?

<i>Unmöglich.</i>	0
<i>Starke Probleme.</i>	1
<i>Mäßig.</i>	2
<i>Sehr wenig.</i>	3
<i>Überhaupt nicht.</i>	4

4. Wie lange haben Sie während der letzten vier Wochen zu Fuß gehen können bevor die Schmerzen in Ihrem Knie stark wurden? (mit oder ohne Gehstock)

<i>Überhaupt nicht, große Schmerzen beim Gehen.</i>	0
<i>Nur im Haus.</i>	1
<i>5-15 min.</i>	2
<i>16-30 min.</i>	3

Mehr als 30 min, kein Schmerz. 4

5. Wie groß waren während der letzten vier Wochen die Schmerzen in Ihrem Knie beim Aufstehen aus einem Stuhl nach dem Essen?

Unerträglich. 0

Starke Schmerzen. 1

Mäßig. 2

Sehr wenig. 3

Überhaupt keine Schmerzen. 4

6. Haben Sie innerhalb der letzten vier Wochen aufgrund Ihres Knies beim Gehen humpeln müssen?

Immer. 0

Meistens. 1

Oft. 2

Manchmal. 3

Nie. 4

7. Während der letzten vier Wochen, konnten Sie sich hinknien und anschließend wieder aufstehen?

Nein, unmöglich. 0

Mit größter Schwierigkeit. 1

Mit mäßiger Schwierigkeit. 2

Mit geringer Schwierigkeit. 3

Ja, leicht. 4

8. Hatten Sie während der letzten vier Wochen nachts im Bett Schmerzen in Ihrem Knie?

Jede Nacht. 0

Meistens. 1

Manchmal. 2

Nur an 1-2 Nächten. 3

Nein, niemals. 4

9. Wie stark schränkte Sie während der letzten vier Wochen Ihr Knieschmerz bei Ihrer täglichen Arbeit (Hausarbeit eingeschlossen) ein?

<i>Total.</i>	0
<i>Sehr.</i>	1
<i>Mäßig.</i>	2
<i>Ein bisschen.</i>	3
<i>Überhaupt nicht.</i>	4

10. Gab Ihr Knie während der letzten vier Wochen nach oder sind Sie unwillkürlich eingeknickt?

<i>Ständig.</i>	0
<i>Meistens.</i>	1
<i>Manchmal.</i>	2
<i>Selten.</i>	3
<i>Niemals.</i>	4

11. Während der letzten vier Wochen, konnten Sie Hausarbeit und Einkäufe selbstständig erledigen?

<i>Nein, unmöglich.</i>	0
<i>Mit größter Schwierigkeit.</i>	1
<i>Mit mäßiger Schwierigkeit.</i>	2
<i>Mit geringer Schwierigkeit.</i>	3
<i>Ja, leicht.</i>	4

12. Während der letzten vier Wochen, konnten Sie einen Treppenabsatz oder ein halbes Stockwerk herunter steigen?

<i>Nein, unmöglich.</i>	0
<i>Mit größter Schwierigkeit.</i>	1
<i>Mit mäßiger Schwierigkeit.</i>	2
<i>Mit geringer Schwierigkeit.</i>	3
<i>Ja, leicht.</i>	4

7.1.7. Toronto Extremity Salvage Score

Die folgende Liste führt Aktivitäten auf, welche im alltäglichen Leben häufig sind. Denken Sie an die Schwierigkeiten, die Sie auf Grund des derzeitigen Problems mit ihrem Bein bei jeder dieser Aktivitäten haben. Wählen Sie die Antwort, welche die Schwierigkeit mit der Aktivität während der letzten Woche am besten beschreibt. Falls Sie eine der aufgeführten Aktivitäten nicht ausüben, markieren Sie nicht zutreffend.

<i>Keinerlei Schwierigkeiten.</i>	4
<i>Geringe Schwierigkeiten.</i>	3
<i>Mäßige Schwierigkeiten.</i>	2
<i>Extreme Schwierigkeiten.</i>	1
<i>Unmöglich.</i>	0
<i>Nicht zutreffend</i>	X

1. Hosen anziehen.
2. Schuhe anziehen.
3. Socken oder Strumpfhose anziehen.
4. Duschen.
5. Leichte Tätigkeiten wie aufräumen oder abstauben.
6. Arbeiten im Garten oder Hof
7. Malzeiten zubereiten und servieren.
8. Einkaufen gehen.
9. Schwere Haushaltstätigkeiten wie staubsaugen oder Möbelstücke verrücken.
10. In eine oder aus einer Badewanne steigen.
11. Aus dem Bett aufstehen.
12. Von einem Stuhl aufstehen.
13. Knien.
14. Sich bücken, um etwas vom Boden aufzuheben.
15. Treppen hinauf gehen.
16. Treppen hinunter gehen.
17. Autofahren.
18. Im Haus oder in der Wohnung gehen.
19. Draußen gehen.

20. Sitzen.
21. Einen Hügel oder eine Rampe hinauf oder hinunter gehen.
22. Gerade stehen.
23. Aus dem Knien aufstehen.
24. In ein und aus einem Auto steigen.
25. Sexuelle Aktivitäten.
26. Meine üblichen arbeitspflichten erfüllen.
27. Meine übliche Arbeitszeit (Stunden) erfüllen.
28. An meinen üblichen Freizeitaktivitäten teilnehmen.
29. Kontakte mit Familie und Freunden pflegen.
30. An meinen üblichen Sportaktivitäten teilnehmen.

7.1.8. WOMAC

1. Schmerzen.

Denken Sie an die Schmerzen, die sie während der letzten 48 Stunden in Ihrem Problemgelenk hatten.

<i>Keine Schmerzen.</i>	<i>0</i>
<i>Wenig Schmerzen.</i>	<i>1</i>
<i>Mittlere Schmerzen.</i>	<i>2</i>
<i>Starke Schmerzen.</i>	<i>3</i>
<i>Extreme Schmerzen.</i>	<i>4</i>

Wie stark waren Ihre Schmerzen...

1.1. ...beim Gehen auf ebenem Boden?

1.2. ...beim Treppensteigen (hinauf oder hinunter)?

1.3. ...während Sie nachts im Bett lagen, d.h. Schmerzen, die Ihren Schlaf beeinträchtigten?

1.4. ...beim Sitzen oder Liegen?

1.5. ...beim aufrechten Stehen?

2. Steifigkeit.

Denken Sie an die Steifigkeit (nicht Schmerzen!), die Sie während der letzten 48 Stunden in Ihrem Problemgelenk hatten. Gelenksteifigkeit macht sich meistens als Verringerung der Beweglichkeit der Gelenke bemerkbar.

<i>Keine Steifigkeit.</i>	<i>0</i>
<i>Wenig Steifigkeit.</i>	<i>1</i>
<i>Mittlere Steifigkeit.</i>	<i>2</i>
<i>Starke Steifigkeit.</i>	<i>3</i>
<i>Extreme Steifigkeit.</i>	<i>4</i>

Wie stark war Ihre Gelenksteifigkeit...

2.1 ...nach dem ersten Aufwachen am Morgen?

2.2. ...später am Tag, nachdem Sie für eine Weile gegessen, gelegen oder sich ausgeruht hatten?

3. Schwierigkeiten beim Verrichten von Alltagstätigkeiten.

Denken Sie an die Schwierigkeiten, die Sie während der letzten 48 Stunden bei der Verrichtung, folgender körperlicher Alltagstätigkeiten aufgrund Ihres Problemgelenkes hatten! Gemeint ist damit die Fähigkeit, sich frei zu bewegen und sich zu versorgen.

<i>Keine Schwierigkeiten.</i>	0
<i>Wenig Schwierigkeiten.</i>	1
<i>Mittlere Schwierigkeiten.</i>	2
<i>Starke Schwierigkeiten.</i>	3
<i>Extreme Schwierigkeiten.</i>	4

Welche Schwierigkeiten hatten Sie...

3.1. ...beim Treppen herabsteigen?

3.2. ...beim Treppen hinaufsteigen?

3.3. ...aus sitzender Stellung aufzustehen?

3.4. ...zu stehen?

3.5. ...sich herunterzubeugen, um etwas vom Boden aufzuheben?

3.6. ...auf ebenem Boden zu gehen?

3.7. ...in das Auto oder in den Bus ein- oder auszusteigen?

3.8. ...einkaufen zu gehen?

3.9. ...Socken, Strümpfe oder Strumpfhosen anzuziehen?

3.10. ...aus dem Bett zu steigen?

3.11. ...Socken, Strümpfe oder Strumpfhosen auszuziehen?

3.12. ...im Bett zu liegen?

3.13. ...in die Badewanne zu steigen, sich darin hinzusetzen oder aus der Badewanne zu kommen?

3.14. ...lange zu sitzen?

3.15. ...sich auf die Toilette zu setzen oder davon aufzustehen?

3.16. ...schwere Haushaltstätigkeiten zu verrichten?

3.17. ...leichte Haushaltstätigkeiten zu verrichten?

7.2. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:ESKA Modularsystem München Lübeck.	9
Abbildung 2: Anzahl der männlichen und weiblichen Tumor und Revisionspatienten.	10
Abbildung 3: Unterteilung der bösartigen primären Knochentumore	11
Abbildung 4: Unterteilung der bösartigen primären Weichteiltumore.	11
Abbildung 5: Anteil in % der unterschiedlichen Tumore in der Tumorgruppe.	12
Abbildung 6: Zeit in Monaten aller Patienten aus der funktionellen Nachuntersuchung von der Operation bis zur Nachuntersuchung.	23
Abbildung 7: Body-Mass- Index (BMI) der Tumor und Revisionspatienten im Vergleich.	24
Abbildung 8: Anteil der Patienten welche die Behandlung weiterempfehlen würden.	26
Abbildung 9: Numerische Rating Skala (NRS) Schmerz-Boxplot der Revisions- und Tumorgruppe präoperativ im Vergleich.	27
Abbildung 10: Numerische Rating Skala (NRS) Schmerz-Boxplot der Revisions- und Tumorgruppe aktuell im Vergleich.	27
Abbildung 11: Boxplot der körperliche Summenskala (KSS) des Short Form 12 (SF12) Fragebogens zwischen Tumor und Revisionspatienten im Vergleich.	28
Abbildung 12: Boxplot der psychische Summenskala (PSS) des Short Form 12 (SF12) Fragebogens zwischen Tumor und Revisionspatienten im Vergleich.	28
Abbildung 13: Revisionsgruppe im Vergleich der Mittelwerte von psychischer und körperlicher Summenskala (PSS und KSS) mit der Normpopulation der BRD.	29
Abbildung 14: Tumorgruppe im Vergleich der Mittelwerte von psychischer und körperlicher Summenskala (PSS und KSS) mit der Normpopulation der BRD.	29
Abbildung 15: Short Form 12 (SF 12) Health Survey, Körperliche Summenskala von Tumor- und Revisionsgruppe, Gesamtdurchschnitt und Normpopulation im Vergleich.	29

Abbildung 16: Short Form 12 (SF 12) Health Survey, Psychische Summenskala von Tumor- und Revisionsgruppe, Gesamtdurchschnitt und Normpopulation im Vergleich.	30
Abbildung 17: Boxplot zur Darstellung der präoperativen Musculoskeletal Tumor Society Score (MSTS) Punktzahl / Gesamtpunktzahl für Tumor und Revisionspatienten.	31
Abbildung 18: Boxplot zur Darstellung der aktuellen Musculoskeletal Tumor Society Score (MSTS) Punktzahl / Gesamtpunktzahl für Tumor und Revisionspatienten.	31
Abbildung 19: Musculoskeletal Tumor Society Score (MSTS) Darstellung der Einzelfragen präoperativ für Tumor und Revisionsgruppe im Vergleich.	32
Abbildung 20: Musculoskeletal Tumor Society Score (MSTS) Darstellung der Einzelfragen aktuell für Tumor und Revisionsgruppe im Vergleich.	32
Abbildung 21: Boxplot zur Darstellung des -American Knee Score für Tumor und Revision im Vergleich.	33
Abbildung 22: Einzelfragen und Gesamt Ergebnisse des American Knee Score für Tumor und Revisionsgruppe im Vergleich.	33
Abbildung 23: Boxplot des Oxford Knee Score für Tumor und Revisionsgruppe im Vergleich.	34
Abbildung 24: Oxford Knee Score-Einzelfragen für Tumor und Revisionsgruppe im Vergleich.	34
Abbildung 25: Einzelfragen des Toronto Extremity Salvage Score (TESS) für Tumor und Revisionsgruppe.	36
Abbildung 26: Boxplot des Toronto Extremity Salvage Score (TESS) für Tumor und Revisionsgruppe im Vergleich.	37
Abbildung 27: Ergebnisse der Einzelfragen des Western Ontario and McMasters Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) für Tumor und Revisionspatienten im Vergleich.	38
Abbildung 28: Boxplot des Western Ontario and McMasters Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), Gesamtergebniss für Tumor und Revisionsgruppe im Vergleich	39

Abbildung 29: Boxplot des Western Ontario and McMasters Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), Abschnitt 1 für Tumor und Revisionsgruppe im Vergleich.	40
Abbildung 30: Boxplot des Western Ontario and McMasters Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), Abschnitt 2 für Tumor und Revisionsgruppe im Vergleich.	40
Abbildung 31: Boxplot des Western Ontario and McMasters Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), Abschnitt 3 für Tumor und Revisionsgruppe im Vergleich.	40
Abbildung 32: Vergleich zwischen den Gruppen Tumor und Revision als auch der Tumor und Revisionsgruppe distaler Femur und proximaler Femurersatz beim American Knee Score.	41
Abbildung 33: Vergleich zwischen der Tumor und Revisionsgruppe als auch der Tumor und Revisionsgruppe distaler Femur und proximaler Tibiaersatz beim Oxford Knee Score.	42
Abbildung 34: Vergleich zwischen der Tumor und Revisionsgruppe als auch der Tumor und Revisionsgruppe distaler Femur und proximaler Tibiaersatz bei der Frage 7 des Oxford Knee Score.	43
Abbildung 35: Vergleich der Toronto Extremity Salvage Score Boxplots der Tumor und Revisionsgruppe mit der Tumor und Revisionsgruppe distaler Femur und proximaler Tibiaersatz.	43
Abbildung 36: American Knee Score. Ergebnisse in Abhängigkeit vom Durchschnittsalter mit Trendlinie und Bestimmtheitsmaß R^2 . Zu den einzelnen Altersgruppen wurde der Standardfehler aufgetragen.	44
Abbildung 37: Numerische Rating Scala (NRS) Schmerz. Ergebnisse in Abhängigkeit vom Durchschnittsalter mit Trendlinie und Bestimmtheitsmaß R^2 . Zu den einzelnen Altersgruppen wurde der Standardfehler aufgetragen.	44
Abbildung 38: Toronto Extremity Salvage Score. Ergebnisse in Abhängigkeit vom Durchschnittsalter mit Trendlinie und Bestimmtheitsmaß R^2 . Zu den einzelnen Altersgruppen wurde der Standardfehler aufgetragen.	45
Abbildung 39: Toronto Extremity Salvage Score. Ergebnisse in Abhängigkeit vom Durchschnittsalter mit Trendlinie und Bestimmtheitsmaß R^2 . Zu den einzelnen Altersgruppen wurde der Standardfehler aufgetragen.	45

Abbildung 40: Körperliche und Psychische Gesundheit der Patienten im Vergleich zu den Normwerten der Körperlichen und Psychischen Gesundheit der BRD, Ergebnisse in Abhängigkeit vom Durchschnittsalter mit Trendlinie und Bestimmtheitsmaß R^2 . Zu den einzelnen Altersgruppen der Patienten wurde der Standardfehler aufgetragen.	46
Abbildung 41: Numerische Rating Skala Schmerz in Abhängigkeit vom Alter für Tumor und Revisionspatienten. Ergebnisse mit Trendlinie und Bestimmtheitsmaß R^2 . Zu den einzelnen Altersgruppen der Patienten wurde der Standardfehler aufgetragen.	47
Abbildung 42: Toronto Extremity Salvage Score (TESS) in Abhängigkeit vom Alter für Tumor und Revisionspatienten. Ergebnisse mit Trendlinie und Bestimmtheitsmaß R^2 . Zu den einzelnen Altersgruppen der Patienten wurde der Standardfehler aufgetragen.	47
Abbildung 43: Körperliche Summenscore des Short Form 12 Fragebogens in Abhängigkeit vom Alter für Tumor und Revisionspatienten. Ergebnisse mit Trendlinie und Bestimmtheitsmaß R^2 .	48
Abbildung 44: Oxford Knee Score in Abhängigkeit vom Alter für Tumor und Revisionspatienten. Ergebnisse mit Trendlinie und Bestimmtheitsmaß R^2 .	48
Abbildung 45: Psychischer Summenscore des Short Form 12 Fragebogens in Abhängigkeit vom Alter für Tumor und Revisionspatienten. Ergebnisse mit Trendlinie und Bestimmtheitsmaß R^2 .	49
Abbildung 46: American Knee Score in Abhängigkeit vom Alter für Tumor und Revisionspatienten. Ergebnisse mit Trendlinie und Bestimmtheitsmaß R^2 .	49
Abbildung 47: Kumulative Standzeit der Modularen System München Lübeck (MML) Prothese in Monaten bei der Tumor und Revisionsgruppe und im Vergleich.	52
Abbildung 48: Kumulative Standzeit in Monaten der Modularen System München Lübeck (MML) Prothese aller Patienten	53

7.3. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einteilung der Tumore.	11
Tabelle 2: Einteilung der Revisionsgruppe nach Diagnose welche zur Implantation der MML- Prothese führte.	13
Tabelle 3: Gruppeneinteilung der Patienten nach Alter in 6 gleichgroße Gruppen.	21
Tabelle 4: Einteilung der Gruppen nach Tumor und Revision und dem Alter.	22
Tabelle 5: Die Globale Zufriedenheit der Patienten mit der Behandlung.	25
Tabelle 6: Gruppeneinteilung in 6 gleichmäßige Gruppen nach dem Durchschnittsalter.	44
Tabelle 7: Einteilung der Komplikationen nach der Hendersen Klassifikation.	50
Tabelle 8: Anzahl der Komplikationen in Tumor und Revisionsgruppe (in Prozent bezogen auf die Gesamtanzahl der Komplikationen aus der jeweiligen Gruppe).	51

7.4. Danksagung

Herzlich bedanken möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Rüdiger von Eisenhart Rothe für die Überlassung des Themas.

Besonders möchte ich mich für die gute und kritische Betreuung bei Herrn Dr. Andreas Toepfer bedanken, welcher mir jederzeit und in allen Belangen ein unverzichtbarer Ansprechpartner und Freund war.

Mein Dank gilt außerdem meiner Familie, die mich in jeglicher Hinsicht unterstützten.

7.5. Lebenslauf

Paul-Ruben Schwarz

06.02.1985	Geboren in Potsdam
1998 – 2005	Gymnasium in Kleinmachnow
2005 – 2006	Zivildienst im Kinderheim in Vavunya, Sri Lanka
2006 - 2008	Studium der Humanmedizin, vorklinischer Teil an der Universität Ulm
2009 - 2010	Auslandssemester an der Universidad de La Laguna, Teneriffa
2008 - 2012	Studium der Humanmedizin, klinischer Teil an der Universität Ulm
2012 – 2013	Praktisches Jahr an der Technischen Universität München
2014 - 2015	Assistenzarzt, Schön Klinik München Harlaching, Abteilung für Orthopädie/ Wirbelsäulenchirurgie (Prof. Dr. M. Mayer)
seit 2015	Assistenzarzt, Klinikum Garmisch-Partenkirchen Abteilung für Orthopädie/ Gelenkersatz (Dr. C. Fulghum)