

Mentales Training
in der orthopädischen Rehabilitation nach Knieendoprothetik

Inauguraldissertation

zur Erlangung des akademischen Grades eines Dr. phil.
an der Fakultät für Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaften
der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg

Erstgutachter: Prof. Dr. Hans Eberspächer

Zweitgutachter: Prof. Dr. Karlheinz Sonntag

Dipl.-Psych./St.R. Marie Ottilie Frenkel

Erstellung: Frankfurt, im Mai 2009
Tag der mündlichen Prüfung: 7. September 2009
Publikation: Heidelberg, im Januar 2010

Danksagungen

Mein Dank gebührt in erster Linie Prof. Dr. Hans Eberspächer, dafür, dass er mich wegweisend in den letzten 10 Jahren unterstützt hat. Er war es, der die Begeisterung über die (Sport-)Psychologie in mir weckte. Mit seinem Zuspruch, seinen Anregungen und Erfahrungen hat er mich geduldig und engagiert gefördert.

Durch seine auf den Punkt gebrachte konstruktive Kritik hat er das Gelingen dieser Arbeit maßgeblich beeinflusst.

Bei Prof. Dr. Karlheinz Sonntag bedanke ich mich für die bereitwillige Übernahme der Zweitbegutachtung.

Meinen besonderen Dank möchte ich Dr. Klaus Rogge für seine fachliche und persönliche Unterstützung aussprechen. Er lehrte mich der Methodenlehre als Herausforderung zu begegnen und unterstützte die Umsetzung dieser Arbeit durch zahlreiche Aussprachen.

Bei Prof. Dr. med. Hajo Thermann, der das Gelingen der Studien ermöglicht hat, bedanke ich mich für sein persönliches Engagement und für die unkomplizierte Zusammenarbeit in der Klinik. Den Patienten, die sich trotz ihrer Erkrankung zur Mitarbeit an diesen Studien entschlossen haben, ebenso Anne Kurle, Verena Freigerber, Sylvia Hermann und Sven Koritnik, die an Teilen der Studien mitgewirkt haben, fühle ich mich zu Dank verpflichtet.

Ohne die großzügige Hilfe und Unterstützung meiner Familie und meiner Freunde, insbesondere meines Ehemannes Sebastian, wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen. Sie alle haben mir geduldig und ausdauernd mit ihrem Zuspruch und ihren Anregungen in einer intensiven Zeit zur Seite gestanden. Für langwieriges und sorgfältiges Korrekturlesen danke ich Anne Schubert und meinem Schwiegervater Prof. Dr. Ekkehard Frenkel.

Dank gilt nicht zuletzt Johann und Johanna Schneider, meinen Eltern, die viele Entbehrungen ertragen mussten, aber unentwegt zu meiner Studierfreude unterstützend und motivierend beitrugen. In dem Wissen um die dafür benötigte Kraft, möchte ich ihnen mit dieser Arbeit aus ganzem Herzen danken.

Zusammenfassung

Mentales Training (Eberspächer, 1990, 2007) wird als kosteneffizientes zusätzliches Mittel in der orthopädischen und der neurologischen Rehabilitation propagiert. Es stimuliert Bewegungsrepräsentationen (*Neuronale Simulationstheorie*, Jeannerod, 1994) und kann dadurch den Rehabilitationsprozess unterstützen. Für Patienten nach Knieendoprothetik wurde ein Mentales Trainingsprogramm ergänzt durch *Spiegeltherapie* (Ramachandran, 2005) konzipiert. Mehrere Evaluationsstudien untersuchten seine Effektivität. Vorrangiges Ziel war die Verbesserung der *Flexion*. Der Therapieverlauf von 66 Patienten ($M = 63,3$ Jahre, $SD = 9,04$) wurde über ein halbes Jahr hinweg dokumentiert. Nach der Operation trainierten die Experimentalgruppen mental und mit Spiegel, während die Kontrollgruppen im gleichen Umfang, die gleichen Übungen rein physisch übten. In der nach Random-Anordnung durchgeführten Untersuchung mit 5-maliger Messwiederholung wurden u.a. die Kriterien *Flexion*, *Gangbild*, *Symptome/Funktion* und *Krankheitsbewältigung* erhoben. Die Experimentalgruppen zeichneten sich durch signifikant bessere Werte bzgl. der *Flexion* aus. Mentales Training ergänzt durch Spiegeltraining stellt für die Therapie in der orthopädischen Rehabilitation einen erfolgsversprechenden Bestandteil dar.

Schlagwörter: Mentales Training–Spiegeltraining–Knieendoprothetik–orthopädische Rehabilitation

Abstract

Many research groups recommend *mental practice* (Eberspächer, 1990, 2007) as a cost-effective additional means in orthopaedic and neurological rehabilitation. It is supposed to stimulate representations of movements (*theory of functional equivalence of motor imagery and motor execution*, Jeannerod, 1994) and thus support rehabilitation. For patients having a knee endoprosthesis implanted a mental training programme supplemented by *mirror visual feedback* (Ramachandran, 2005) was developed. Several evaluative studies have investigated its effectiveness. The primary aim of this programme was to improve the range of movement in the patients' knee *flexion*. The therapeutic process of 66 patients ($m = 63.3$ years, $SD = 9.04$) was monitored over half a year. After the operation, the experimental groups conducted physiotherapeutic exercises mentally and with the mirror (MT). The control group completed the same exercises physically (PT). In the investigation, which was carried out in random order and with 5-fold repetition of measuring, the criteria surveyed were, amongst others, *flexion, gait parameters, physical function/symptoms* and the degree of *coping with the disease*. With regard to the main criterion of *flexion*, the MT groups attained values significantly higher than those of the PT groups. The analysis supports the hypothesis that patients who exercise mentally, perform better with regard to the criterion of *flexion*. Mental training supplemented by mirror therapy can be regarded as a promising therapy component in orthopaedic rehabilitation.

Key words: mental practice–mirror visual feedback–knee endoprosthesis–orthopaedic rehabilitation

Abkürzungsverzeichnis

ADL: *Activities of Daily Living*

ARAT: *Action Research Arm Test*,

Aufl.: Auflage (aktual.: aktualisierte/durges.: durgesehene/erw.: erweiterte/überarb.: überarbeitete Auflage)

AV: abhängige Variable

AV-Pool₁: ersten Pools von abhängigen Variablen

CMI: *Controllability of Motor Imagery Test*

CTT: *Color Trail Test*

EEG: Elektroenzephalografie

EMG: Elektromyografie

EG: Experimentalgruppe

FKV-LIS-SE: *Freiburger Fragebogen zur Krankheitsverarbeitung, Kurzversion, Selbsteinschätzung*

FMA: *Fugl-Meyer Assessment*

fMRT: funktioneller Magnetresonanztomografie

H: Häufigkeit

Int_{V1}: erste Interventionssitzung (1 Tag vor der Operation)

Int_{N1}: zweite Interventionssitzung (2 Tage nach der Operation)

Int_{N2}: dritte Interventionssitzung (5 Tage nach der Operation)

Int_{N3}: vierte Interventionssitzung (8 Tage nach der Operation)

Int_{N4}: fünfte Interventionssitzung (12 Tage nach der Operation)

KG: Kontrollgruppe

KVIQ: *Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire*

M: Mittelwert

MAL: *Motor Activity Log*

marg. sign.: marginal signifikant

Max: Maximum

MEG: Magnetenzephalografie

Min: Minimum

MIQ: *Movement Imagery Questionnaire*

MIQ-R: *Movement Imagery Questionnaire Revised*

MIQ-RS *Movement Imagery Questionnaire Revised Second Version*

mod.: modifiziert

n: Fallzahl pro Zelle

PET: Positronenemissionstomografie

RLOC: *Recovery Locus of Control Scale*

sign.: significant (Es gelten konventionelle Grenzwerte: $p \leq 0.10$ = marginal signifikant, $p \leq 0.05$ = signifikant/*, $p \leq 0.01$ = hoch signifikant/**, $p \leq 0.001$ = höchst signifikant /***)

SD: Standardabweichung

SWE: *Selbstwirksamkeitserwartung*

t_{V1}: erster Messzeitpunkt (1 Tag vor der Operation)

t_{N1}: zweiter Messzeitpunkt (2 Tage nach der Operation)

t_{N2}: dritter Messzeitpunkt (2 Wochen nach der Operation)

t_{N3}: vierter Messzeitpunkt (6 Wochen nach der Operation)

t_{N4}: fünfter Messzeitpunkt (6 Monate nach der Operation)

TMS: transkranielle Magnetstimulation

TOEA: *Test of Everyday Attention*

TUG: *Timed-Up-and-Go test*

VMIQ: *Vividness of Motor Imagery Questionnaire*

WOMAC: *Western-Ontario-and-McMaster-Universities-Athrose-Index*

ZUF-8: *Zufriedenheitsfragebogen, Kurzversion*

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
Kapitel 1 <i>Theorie und Empirie des Mentalen Trainings</i>	3
1.1 Begriffsbestimmungen	3
1.2 Frühe Erklärungsansätze: spezifische Hypothesen nach Heuer	7
1.3 Empirischer Nachweis der lern- und leistungssteigernden Wirkung des Mentalen Trainings	11
1.3.1 Hauptergebnis der Metaanalysen	12
1.3.2 Spezielle Ergebnisse der Metaanalysen	13
1.3.3 Kritik an Metaanalysen	17
1.4 Aktueller neurophysiologischer Erklärungsansatz: Neuronale Simulationstheorie nach Jeannerod	18
1.4.1 Neurophysiologische Grundlagen des sensomotorischen Systems & des motorischen Lernens	19
1.4.2 Interne Handlungsrepräsentationen	30
1.4.3 Das Modell der Funktionalen Äquivalenz	31
1.5 Empirische Befunde zur Neuronalen Simulationstheorie	32
1.5.1 Kinematische Merkmale der Bewegungsvorstellung	33
1.5.2 Dynamische Veränderung in physiologischen Parametern während Bewegungsvorstellung	36
1.5.3 Zentralnervöse Veränderungen durch Bewegungsvorstellung	39
1.5.4 Moderatorvariablen	46
Kapitel 2 <i>Anwendung des Mentalen Trainings</i>	55
2.1 Mentales Training im Leistungssport	55
2.1.1 Heuristik zum Mentalen Training, Voraussetzungen und Trainingsprinzipien	55
2.1.2 Modell zum Aufbau der Bewegungsvorstellung	60
2.1.3 Anwendungsfelder des Mentalen Trainings	62
2.2 Wirkungsweisen des Mentalen Trainings in der Rehabilitation verletzter Spitzensportler	64
2.3 Wirkungsweisen des Mentalen Trainings in der neurologischen Rehabilitation	67
2.3.1 Mentales Training nach Schlaganfall	76
2.3.2 Exkurs: Spiegeltraining	84
2.4 Wirkungsweisen des Mentalen Trainings in der orthopädischen Rehabilitation	92

Kapitel 3 <i>Evaluationsstudien</i>	97
3.1 Vorbemerkungen zum Untersuchungsgegenstand	98
3.1.1 Knieendoprothetik.....	99
3.1.2 Heuristik zum Mentalen Training nach Implantation einer Knieendoprothese.....	105
3.1.3 Spiegeltraining nach Implantation einer Knieendoprothese.....	108
3.2 Fragestellung der Pilot- und der Hauptstudie.....	110
3.3 Erste Projektphase: Pilotstudien.....	111
3.4 Zweite Projektphase: Hauptstudien.....	111
3.4.1 Hypothesen.....	112
3.4.2 Methodik	114
3.4.2.1 Stichprobe	114
3.4.2.2 Untersuchungsplan und Untersuchungsablauf.....	118
3.4.2.3 Evaluationskriterien und Messinstrumente	125
3.4.2.4 Zwischenbilanz der Pilotstudien und Neuerungen in den Hauptstudien.....	133
3.4.2.5 Umstrukturierung der Variablen und statistische Analysen.....	135
3.4.3 Ergebnisse	138
3.4.3.1 Deskriptive Auswertung der Hauptstudie 1	139
3.4.3.2 Deskriptive Auswertung der Hauptstudie 2	165
3.4.3.3 Inferenzstatistik der Hauptstudie 1	190
3.4.3.4 Inferenzstatistik der Hauptstudie 2	200
3.5 Zusammenfassung der Ergebnisse	207
3.6 Methodenkritik.....	214
3.7 Diskussion.....	218
Kapitel 4 <i>Zusammenfassung und Ausblick</i>	224
Literaturverzeichnis.....	231
Anhang.....	249
Tabellen- und Abbildungsverzeichnis.....	289

Einleitung

Der Erhalt der körperlichen Leistungsfähigkeit und Mobilität bis ins hohe Alter zählt zu den großen medizinischen Herausforderungen. Die Zahl chronischer-degenerativer Erkrankungen und die damit verbundenen Kosten im Gesundheitssystem stiegen im demografischen Wandel der Industrieländer rasant an. Im Falle der Rehabilitation nach Kniegelenkersatz ist daher eine ständige Optimierung des Versorgungsprozesses nach modernen gesundheitswissenschaftlichen Erkenntnissen unerlässlich geworden. Die Dissertation befasst sich mit einem innovativen Therapieansatz, dem *Mentalen Training* nach Eberspächer (1990, 2007, 7., durchges. Neuaufl.), einer im Hochleistungssport etablierten sportpsychologischen Trainingsform zur Optimierung von Bewegungen. Patienten weisen nach Implantation einer Knieendoprothese in der akut postoperativen Phase eine eingeschränkte Beweglichkeit im Kniegelenk, koordinative und muskuläre Defizite auf. In der Rehabilitation müssen sie Alltagsbewegungen bzw. das Gehen neu erlernen sowie angewöhnte Schonhaltungen überwinden. *Kann Mentales Training, zusätzlich zur herkömmlichen Therapie angewendet, die Bewegungskonsequenz dieser Patienten positiv unterstützen?*

Vor dem Hintergrund dieser Frage wurde in einem Kooperationsprojekt zwischen der ehemals von Prof. Dr. Hans Eberspächer geleiteten Abteilung *Sportpsychologie* des *Instituts für Sport und Sportwissenschaft* der *Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg*, unter Mitwirkung von Prof. Dr. Jan Mayer, und dem von Prof. Dr. med. Hajo Thermann betriebenen *Zentrum für Knie- und Fußchirurgie* in der *ATOS-Praxisklinik Heidelberg* das Mentale Training mit der Intention modifiziert, die Anwendung dieser Trainingsmethode auch in der Rehabilitation zu ermöglichen. Die Studien wurden von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät Heidelberg unter der Nummer S-395/2008 genehmigt.

Die Realisation des Projektes erfolgte in zwei Schritten: In einer ersten Projektphase wurde das Therapiekonzept entwickelt und in zwei Pilotstudien evaluiert. Daraus wurden optimierte Maßnahmen abgeleitet, sodass in einer zweiten Projektphase zwei Hauptstudien im Längsschnittdesign stattfinden konnten.

Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit ist es, die Entwicklung des neuen, kosteneffizienten Therapieverfahrens zu beschreiben sowie die zur Überprüfung der Wirksamkeit durchgeführten Hauptstudien zu evaluieren. Die kognitive Intervention sollte zu einer

Bewegungsoptimierung im Kniegelenk bzw. beim Gehen und damit zu einer schnelleren, nachhaltigeren (überdauernden) Genesung führen. Das Trainingsprogramm mit Schwerpunkt auf Mentalem Training beinhaltet neben der vorgeschalteten Entspannung ein in der orthopädischen Rehabilitation erstmals in dieser Kombination eingesetztes Spiegeltraining (Ramachandran, 2005). Das Ziel ist es zu überprüfen, ob Mentales Training in der Rehabilitation positiv effektfördernd ist. Der Transfer setzt zunächst eine kritische Auseinandersetzung mit dem aktuellen Forschungsstand zum Mentalen Training voraus.

In Kapitel 1 *Theorie und Empirie des Mentalen Trainings* werden wesentliche theoretische Erklärungsansätze der Wirkmechanismen des Mentalen Trainings und empirische Befunde diskutiert. Dabei werden in der ersten Hälfte des Kapitels frühe Erklärungsansätze für die lern- und leistungssteigernden Effekte erläutert und auf ihre Relevanz überprüft. Ausgehend von der Frage, ob Mentales Training in der Praxis die Leistung tatsächlich verbessern kann, folgt der empirische Nachweis der Wirksamkeit, der mit Hilfe metaanalytischer Verfahren erbracht wird. In der zweiten Hälfte des Kapitels wird der aktuelle neurophysiologische Erklärungsansatz mit Schwerpunkt auf der *Neuronalen Simulationstheorie* (Jeannerod, 1994, 2006) erörtert. Empirische Befunde zum Modell der *Funktionalen Äquivalenz* werden ausführlich vorgestellt.

In Kapitel 2 *Anwendung des Mentalen Trainings* wird aus sportpsychologischer Sicht die praktische Arbeit mit dem *Modell zum Aufbau der Bewegungsvorstellung* (Eberspächer, 2007) dargestellt und es wird auf die vielfältige Anwendung bspw. in der Rehabilitation verletzter Spitzensportler, der neurologischen und der orthopädisch-traumatologischen Rehabilitation verwiesen. Im Kontext neurologischer Rehabilitation wird die Diskussion der Befunde zum Spiegeltraining integriert.

Im Zentrum der Dissertation stehen zwei randomisierte klinische Längsschnittuntersuchungen zum Transfer des mentalen Trainings in die orthopädische Rehabilitation nach Knieendoprothetik. In Kapitel 3 *Evaluationsstudien* werden Untersuchungsgegenstand, Fragestellung sowie Hypothesen begründet. Vor diesem Hintergrund werden Methodik und Ergebnisse erörtert.

In Kapitel 4 *Zusammenfassung und Ausblick* wird ein Überblick über diese Arbeit und weitere geplante Projekte gegeben. Abschließend wird aufgezeigt, welche Perspektiven das Mentale Training im Lichte eines interdisziplinären Forschungsbereichs eröffnet.

Kapitel 1 *Theorie und Empirie des Mentalen Trainings*

Im ersten Kapitel werden wesentliche Grundlagen des Forschungsbereichs Mentales Training aufgearbeitet. Vorab ermöglichen *Begriffsbestimmungen* (Abschn. 1.1) die Eingrenzung des Untersuchungsphänomens und die Erstellung einer Definition des Mentalen Trainings. Im Anschluss daran werden theoretische Erklärungsansätze der Wirkmechanismen des Mentalen Trainings und empirische Befunde diskutiert. Im Einzelnen handelt es sich hierbei um die *Frühen Erklärungsansätze* nach Heuer (1985) (Abschn.1.2) und den *Empirischen Nachweis der lern- und leistungssteigernden Wirkung des Mentalen Trainings* (Abschn. 1.3) sowie um eine Sammlung theoretischer Erkenntnisse, die im Rahmen des *Aktuellen neurophysiologischen Erklärungsansatzes* nach Jeannerod (1994, 2006) unter dem Namen *Neuronale Simulationstheorie* (Abschn.1.4) bekannt geworden sind. Dieser theoretische Ansatz konnte aus einer Vielfalt moderner neurowissenschaftlicher Studien, zusammengefasst unter *empirische Befunde zur Neuronalen Simulationstheorie* (s. Abschn. 1.5), abgeleitet werden. Somit liefert dieses Kapitel den theoretischen Rahmen, in dem die Effekte der vorliegenden Evaluationsstudien erklärt werden sollen.

1.1 *Begriffsbestimmungen*

Menschen besitzen die Fähigkeit eine mentale Entsprechung von perzeptuellen oder motorischen Ereignissen zu erzeugen, ohne dazu einen externen Stimulus zu benötigen. Diese Fähigkeit ist uns unter dem Begriff *Vorstellung* geläufig (Jackson, Lafleur, Malouin, Richards & Doyon, 2001). Jeder *Vorstellung* liegt eine *interne Repräsentation* zu Grunde (Hacker, 1983). Beim Mentalen Training wird eine Bewegung bzw. eine Handlung in der *Vorstellung* simuliert, ohne dass sie gleichzeitig ausgeführt wird (Eberspächer, 1990). Wiederholte Bewegungsvorstellung differenziert die interne Bewegungsrepräsentation, was sich wiederum in einer Verbesserung der Bewegungsausführung niederschlägt. Im Folgenden wird daher zunächst auf den Begriff *Vorstellung* und seine Funktion eingegangen. Im Anschluss wird der Begriff *Repräsentation* geklärt. Eine Bestimmung und Einordnung des Begriffs *Mentales Training* schließt sich an.

Vorstellungen sind „wahrnehmungsartige“ Prozesse ohne einen entsprechenden sensorischen Input (Annett, 1995; Munzert & Reiser, 2007). Ferner sind Vorstellungen subjektiv erfahrbare Phänomene: Die Person erzeugt bestimmte Vorstellungsinhalte, die in dem Moment nur in ihrem Kopf existieren, die jedoch reale sensorische und perzeptive Erfahrungen nachahmen können. Das Produkt einer *Vorstellung* kann eine authentische Sinneswahrnehmung oder

perzeptuelle Erfahrung sein (Richardson, 1969). Neben der Intentionalität ist ein wichtiger Aspekt des hier verwendeten Vorstellungsbegriffes die Bewusstheit. Im Kontext bewegungsbezogener Vorstellungen hat man es in der Regel mit intentional regulierten Prozessen und mit bewussten Vorstellungsinhalten zu tun. Dadurch unterscheiden sich Vorstellungen von Träumen oder Tagträumen (Richardson, 1969).

Vorstellungen kommen in unterschiedlichen Wahrnehmungsmodalitäten vor: visuell, akustisch, kinästhetisch oder sprachlich. Dies bedeutet, dass man sich mit allen Sinnen bestimmte Situationen intensiv vorstellen kann. Die dazugehörigen Farben, Geräusche, Empfindungen oder Ausdrücke erscheinen dabei „vor dem inneren Auge“. Solche Sinneseindrücke können aber auch so eng mit Situationen und Handlungen verbunden sein, dass deren Wahrnehmung bestimmte Vorstellungen hervorrufen (Eberspächer, 2007).

Bewegungsvorstellungen werden durch ihren spezifischen Inhalt und die Modalität gekennzeichnet (Munzert & Reiser, 2007). *Kinästhetische Bewegungsvorstellungen* weisen „Bewegungsgefühle“ auf, die denen bei der Ausführung der Bewegung entsprechen (Naito et al., 2002). *Visuelle Bewegungsvorstellungen* umfassen einen „filmartigen“ Ablauf der Bewegung. Je nach Bewegungsaufgabe ergeben sich Unterschiede im spezifischen Inhalt und in der Gewichtung der Sinnesmodalität.

Vorstellungen, verstanden als interne Repräsentation der äußeren Welt, haben handlungssteuernde Funktion. Der griechische Philosoph Epiktet (um 50-138 n. Chr.) erkannte, dass menschliches Handeln intern, von Vorstellungen reguliert wird. Er schrieb „Nicht die Dinge selbst, sondern die Sicht der Dinge beeinflusst menschliches Handeln“ (sinngemäß entnommen aus Eberspächer, 1998, S. 13). Dieser Ausspruch gilt noch heute als eines der Grundprinzipien der Sozialpsychologie: Jeder Mensch konstruiert sein eigenes Bild von der sozialen Welt, in Abhängigkeit von diesem subjektiven Bild entstehen Gefühle, Gedanken, Bewertungen und in Abhängigkeit dessen handelt man (Smith & Mackie, 2000). Handeln wird also nicht durch eine direkte Erfahrung der objektiven Welt, sondern durch die Konstruktion eines subjektiven Modells der gegebenen Situation, in Epiktets Worte durch die „Sicht der Dinge“ beeinflusst und gesteuert. Somit wird einsichtig, dass Prozesse der Vorstellungsregulation für das Handeln von größter Wichtigkeit sind. Situations- und anforderungsgerechte Vorstellungen ermöglichen den Entwurf eines Handlungsplans sowie die Strukturierung der Handlungsausführung und können damit die Handlungsausführung vereinfachen und deutlich verbessern (Eberspächer, 2007).

Von dem Wissen über Vorstellungsregulation profitiert man seit langem im Sport. Viele Spitzenathleten trainieren nicht nur körperlich, sondern auch mental und verfolgen damit das Ziel ihren Geist und ihren Körper zu synchronisieren (Eberspächer, 2007). Mentale Prozesse

sollen durch Synchronisation ausgeführte Bewegungen unterstützen. Vorstellungen können gezielt dazu eingesetzt werden Gedanken und Wissen so zu strukturieren, dass man sie bei Bedarf ohne großen Aufwand direkt abrufen kann. Je genauer im Vorstellungsprozess die zum situationsspezifischen Handeln notwendigen Schritte ausgearbeitet sind, je detailreicher und zuverlässiger also die *mentale Landkarte* (Eberspächer, 2004a) ist, desto effektiver lässt sich ein Handlungsentwurf in die Tat umsetzen. Mentales Training versteht Vorstellungen als *innere Navigationssysteme* (Eberspächer, 2008) und setzt diese gezielt ein. Bevor in den nachstehenden Abschnitten der Begriff *Mentales Training* genauer erläutert wird, bedarf zunächst der Begriff der *Repräsentation* näherer Erläuterung.

Neuronale sensomotorische Prozesse stellen eine notwendige Bedingung für die Ausführung einer Willkürbewegung, verstanden als eine sportliche Handlung, dar. Der menschliche Körper bewegt sich objektiv registrierbar im Raum aufgrund interner neurophysiologischer und psychologischer Steuerungs- und Funktionsprozesse (Daugis & Blischke, 1996). Willkürbewegungen sind also von kognitiven Prozessen nicht zu trennen. Das Erlernen und Optimieren einfacher sowie komplexer Bewegungen ist stets an kognitive Prozesse gekoppelt. Auch im Rahmen der Motorikforschung werden unterschiedliche Theorien für das Verständnis der Entstehung und Regulation von Bewegung diskutiert (Engelkamp & Pechmann, 1993; Kassat, 1998; Meijer & Roth, 1988; vgl. Abschn. 1.2 und Abschn. 1.4.1). Generell gilt die Annahme, dass Informationen über die Außenwelt systemintern mental repräsentiert werden. Interne Repräsentationen sind demnach als „*systeminterne Platzhalter, Stellvertreter beziehungsweise Abbildungen systemexterner Zustände [...]*“ zu verstehen (Immenroth 2003, S. 4). In der Forschung wird in jüngster Zeit mehrfach auf die zentrale Relevanz der internen Bewegungsrepräsentation hinsichtlich der Qualität der Bewegung hingewiesen (Frester, 1996; Müller, 1997). Eine differenzierte mentale Bewegungsrepräsentation entspricht einem inneren Bewegungsablauf, zu verstehen als eine innere Steuerinstanz, die den zentralen qualitätsbestimmenden Faktor bei der Realisation einer Bewegung bildet. Der Zusammenhang zwischen mentaler Bewegungsrepräsentation einer Bewegung, Mentalem Training und Realisation derselben Bewegung wird im Laufe dieser Arbeit weiterhin ausführlich erschlossen und diskutiert (s. Abschn. 1.4.2).

Eine klare Begriffsbestimmung des Mentalen Trainings als eine Form des kognitiven Fertigkeitstrainings schlägt Eberspächer vor: „*Mentales Training ist das planmäßig wiederholte, bewusste Sichvorstellen einer sportlichen Handlung ohne deren gleichzeitige praktische Ausführung*“ (2004b, S. 70, angelehnt an Volpert, 1977).

Kerngedanke ist also die bewusst vorgestellte Bewegung, ohne sie dabei wirklich auszuführen. Der implizierte Begriff *Training* beinhaltet, dass man den Bewegungsablauf

regelmäßig und mehrmals gedanklich wiederholen und üben muss. Der Begriff *Mentales Training* hat sich in der Sportpraxis wie auch in der sportpsychologischen Forschung inzwischen etabliert, um ein kognitives Fertigkeitstraining ohne gleichzeitige körperliche Ausführung zu beschreiben (Eberspächer, 1990, 2007; Munzert, 2001; Schlicht, 1992).

Das Angebot an konkreten mentalen Trainingsverfahren in der Forschung wie in der Praxis ist jedoch sehr unübersichtlich (Daug & Blischke, 1996). Dies ist teilweise dadurch zu erklären, dass der Begriff *Mentales Training* in der Vergangenheit oftmals unscharf und mehrdeutig gebraucht wurde. So wurden unter dem Begriff *Mentales Training* sowohl Techniken zur Vorstellungsregulation als auch psychologische Trainingsformen, sogenannte *Psyching-Up-Strategien*, verstanden (Driskell, Coppe & Moran, 1994; Erlacher, 2005). An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass für letzteres der korrekte Oberbegriff *Training kognitiver Fertigkeiten*, im Englischen *mental preparation*, lautet. Training kognitiver Fertigkeiten beinhaltet neben dem Mentalen Training eine Vielzahl grundverschiedener psychologischer Maßnahmen: *Aufmerksamkeitsregulation*, *Aktivationsregulation*, *Selbstwirksamkeitsstrategien* und andere kognitive und emotionale Verfahren zur unmittelbaren Einstellung auf den Wettkampf (Eberspächer, 2007).

Mentales Training wird von vielen Wissenschaftlern vor allem deshalb in so vielfältiger Weise gebraucht, weil es aus unterschiedlichen Blickwinkeln untersucht wurde. Diese Begriffsvielfalt ist zudem dem Umstand zuzuschreiben, dass neben dem inflationären Gebrauch im deutschen Sprachraum, auch im angloamerikanischen, im skandinavischen oder östlichen Sprachraum eine große Bandbreite an Begriffsalternativen vorliegt. Der Begriff *Mentales Training* geht auf Ulich (1967) zurück und wurde in etwas abgewandelter Form von Richardson (1967a, 1967b) als *mental practice* im angloamerikanischen Sprachraum verwendet. Richardson schlägt eine Begriffsbestimmung vor, die inzwischen Standard geworden ist: „*Mental practice is the symbolic rehearsal of a physical activity in the absence of any gross muscular movements*“ (1967a, S. 95). Synonym zu Richardsons *mental practice* verwendet man auch die Begriffe *imagery practice* (Perry, 1939), *covert rehearsal* (Corbin, 1967), *mental/symbolic rehearsal* (Sackett, 1934), *introspective rehearsal* oder *conceptualization* (Egstorm, 1964). Suinn (1985) weist auf die Unterscheidung zwischen *mental practice* und *imagery rehearsal* hin. Während man sich beim letzteren den Bewegungsablauf in jedem Fall gedanklich vorstellt, wird man ihn beim *mental practice* eher verbal als bildlich veranschaulichen.

Jedoch nicht nur in angloamerikanischen Ländern, sondern auch in deutschsprachigen und skandinavischen sowie in östlichen Ländern hat die Entwicklung psychologischer Trainingsformen in den vergangenen 40 Jahren einen stürmischen Verlauf genommen. Ulich

(1967) definierte Mentales Training als planmäßige Wiederholung bewussten Sichvorstellens eines zu erlernenden Bewegungsablaufs und betonte das *Sich-selbst-Vorstellen*, durch das der Lernvorgang einer sensomotorischen Fertigkeit beeinflusst werde. Volpert (1971) sprach beim Vorstellungstraining von *Training durch interne Realisation*. Einen inhaltlich ähnlichen Ansatz vertrat auch Puni (1961), der die Kenntnisse über Bedingungen und Wirkungsweise des *ideomotorischen Trainings* maßgeblich erweiterte.

Zahlreichen Definitionen weisen durchgängig den eingangs genannten Kerngedanken des Mentalen Trainings auf: *bewusste Vorstellung eines Bewegungsablaufs ohne dessen gleichzeitige Realisierung*.

Die jüngste neurophysiologisch orientierte Forschung unterscheidet bei Bewegungsvorstellung in Abhängigkeit der dominierenden Wahrnehmungsmodalität (vgl. Abschn. 1.4.3) zwischen *motor imagery* und *visual imagery* (Munzert & Reiser, 2007). Prozesse des *motor imagery* beinhalten *Kinästhetische Bewegungsvorstellungen*, also „Bewegungsgefühle“, die denen bei der Ausführung der Bewegung entsprechen. Die Bewegung wird aus der Innenperspektive imaginiert, Akteur ist man selbst. Prozesse des *visual imagery* umfassen *Visuelle Bewegungsvorstellungen*, also einen „filmartigen“ Ablauf der Bewegung. Die Sichtweise darauf kann von Innen oder von Außen stattfinden. Bei der Außensicht kann die vorgestellte Person entweder der Akteur selber oder eine andere Person mit Modellcharakter sein. Die Innensicht entspricht am ehestens der Perspektive, die eine Kamera auf der Stirn des Handelnden bieten würde. Abschließend sei auf die Unterscheidung zwischen *motor imagery* und *mental practice* hingewiesen (Jackson et al., 2001). Während man unter *motor imagery* den Bewegungsablauf einmalig oder wenige Male vorstellt, wird man ihn beim *mental practice* mehrere Male mit der Absicht des Neuerwerbs oder des Perfektionierens der Bewegung veranschaulichen, man wird in also üben. In der Folge wird für den Begriff *motor imagery* die Übersetzung *Bewegungsvorstellung*, für *visual imagery* der Begriff *Visuelle Vorstellung* und für *mental practice* der Begriff *Mentales Training* verwendet.

1.2 Frühe Erklärungsansätze: spezifischen Hypothesen nach Heuer

Eine hinreichend elaborierte Theorie, die die Wirkmechanismen des Mentalen Trainings exhaustiv zu erklären vermochte, existierte aus methodologischer Sicht lange nicht (Daug & Blichke, 1996). Während früher die Hypothesenprüfung mit Hilfe von Methoden und Verfahren erfolgte, die sich an hirnexternen Vorgängen und Größen orientierten, bspw. mittels der Messung von Bewegungsparametern oder von physiologischen Korrelaten (s. Abschn. 1.3), gestaltet der heutige Stand der Wissenschaft hirnhinterne Zugangsweisen, bspw.

mittels bildgebender Verfahren, die die Darstellung der Hirnstrukturen und Messung der Funktionsänderungen bei Aktivität ermöglichen (s. Abschn. 1.4 und Abschn. 1.5).

Erklärungsversuche, die bis 1985 vorherrschten, wurden von Herbert Heuer systematisch kategorisiert. Es sei darauf hingewiesen, dass dieses Konzept 2002 um eine weitere spezifische Hypothese, die Restriktionshypothese (vgl. Immenroth, 2003) ergänzt wurde. Diese Erklärung ist plausibel, wurde jedoch in der Forschung nicht weiter aufgegriffen und wird daher in der Folge auch nicht näher erläutert.

Die nachfolgende Abbildung 1 zeigt das Hypothesengerüst zur Erklärung der Wirkung des Mentalen Trainings im Überblick.

- (1) Kuriose Hypothese
- (2) Unspezifische Hypothese:
 - Emotionalmotivationaler Ansatz
- (3) Spezifische Hypothesen:
 - Ideomotorische Hypothese
 - Kognitive Hypothese
 - Programmierungshypothese

Abbildung 1 *Übersicht der frühen Erklärungsansätze des Mentalen Trainings (Heuer, 1985).*
Heuer unterscheidet bei der Vielzahl der in der sportpsychologischen Literatur beschriebenen theoretischen Erklärungsansätze des Mentalen Trainings zwischen drei Kategorien von Hypothesen.

Die kuriose Hypothese beschreibt Mentales Training als einen speziellen Fall des Nachahmungslernens (Mendoza & Wichman, 1978). Wenn die Person bei der vorgestellten Bewegungsausführung eine besonders gute Leistung erbringt, soll diese Beobachtung des Modells die „Selbstnachahmung“ sekundär verstärken. Dieser Ansatz erklärt allerdings nicht Ursache und die Vermittlungsprozesse der Leistungsverbesserung durch Mentales Training, sondern versucht lediglich „etwas zu erklären, was gar nicht erklärt werden muss, dass nämlich die Versuchsperson irgendwann die vorgestellte Fertigkeit ausführt“ (Heuer, 1985, S. 192).

Der Kategorie der unspezifischen Hypothesen wird der emotional-motivationale Ansatz zugeordnet. Diesem theoretischen Erklärungsansatz nach beruht die Wirkung des Mentalen Trainings auf einer unspezifischen Aktivierung aufgabenbezogener Aufmerksamkeitsprozesse (Schmidt, 1975). Die Leistungsverbesserung ist demnach nicht auf das Mentale Training an sich zurückzuführen, sondern vielmehr auf die unspezifische Erhöhung der Motivation und der Anstrengung der Versuchsperson. Der Ansatz wird durch die Ergebnisse der Metaanalysen, wonach kognitive Bewegungsaufgaben stärker von Mentalem Training profitieren als motorische Aufgaben (vgl. Abschn. 1.3.2), logisch widerlegt, da sich

unspezifische Aktivierungsvorgänge nicht direkt aufgabenspezifisch auswirken können. Spezifische Mechanismen sollten daher die Wirkung des Mentalen Trainings adäquater erklären.

In der Klasse der spezifischen Hypothesen fasst Heuer (1985) diejenigen theoretischen Ansätze zusammen, die dem Mentalen Training eine spezifische Wirkung zuschreiben: die ideomotorische Hypothese, die Kognitive Hypothese und die Programmierungshypothese. Die in der Vergangenheit favorisierte ideomotorische Hypothese, auch *Psycho-neuro-muskuläre-Hypothese* (vgl. Johnson, 1982) genannt, ist heute nicht mehr akzeptabel. Anhänger dieses Ansatzes führen die Effizienz des Mentalen Trainings zurück auf die myoelektrische Aktivität, einer Muskeltonusaktivierung in abgeschwächter Form, die das Mentale Training begleitet (James, 1890; Jastrow, 1892; Jacobson, 1932; Prinz, 1987; Shaw, 1940). Dieses physiologisch nachweisbare Epiphänomen wird in der Literatur auch als *Carpenter-Effekt* (Carpenter, 1894) oder *ideomotorische Reaktion* bezeichnet. Peripheristische Theorien sprechen dem Muskel eine „Erinnerungsfunktion“ zu und implizieren, dass im Muskel sensomotorisches Lernen stattfindet. Diese Annahmen sind nicht plausibel, da der Muskel kein bewegungsprogrammierendes, sondern lediglich ein ausführendes Organ ist (Schlicht, 1992).

Eine entscheidende logische Widerlegung der ideomotorischen Hypothese erbringen Studien zum kontralateralen Transfer. Nach einer mentalen Übungsphase einer Bewegung nur mit der einen Hand, verbessert sich auch die Bewegungsausführung mit der anderen Hand. Die ideomotorische Hypothese kann den Lernzuwachs mit der nichtübenden Hand nicht erklären (Kohl & Roenker, 1980). Es bleibt nun, die favorisierten Hypothesen aus der jüngeren Zeit zu beleuchten.

Heuer (1985) legt im Rahmen der Kognitiven Hypothese dar, dass geschlossene Fertigkeiten zentral unterschiedlich repräsentiert werden (s. Abb. 2).

Die erstmals von Sachett (1934) formulierte *Kognitive Hypothese* postuliert, dass Mentales Training die kognitive Bewegungsrepräsentation, d.h. die sensorisch-bildhafte und die symbolische Komponente der Repräsentation festigt und folglich vor allem bei Aufgaben kognitiver Art, lern- und leistungssteigernd wirkt (Heuer, 1985). Die Gültigkeit der Kognitiven Hypothese ist nicht zu bezweifeln (Heuer, 1985; Daus & Blischke, 1996; Schlicht, 1992), jedoch vermag sie die Wirksamkeit des Mentalen Trainings bei motorisch-energetischen Aufgaben nicht einsichtig zu machen. Heuer spricht daher von einem „nicht-kognitiven Rest“ den man allerdings mit der Programmierungshypothese erklären vermag (1985).

- (1) Motorisch:
über das räumlich-zeitliche Muster efferenter Kommandos¹.
- (2) Sensorisch-kinästhetisch:
über das mit der Bewegung verknüpfte Gefühl²
- (3) Sensorisch-bildhaft oder auch räumlich-bildhaft:
über die räumlich-zeitlichen Verlaufsmerkmale eines Bewegungsmusters, das einer typischen Bildfolge aus der externalen Perspektive entspricht.
- (4) Symbolisch:
über die sprachliche Kodierung des Bewegungsmusters.

Abbildung 2 *Arten der Bewegungsrepräsentation (Heuer, 1985).*

Geschlossene Fertigkeiten werden auf vier Arten intern repräsentiert.

¹ Das zentrale Nervensystem feuert Signale in einer bestimmten Reihenfolge zur Muskulatur. Es sendet damit je nach Bewegung ein spezifisches Muster von Signalen.

² Dabei gelangen afferente Kommandos aus der Muskulatur zum zentralen Nervensystem.

Im Rahmen der Programmierungshypothese wird die Wirkung des Mentalen Trainings mit der Optimierung des zentralen Prozesses erklärt, der durch die myoelektrische Aktivität indiziert wird (vgl. Daus & Blischke, 1996; Schlicht, 1992). Der Grundgedanke ist, dass Bewegungen zentral geplant und programmgesteuert ausgeführt werden. Motorische Programme sind demnach zentrale Repräsentationen einer geordneten Folge von Bewegungselementen. Die Annahme, Mentales Training festige ein vorhandenes Bewegungsprogramm und vervollständige die im Programm gespeicherten Informationen, wird zunächst auf zwei Faktoren zurückgeführt (Heuer, 1985; Schlicht, 1992): Erstens erfolgt die übende Wirkung einfacher Wiederholung im Sinne des von Thorndike (1972) formulierten *Übungsgesetzes*. Durch ständiges Wiederholen werden also die Muster afferenter Signale optimiert, das Muster efferenter Kommandos verbessert sich auch. Zweitens basiert die Korrektur des zentralen Prozesses auf der Grundlage einer inneren Rückmeldung (Adams, 1971; Schmidt, 1975; Daus & Blischke, 1996). Bei der Ausführung der körperlichen Bewegung wird das gespeicherte Wissen über den Handlungseffekt als korrigierende Information genutzt. In den aktuellen bewegungswissenschaftlichen motorischen Lerntheorien wird formal von einem Vorwärtsmodell gesprochen, das anhand von Efferenzkopien die Handlung simuliert und den Handlungseffekt antizipiert (Hossner & Künzell, 2003). Die während eines Mentalen Trainings vorgestellte Bewegung entspricht in diesem Sinne einer Bewegung mit „blockiertem Endglied“, bei der Efferenzimpulse zumindest teilweise vorhanden sind (Volpert, 1969). Neuere neurophysiologische Untersuchungen bestätigen die hierfür notwendige Ähnlichkeit zwischen den bei der Bewegungsvorstellung und der Bewegungsvorbereitung ablaufenden zentralen Prozessen (vgl. Decety & Jeannerod, 1996; Jeannerod, 1994, 1995; Pascual-Leone et al., 1995; vgl. Abschn. 1.4 und Abschn. 1.5). In diesem Zusammenhang sei auch auf die Nachweise von

Walter et al. (1964; zitiert nach Rogge, 1981, S. 47-48) mit der kontingenten negativen Variation als erlebniskorreliertes Potenzial zu Handlungsausführungen und bloßen Vorstellungen hingewiesen.

Akzeptierte Belege der Programmierungshypothese liefern zudem Deafferentierungsstudien, Antizipationseffekte und Transfereffekte (Schlicht, 1992). Ein Beispiel für eine Deafferentierungsstudie findet sich in den Untersuchungen Lashleys (1917). Obwohl die afferenten Nervenbahnen eines Patienten zerstört sind und er über keine Empfindungen in seinen unteren Gliedmaßen verfügt, ist er aufgrund der efferenten Nervenbahnen in der Lage zu laufen. Antizipationseffekte werden mit Hilfe von Reaktionszeitexperimenten deutlich. Je mehr die auszuführende Bewegung an Umfang zunimmt, desto langsamer reagieren die Probanden. Bei Wahlreaktionsaufgaben reagieren sie schneller, wenn sie davor ein fragmentarisches Bewegungsprogramm aufbauen konnten (Schlicht, 1992). Transfereffekte liefern das entscheidende Argument. Hat man bspw. gelernt mit der rechten Hand zu schreiben, ist man auch in der Lage mit der ungeübten linken Hand zu schreiben.

Aufgrund immanenter logischer und empirischer Inkonsistenzen bieten weder die kuriose noch die unspezifische Hypothese befriedigende Erklärungsgrundlagen. Ihre Betrachtung diente lediglich dazu den geschichtlichen Hintergrund der Theorienbildung abzubilden. Bei dem heutigen Stand der Wissenschaft gelten nur zwei der spezifischen Wirkungsformen, die Kognitive Hypothese sowie die Programmierungshypothese, als potentielle Erklärungen des Mentalen Trainings (Schlicht, 1992; Daus & Blichke, 1996; Eberspächer & Immenroth, 1998). Diese beiden Wirkungsmechanismen schließen einander nicht aus, sondern stehen nebeneinander. In der Folge soll auf empirische Untersuchungen eingegangen werden, die die Auswirkungen des Mentalen Trainings auf den motorischen Fertigkeitserwerb prüfen.

1.3 Empirischer Nachweis der lern- und leistungssteigernden Wirkung des Mentalen Trainings

Betrachtet man den frühen empirischen Nachweis der lern- und leistungssteigernden Wirkung des Mentalen Trainings, so wird man mit einer überwiegend positiven Befundlage konfrontiert. In der Folge soll kritisch diskutiert werden, wie wissenschaftlich solide und abgesichert die empirischen Befunde sind.

Die Metaanalysen von Feltz & Landers (1983, $N = 60$ Studien), Feltz, Landers und Becker (1988, $N = 40$ Studien), insbesondere die jüngsten von Hinshaw (1991, $N = 21$ Studien) und Driskell et al. (1994, $N = 35$ Studien) integrieren mehrere Dutzend einzelne, unabhängige empirische Arbeiten, die alle die Wirkung des Mentalen Trainings auf Leistung thematisieren. Damit berücksichtigen sie mehrere Tausend Versuchspersonen und eine Vielzahl von

Hypothesen. Die Forschungsergebnisse werden mit Hilfe eines metaanalytischen Rechenverfahrens zu einem Endergebnis integriert, sodass die Bedingungen, unter denen Mentales Training seine größte Wirkung entfalten kann, formuliert werden können. Die durchschnittliche Effektivität, die Mentales Training auf das Lernen oder Leisten ausübt, wird geschätzt. Dabei bedient man sich des standardisierten statistischen Maßes Effektstärke (d). Dabei gelten Effektstärken um $d = .2$ als klein, $d = .5$ als mittelgroß und $d = .8$ als groß (Bortz & Döring, 2006).

1.3.1 Hauptergebnis der Metaanalysen

Das Hauptergebnis der vier Metaanalysen (Feltz & Landers, 1983; Feltz et al., 1988; Hinshaw, 1991; Driskell et al., 1994) besagt, dass Mentales Training den Neuerwerb einer sportlichen Fertigkeit begünstigt und dass sich auch die Leistung in einer bereits gekonnten Fertigkeit verbessert. Die Sammelreferate belegen eine positive lern- und leistungssteigernde Wirkung des Mentalen Trainings bei mittleren Effektstärken ($d = .48$ bis $d = .68$). Vergleicht man bspw. in der Analyse von Feltz & Landers (1983) die Leistungen der mental übenden und der nicht übenden Gruppen, unterscheiden sie sich im Durchschnitt um eine halbe Standardabweichung ($d = .48$; $SD = 0,67$; Schlicht, 1992, S.26). Ausgehend von der Annahme, dass die Werte in den beiden Populationen normalverteilt sind, liegen die durchschnittlichen Leistungen der Probanden der Mentalgruppe liegen hiernach oberhalb 69 Prozent der passiven Probanden der Kontrollgruppe.

Die Autoren der Metaanalysen weisen darauf hin, dass Mentales Training jedoch kein Ersatz für das praktische Training ist, es kann dieses lediglich wirkungsvoll ergänzen. Körperliches Training allein ($d = .79$) zeigt noch immer eine größere Wirkung als die Kombination aus praktischem und Mentalem Training ($d = .62$). Aus der Kombination wiederum resultiert ein größerer Lern- und Leistungszuwachs als aus Mentalem Training allein.

Vergleicht man die Metaanalysen von Feltz & Landers (1983)/Feltz et al. (1988) mit denen von Driskell et al. (1994) stellt man wesentliche Unterschiede in Bezug auf Grundannahmen und Auswahlkriterien der einbezogenen Studien fest. Feltz & Landers (1983) subsumieren veröffentlichte und nicht veröffentlichte Arbeiten. Erwartungsgemäß ist die Effektstärke der nicht veröffentlichten Studien ($d = .32$) deutlich niedriger als die der veröffentlichten ($d = .74$). Allerdings beziehen sie eine breite, äußerst vielfältige Palette von Studien in ihre Analyse mit ein, die unterschiedliche psychologische Verfahren anwenden: eine Kombination von Mentalem und praktischen Training (Bagg, 1966; Corbin, 1967; Ryan & Simons, 1983), eine Kombination von Mentalem Training und „Modellierungsinterventionen“ (Beckow,

1967), eine Kombination von Mentalem Training und audiovisuellen Instruktionen (Harby, 1952; Surburg, 1968), eine Kombination von visuellem Training und Entspannungstechniken (Hall & Erffmeyer, 1983) sowie Aktivierungsregulation (Shelton & Mahoney, 1978). Durch diese Konfundierung wird es schwierig, wenn nicht sogar unmöglich, die genaue Ursache der Leistungssteigerung zu ermitteln. Der positive leistungssteigernde Effekt ist nicht gezielt auf das Mentale Training an sich zurückzuführen, sondern könnte auch aus der unspezifischen emotionalen Erregung, der Selbstgesprächsregulation, der Aufmerksamkeitsregulation, den Kompetenzüberzeugungsstrategien oder anderen Techniken abgeleitet werden. Untersuchungsgegenstand ist hier strenggenommen nicht das Mentale Training an sich, sondern die Überkategorie *mental preparation* oder *mental imagery*, im Sinne des kognitiven Fertigkeitstrainings (vgl. Abschn. 1.1). Bei der Deutung der Ergebnisse der Metaanalyse von Feltz & Landers (1983) darf also nicht vernachlässigt werden, dass verschiedene Trainingsformen eingereicht sowie Effekte über verschiedene Konstrukte operationalisiert werden und demnach unterschiedliche Phänomene auf gemeinsamer statistischer Basis ausgewertet werden (Goginsky & Collins, 1996; Immenroth, Eberspächer & Hermann, 2008; Murphy, 1994).

Driskell et al. (1994) wenden im Vergleich viel strengere Auswahlkriterien an, die mit einer präzisen, eindimensionalen Operationalisierung des Mentalen Trainings verbunden sind. Sie berücksichtigen nur Studien, deren Fokus sich eindeutig auf Mentales Training, im Sinne eines „*cognitive rehearsal of a task prior to performance*“ (Driskell et al., 1994, S. 482) richtet. Dieser Zugang führt zu einem Kern von Arbeiten, der sich wesentlich von dem von Feltz et al. (1988) unterscheidet und der eine klar definierte und präzise Analyse der Wirkung des Mentalen Trainings liefert.

1.3.2 Spezielle Ergebnisse der Metaanalysen

Ein weiteres Ziel der Forscher ist es, die Bedingungen festzulegen unter denen Mentales Training seine größte Ergiebigkeit zeigt, um dann direkte Empfehlungen für die Praxis formulieren zu können. Die Metaanalysen erbringen die Erkenntnis, dass die Wirkung in Abhängigkeit von bestimmten sogenannten Moderatoren (*mediating variables*) variiert (Driskell et al, 1994; Murphy, 1994; Schlicht, 1992; s. Abb. 3).

Bezogen auf diese Moderator-Variablen gelangen Feltz & Landers (1983), Feltz et al. (1988) und Driskell et al. (1994) zu den in den nachfolgenden Abschnitten dargestellten speziellen Ergebnissen.

- (1) Aufgabentyp
- (2) Zeitintervall¹
- (3) Erfahrungsgrad
- (4) Dauer und Intensität des Mentalen Trainings
- (5) Kontrollgruppen

Abbildung 3 Moderatoren der Wirkung des Mentalen Trainings (Driskell, 1994). Die Metaanalyse ergibt, dass fünf Faktoren den Grad der Verbesserung der Leistung signifikant beeinflussen.

¹ Zeitabschnitt zwischen dem letzten Mentalen Training und der Leistungsmessung.

Hinsichtlich des Aufgabentyps ergeben Untersuchungen gehäuft, dass Mentales Training bei Bewegungsaufgaben, die einen hohen kognitiven Anteil aufweisen, stärker leistungssteigernd wirkt als bei motorisch-energetischen Aufgaben (vgl. bspw. Lutkus, 1975; Gould, Weinberg & Jackson, 1981).

Eine befriedigende Definition zur Unterscheidung zwischen kognitiven und motorischen Aufgaben scheint noch nicht Standard geworden zu sein (Munzert & Reiser, 2007). Dies wird deutlich, wenn man hierzu die Definitionen verschiedener Forscher vergleicht. Heuer bezeichnet Bewegungsaufgaben als *kognitiv*, wenn die Umsetzung einer räumlichen Repräsentation in entsprechende motorische Kommandos möglich ist und der Erwerb einer bestimmten räumlichen Repräsentation im Vordergrund steht (Heuer, 1992). Der Prototyp einer kognitiven Bewegungsaufgabe ist somit eine Labyrinthaufgabe, also die Wegsuche in bzw. aus einem Labyrinth. Aufgaben dagegen, bei denen die Umsetzung einer räumlichen Repräsentation in motorische Kommandos nicht gelingt und bei denen zunächst diese Umsetzung gelernt werden muss, werden als *motorische* Aufgaben bezeichnet (Heuer, 1992). Eine typisch motorisch-energetische Bewegungsaufgabe ist eine Balancieraufgabe, bspw. das Balancieren auf einem Kippbrett. Anhand dieser Kriterien werden Aufgaben bspw. bei Feltz und Landers (1983) in kognitiv oder motorisch unterteilt.

Die Ergebnisse der Metaanalysen von Feltz & Landers (1983) bestätigen, dass bei den für das Mentale Training prädestinierten Bewegungsabläufen, nämlich den kognitiven Bewegungsaufgaben, eine interne Realisation der Bewegung eine weitaus größere lern- und leistungssteigernde Wirkung ($d = 1,44$; $SD = 0,98$) erzielt als bei motorisch-energetischen Aufgaben ($d = .42$; $SD = 0,57$). Bei Bewegungsaufgaben mit hohen kognitiven Anteilen differieren die Leistungen der mental trainierenden und der passiven Probanden um durchschnittlich 1,5 Standardabweichungen.

Die Metaanalysen von Driskell et al. (1994) orientieren sich bei der Untersuchung der Moderatorvariablen *Aufgabentyp* und bei der Klassifizierung in eher *kognitive* oder eher *motorisch-energetische* Aufgaben an Fleishman & Quaintance (1984) und an Hogan (1991). Tabelle 1 zeigt im Überblick die Kriterien, die eine Zuordnung ermöglichen.

Tabelle 1

Zuordnungskriterien von motorisch-energetischen vs. kognitiven Aufgaben (mod. nach Driskell et al., 1994, S. 484)

Domäne und Dimensionen	Tätigkeiten, die zur Aufgabenausführung notwendig sind
Motorisch-energetisch:	
Muskelkraft	Kraft einbringen; ausgeführte Tätigkeit resultiert in neuer Kraft, in Geschwindigkeit, Druck, Zug
Ausdauer	Die körperliche Aktivität unterstützen, indem die Herzschlagfrequenz erhöht wird
Koordination	Beugen, strecken und verdrehen der Körperteile, Gleichgewicht halten, Bewegungen der Arme, Beine oder des Körpers bei gut beherrschten Bewegungen koordinieren
Kognitiv:	
Perzeptueller Stimulus	Angemessene Information suchen, beobachten, lesen, kontrollieren, scannen, identifizieren, lokalisieren
Mentale Operation	Information vergleichen und kontrastieren, organisieren, analysieren, kategorisieren, Hypothesen generieren, Prinzipien anwenden
Ausgabe/Reaktion	Entscheidungen treffen, Probleme lösen, Urteile fällen, bewerten

Die Struktur einer motorisch-energetischen Aufgabe wird von drei Größen bestimmt: Muskelkraft, Ausdauer und Koordination. Diese Parameter machen die Qualität der Bewegung aus. Nach Driskell et al. (1994) wird die negative Beziehung zwischen dem Ausmaß an körperliche Aktivität und der Wirksamkeit von Mentalem Training vorwiegend von der Komponente Kraft, sowie in etwas geringerem Maße von der Koordination bestimmt. Ausdauer hingegen übt kaum Einfluss aus. Folglich schließen die Autoren daraus, dass die Wirkung von Mentalem Training umso geringer ist, je mehr Kraft und Koordination eine Aufgabe verlangt. Hinsichtlich kognitiver Aufgaben gelangen sie zu dem Ergebnis, dass die Wirkung des Mentalen Trainings zunimmt, je mehr kognitive Prozesse die Aufgabe erfordert. Angemessener *output* und Reaktion, sowie *input* tragen ebenso zu größerer Wirksamkeit bei. Die Studien von Driskell et al. (1994) ergeben, dass Mentales Training sehr wohl auch die Leistung einer Aufgabe mit hohen motorischen Anteilen signifikant verbessern kann und widerlegten damit die These von Sackett (1934) und Ryan & Simons (1981), dass Mentales Training sich lediglich bei vorherrschend hohen kognitiven und symbolischen Anteilen eigne.

Die Ergebnisse der Metaanalysen werden auch von verschiedenen einzelnen Untersuchungen gestützt, die positive Effekte des Mentalen Trainings auch bei Bewegungsaufgaben mit eher motorischen Anteilen, wie bspw. die Ruderbewegung im Einer bescheinigen (Mayer, 2001, S. 48; vgl. Egstorm, 1964; Mendoza & Wichman, 1978; Günther, 1980; Ryan & Simons, 1982; Mayer & Günther, 1987; Lippens, 1988; Rockmann-Rüger, 1988; Lippens, 1996; Janssen & Rahe, 1996; Miltner, Simon, Netz & Hömber, 1999).

Dass die Wirkung des Mentalen Trainings auf die Leistung nach seinem Absetzen im Laufe der Zeit abnimmt, ist intuitiv eingängig. Die Metaanalysen ergeben eine signifikante negative Beziehung zwischen dem Grad an Leistungsverbesserung durch Mentales Training und der Länge des Zeitabschnitts vom letzten Mentalen Training bis zur Leistungsmessung. Die von Driskell et al. (1994) ermittelten Ergebnisse sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2
Wirkung des Zeitintervalls¹ auf den Grad an Leistungsverbesserung (Driskell et al. 1994, S. 488)

Zeitintervall (in Tagen) ¹	Leistungsverbesserung ausgedrückt durch die Effektgröße (Fischers Z)	
	Mentales Training	Physisches Training
0	.34	.52
7	.26	.45
14	.18	.38
21	.10	.30

Anmerkungen.

¹ Länge des Zeitabschnitts zwischen der letzten Trainingseinheit und der Leistungsmessung.

Die Frage nach der Rolle des Erfahrungsgrades, also ob Mentales Training für Novizen und erfahrene Sportler gleichermaßen wirksam ist, wird in älteren Beiträgen unterschiedlich beantwortet (Munzert und Reiser, 2006). Volpert (1983; zitiert nach Munzert & Reiser, 2006, S. 224) bemerkt, dass nur Lerner, die mit der Aufgabe vertraut sind von Mentalem Training profitieren. Die kontrastierende Auffassung, dass vor allem in frühen Lernstadien eine Wirkung zu verzeichnen ist, vertritt Schmidt (1982; zitiert nach Munzert & Reiser, 2006, S. 224).

Was den Erfahrungsgrad des Sportlers betrifft, gibt es in der Metaanalyse von Driskell et al (1994) keinen signifikanten Unterschied im Trainingseffekt zwischen Novizen und erfahrenen Sportlern. Bei detaillierterer Analyse zeigte sich, dass Anfänger von Mentalem Training bei kognitiven tendenziell stärker als bei motorisch-energetischen Aufgaben profitieren. Um den Grad der Effektivität der Leistung eines Novizen, der eine motorisch-energetische Aufgabe

lösen soll, zu erhöhen, empfehlen daher Driskell et al. (1994) vor dem Mentalen Training dem Sportler genaues schematisches Wissen über die auszuführende Bewegungsaufgabe zu vermitteln. Erfahrene Sportler verbessern sich unabhängig vom Aufgabentyp bei kognitiven und motorischen Aufgaben gleich stark.

Zwar sind sich etliche Forscher einig, dass die Effektivität des Mentalen Trainings aufgrund von Konzentrationsverlust abnimmt, je länger eine Sitzung andauert (Corbin, 1972; Richardson, 1967a; Weinberg, 1982), jedoch können hinsichtlich der optimalen Dauer und Intensität einer mentalen Sitzung keine einheitlichen, exakten Empfehlungen formuliert werden. Seit den Untersuchungen von Driskell et al. (1994) gelten als Richtwert durchschnittlich 20 Minuten als optimale Dauer einer mentalen Intervention. Die Anzahl der mentalen Bewegungsausführungen ist nach Driskell et al. im Gegensatz zur Gesamtdauer des mentalen Trainings kein entscheidender Parameter. Schlicht (1992) hingegen betont in Anlehnung an sportpraktische Ratgeber und an die Metaanalysen von Feltz & Landers (1983), dass die optimale Anzahl der Übungsdurchgänge, in denen die Bewegung intern realisiert wird, vom Aufgabentyp abhängig sei. Kognitive Aufgaben sollen fünf bis sechs gedankliche Wiederholungen, motorisch-energetische Aufgaben hingegen mehr als die doppelte Anzahl benötigen.

Ausgehend von der Idee, die Leistungsverbesserung könnte auch lediglich die Folge der erhöhten Aufmerksamkeit sein, die Testpersonen einer mental übenden Gruppe erhielten, prüfen Driskell et al. (1994) die Rolle der Kontrollgruppe genauer. Sie vergleichen Untersuchungen, die eine *No-Contact-Kontrollgruppe* verwenden mit solchen, die eine dem Mentalen Training *gleichwertige Kontrollgruppe* aufweisen. Während die No-Contact-Kontrollgruppe zwischen Vortest und Nachtest überhaupt keinen Kontakt zu den anderen Gruppen, dem Versuchsleiter, der mentalen Intervention oder der Datenerfassung haben, beschäftigen sich die gleichwertige Kontrollgruppe in der Zeit, in der die anderen Gruppen mental oder körperlich trainiert, mit einer Aktivität, die nichts mit dem Experiment zu tun hat, von der sie aber überzeugt sind, dass sie ihre Leistung verbessere (Linden, Uhley, Smith & Bush, 1989). Da der Vergleich hinsichtlich der Leistungsverbesserung keinen signifikanten Unterschied zwischen No-Contact-Kontrollgruppen und gleichwertige Kontrollgruppen ergibt, gilt damit die Ausgangsidee als widerlegt.

1.3.3 Kritik an Metaanalysen

Trotz der soliden empirischen Fundierung des Mentalen Trainings durch die Metaanalysen von Feltz & Landers (1983), Feltz et al. (1988) und von Driskell et al. (1994), werden auch

kritische Stimmen zu ihrer Aussagequalität vernommen (Daug & Blischke, 1996; Mayer, 2001; Immenroth, 2003). Diese betreffen die Tatsache, dass man nicht überprüfen kann, was sich bei den Probanden der mental übenden Gruppe auf die Instruktion hin, sich vorzustellen die Bewegung aus der Innenperspektive auszuführen, letztendlich in ihren Köpfen abspielt und ob sie ihre Vorstellung nicht auch mit verdeckten Instruktionen, sogenannten *covert verbal strategies* vermischen (Heuer, 1985; Murphy, 1994). Aufgrund der weiten Ergebnisspannbreite kam daher die Vermutung auf, weitere wesentliche Einflussvariablen seien bisher unerkannt und unberücksichtigt geblieben (Daug & Blischke, 1996).

Auch die zum Teil eklektische Vorgehensweise bei der Theorienbildung wird bemängelt (Eberspächer & Immenroth, 1999). Veröffentlicht werden fast ausschließlich Untersuchungen, die positive Effekte des Mentalen Trainings nachweisen, während nichterfolgreiche Arbeiten unberücksichtigt bleiben. Auch Feltz et al. (1988) stellten diese Diskrepanz bezüglich des Grades an Wirksamkeit fest: Veröffentlichte Studien sprechen dem Mentalen Training ein größeres Maß an Wirksamkeit zu als unveröffentlichte Arbeiten (Murphy, 1994). Trotz dieser kritischen Betrachtung lässt der Überblick über die empirischen Untersuchungen zum Nachweis der Wirkung des Mentalen Trainings die Anwendung dieser sportpsychologischen Trainingsform im Sport vernünftig und vielversprechend erscheinen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die näher beleuchteten Metaanalysen nicht als alleiniger Nachweis für die lern- und leistungssteigernde Wirkung des Mentalen Trainings genannt werden können. Sie scheinen eine eindeutige Tendenz nachzuzeichnen (Immenroth et al., 2008), da sie eine Vielzahl kontrollierter Untersuchungen integrieren, die die positiven Effekte des Mentalen Trainings in verschiedenen Sportarten belegen. Dieser Trend wird durch eine Vielzahl weiterer Studien in Anwendungsfelder wie das der neurologischen oder orthopädischen Rehabilitation (vgl. Abschn. 2.3 und 2.4) und in jüngster Zeit durch den neurophysiologischen Problemzugang (vgl. Abschn. 1.4 und 1.5) untermauert.

1.4 Aktueller neurophysiologischer Erklärungsansatz: Neuronale Simulationstheorie nach Jeannerod

Aktuelle neurowissenschaftliche Studien zum Mentalen Training liefern wesentliche Erkenntnisse und neues Erklärungspotenzial für mentale Trainingseffekte. Im Mittelpunkt steht dabei die *Neuronale Simulationstheorie* (1994), die vom französischen Kognitionswissenschaftler Marc Jeannerod entwickelt wurde. Motorische Kognitionswissenschaft untersucht die Art wie Handlungen gedacht, geplant, beabsichtigt, organisiert, wahrgenommen, verstanden, gelernt, imitiert, attribuiert, mit einem Wort, die Art

wie sie repräsentiert werden (Jeannerod, 2006). Um die Struktur von Handlungsrepräsentationen zu untersuchen, bedient sich Jeannerod unter anderem des Paradigmas des Mentalen Trainings. Obwohl er also sein Theoriegerüst nicht in erster Linie als Erklärungsansatz für Mentales Training konzipiert, ist ein Blick auf die Neuronale Simulationstheorie lohnenswert.

In der Folge wird zunächst ein Überblick über die *neurophysiologischen Grundlagen des sensomotorischen Systems und des motorischen Lernens* geliefert (Abschn. 1.4.1). Dieser ermöglicht in den darauffolgenden Abschnitten die Auseinandersetzung mit *Internen Handlungsrepräsentationen* und dem *Modell der Funktionalen Äquivalenz* (Abschn. 1.4.2 und 1.4.3).

1.4.1 Neurophysiologische Grundlagen des sensomotorischen Systems und des motorischen Lernens

Ausgehend von der Schilderung der Aufgaben und Funktionsprinzipien sowie der Hauptkomponenten des sensomotorischen Systems wird abschließend auf motorisches Lernen sowie auf neuronale Plastizität eingegangen.

Die sensorischen Systeme liefern eine interne Repräsentation der äußeren Wirklichkeit (Kandel, 1996). Ein Zweck dieser Repräsentation ist die Steuerung von Bewegungen, die das Verhaltensrepertoire eines Individuums bilden. Bewegungen können in Reflexreaktionen, rhythmische Bewegungsmuster und Willkürbewegungen gegliedert werden. Zwar liegen allen drei Bewegungsarten dieselben muskulären Mechanismen zu Grunde, jedoch unterscheiden sich die hinsichtlich ihres Komplexitätsgrades und im Ausmaß der willkürlichen Kontrolle. Willkürbewegungen sind zielgerichtet beziehungsweise zweckbestimmt und zum Großteil erlernt. Entsprechend ihrer Bedeutung für das Mentale Training geht es in der Folge um die Darstellung der anatomischen Grundlagen willkürlicher motorischer Aktivitäten.

Die Aufgaben des sensomotorischen Systems reichen von der Planung einer Bewegung, ihrer Programmierung, über die Ausführung, bis hin zur Kontrolle und schließlich zur Bewertung dieser Bewegung (Pinel, 2007). Das sensomotorische System nutzt Nervenimpulse, um Handlungspläne in Muskelkontraktionen umzusetzen und so Bewegungen zu erzeugen. Als Voraussetzung für zweckbestimmtes Handeln gilt dabei die feine Abstimmung der Aktivität zahlreicherer motorischer Einheiten (s. Abb. 4).

Drei grundlegende Funktionsprinzipien bestimmen die Organisation des Systems: die hierarchische Organisation, der Einfluss durch sensorische Informationen und die Veränderung der sensomotorischen Kontrolle von Bewegungen durch Lernen (Pinel, 2007). Das Funktionsmodell des sensomotorischen Systems in Abbildung 5 integriert diese Prinzipien.

- (1) Assoziationskortex:
posteriorer Parietalkortex (pPC), dorsolateraler Präfrontalkortex (dlPFC)
- (2) Sekundär motorischer Kortex (M2):
supplementärmotorisches Areal (SMA), prämotorischer Kortex (PMC) und
posteriorer zingulärer Kortex
- (3) Primär motorischer Kortex (M1)
- (4) Hirnstamm:
Kleinhirn, Basalganglien, absteigende motorische Bahnen
- (5) Rückenmark und Muskeln

Abbildung 4 *Hauptkomponenten des sensomotorischen Systems (in Anlehnung an Pinel, 2007).*

Das sensomotorische System stellt ein *hierarchisches, paralleles System* dar (Pinel, 2007). Dies bedeutet, dass zwischen den fünf Hierarchieebenen der Informationsfluss über viele Bahnen zeitgleich verläuft. Diese parallele Organisation ermöglicht, dass untere Hierarchieebenen auf vielfältige Weise kontrolliert werden. Ferner stellt sie die Voraussetzung für neuronale Plastizität dar, die am Ende dieses Abschnittes im Zusammenhang mit motorischem Lernen diskutiert wird.

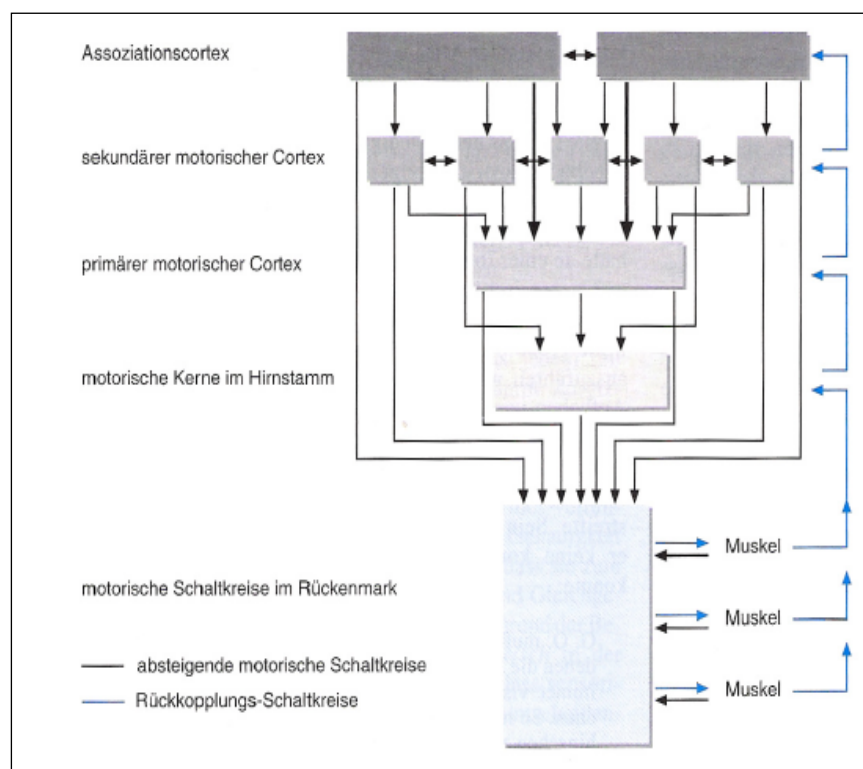


Abbildung 5

Das Funktionsmodell des sensomotorischen Systems (Pinel, 2001, S. 236).

Die Anordnung der Strukturelemente illustriert die Hierarchie der fünf Ebenen (vgl. Abb. 6) und ihre parallele Verschaltung. Rückkopplungsschleifen werden durch Pfeile markiert, wobei schwarze Pfeile absteigende motorische Schaltkreise, hingegen blaue aufsteigende Rückkopplungsschaltkreise darstellen.

Der *Einfluss sensorischer Information* auf motorische Aktivitäten offenbart sich bei der Planung beziehungsweise der Ausführung sowie bei der Kontrolle beziehungsweise der Bewertung von Bewegungen (Elsner & Prinz, 2003). Die menschlichen Sinne liefern für die Planung und Ausführung eine Vielfalt externer Informationen über situative Beschränkungen, über die Position von Objekten, aber auch interne Daten über das Gleichgewicht oder die Stellung der Gliedmaßen. Bei der Kontrolle und Bewertung ist sensorisches Feedback propriozeptiver, visueller, auditiver oder taktiler Art von Bedeutung, da es die Feinkoordination von Bewegungen und eventuelle Fehlerkorrektur ermöglicht (*closed-loop-control*). Lediglich ballistische Bewegungen werden nicht von solchen sensorischen Feedbackschleifen beeinflusst (*open-loop-control*).

Die *sensomotorische Kontrolle von Bewegungen* wird ihrerseits durch *motorisches Lernen* verändert. Übung oder systematisches Training führen zur Automatisierung von Bewegungsabläufen. Wenn Verhalten in zusammenhängenden Programmen reorganisiert wird, spricht man von *response chunking*. Einzelne Bewegungselemente werden dabei zu größeren Einheiten zusammengefasst, in der Folge als Ganzes ausgelöst und zentral kontrolliert. Damit einhergehend geschieht die Verlagerung der Kontrolle auf untere Hierarchieebenen, so dass geübte Bewegungen ab diesem Zeitpunkt unbewusst ausgelöst werden und z.T. keiner bzw. weniger Kontrolle mehr bedürfen. Der Vorteil äußert sich darin, dass dadurch mehr kognitive Kapazität für andere Tätigkeiten zur Verfügung steht.

Die Funktionen der Hauptkomponenten des sensomotorischen Systems (Pinel, 2007) werden in der Folge im Text dargestellt. Für grafische Darstellungen der Projektionsfelder und Eingänge der motorischen Areale sei auf Pinel verwiesen. Abbildung 6 fasst die Hauptkomponenten des sensomotorischen Systems zusammen und verdeutlicht die Lage der Hirnstrukturen zueinander.

Die nachfolgende Tabelle 3 verdeutlicht die Funktion der Komponenten des sensomotorischen Systems auf einem Blick.

Der Assoziationskortex besteht aus dem posterioren Parietalkortex (pPC) und dem dorsolateralen Präfrontalkortex (dlPFC) und bildet die Spitze der motorischen Hierarchie. Als Kontrollinstanz integriert er Signale aus mehr als einem sensorischen System und hat die Aufgabe, nach Feststellung des Handlungsziels und Analyse der sensorischen Informationen und motorischen Möglichkeiten, einen allgemeinen Bewegungsplan zu erstellen. Der pPC der rechten Hemisphäre hat die Funktion der räumlichen Lokalisierung von Körperteilen und von externen Objekten inne, während der pPC in der linken Hemisphäre die der Erstellung und Speicherung von komplexen Handlungsplänen erfüllt. Der pPC kann seinen Aufgaben nachgehen, indem er Signale visueller, auditiver und somatosensorischer Art erhält sowie

integriert und zugleich über Projektionen zu verschiedenen sekundär motorischen Arealen und zum frontalen Augenfeld verfügt (vgl. Abb. 6).

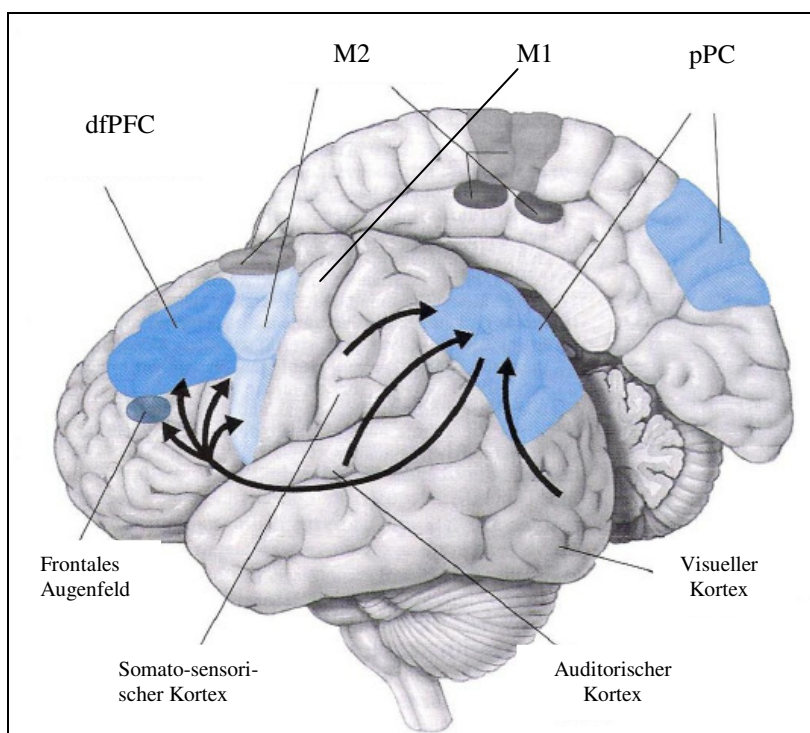


Abbildung 6 *Lage der Hauptkomponenten des sensomotorischen Systems (Pinel, 2007, S. 237).*
 Im vorderen Teil der Abbildung ist die laterale Oberfläche der linken Hemisphäre dargestellt, im hinteren die mediale Oberfläche der rechten Hemisphäre. Die Pfeile kennzeichnen Projektionen zu und vom posterioren Parietalkortex.

Der dlPFC ist für die Planung von Handlungen, die Entscheidung für eine willentliche Bewegung, die Abschirmung gegen konkurrierende Bewegungen sowie den Wechsel zwischen Bewegungen zuständig und steht darüber hinaus im Dienste des Kurzzeitgedächtnisses, indem er Bewegungspläne aufrechterhält. Der dlPFC erhält seinerseits Informationen direkt aus dem pPC und projiziert zum M2, M1 sowie zum frontalen Augenfeld.

Der sekundär motorische Kortex (M2) ist für die Planung und Programmierung von komplexen Bewegungsfolgen zuständig. Er erhält einerseits Informationen aus dem M1, andererseits auch direkt aus dem Assoziationskortex. Seine Projektionen führen zum M1, zum Rückenmark und zum Hirnstamm. Der M2 umfasst drei miteinander in Verbindung stehende Bereiche: das supplementärmotorische Areal (SMA), den prämotorischen Kortex (PMC) und den posterioren zingulären Kortex.

Einerseits herrschen in den M2-Bereichen drei wichtige funktionelle Übereinstimmungen: Reizt man bestimmte Stellen des M2-Areals, so verursacht diese elektrische Stimulation komplexe Bewegungen in den korrespondierenden Körperteilen; auch signalisieren die Neuronenverbände im M2 vor und während willentlicher Bewegungen Aktivität; des

Weiteren verursachen Bewegungen auf einer Seite des Körpers bilaterale Aktivierungen in M2. Andererseits gibt es auch bedeutsame funktionelle Unterschiede zwischen den M2-Bereichen. Während der PMC eher bei der Programmierung und Kontrolle von extern ausgelösten Bewegungen, bspw. dem Fangen eines Balles, eine Rolle zu spielen scheint, werden dem SMA eher intern ausgelöste Bewegungen, bspw. die Improvisation beim Klavierspiel, zugeordnet. Letztere Hirnstruktur ist in erster Linie bei der Vorstellung von Bewegungen (Parsons et al., 1995) beteiligt – darüber herrscht in der Fachliteratur Einigkeit. Die Funktion der posterioren Gyri Zinguli ist hingegen noch nicht hinreichend erforscht und kann nicht genauer benannt werden.

Tabelle 3
Strukturen und Funktionen des sensomotorischen Systems

Struktur	Funktion
Assoziationskortex (pPC/dIPFC)	Feststellung des Ziels, Erstellung des allgemeinen Bewegungsplans
Sekundär motorischer Kortex (M2)	Planung und Programmierung komplexe Bewegungsfolgen;
Prämotorischer Kortex (PMC)	extern ausgelöste Bewegungen,
supplementärmotorisches Areal (SMA)	intern ausgelöste Bewegungen, Vorstellung von Bewegungen
Primär motorischer Kortex (M1)	Umsetzung von Bewegungsplänen in Muskelkontraktionen
Kleinhirn und Basalganglien	Koordination und Modulation der Aktivitäten des sensomotorischen Systems
Rückenmark	Verschaltung der Informationen zwischen Körper (Muskeln) und Gehirn

Anmerkungen.

Darin ist pPC der posteriore Parietalkortex, dIPFC der dorsolateraler Präfrontalkortex.

Der primär motorische Kortex (M1) erfüllt in funktionaler Hinsicht die Umsetzung von Bewegungsplänen in Muskelkontraktionen. Neben der engen Verschaltung zum benachbarten somatosensorischen Kortex, wird der M1 mit Informationen aus dem gesamten sensomotorischen System beliefert. Seine Projektionsfelder reichen von M2 bis zum Rückenmark, zum Teil sogar zu einzelnen Motoneuronen.

Bereits 1950 lieferten Penfield und Rasmussen den Nachweis für die somatotopische Organisation dieses Areals (s. Abb. 7).

Im Hirnstamm stellen Kleinhirn und Basalganglien zwar wichtige Strukturen des sensomotorischen Systems dar, jedoch gehören sie nicht zu den zentralen Durchgangsstationen für motorische Signale. Vielmehr ist ihre Funktion, bedingt durch die

komplexe Verschaltung mit verschiedenen Ebenen des sensomotorischen Systems, koordinierender und modulierender Art.

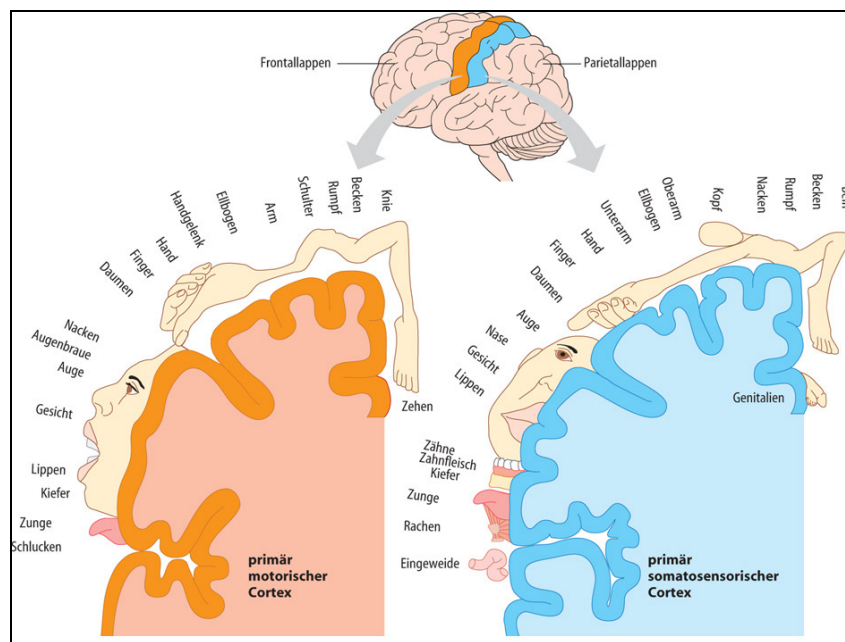


Abbildung 7 *Der sensomotorische Homunkulus (Penfield & Rasmussen, 1950; zitiert nach Cambell, 2003, S.1252).*

Sowohl der primär motorische Kortex (M1, orange), als auch der primär somatosensorische Kortex (blau) sind somatotop organisiert. Die elektrische Reizung bestimmter Stellen des M1 ruft einfache Bewegungen der korrespondierenden Körperteile hervor. Zudem spiegelt der Homunkulus die Tatsache wieder, dass Körperteile, die komplizierte Bewegungen ausführen können, eine größere Oberfläche des sekundär motorischen Kortex einnehmen.

Dem Kleinhirn werden die Feinabstimmung und Korrektur von Bewegungen, aber auch die zeitliche Koordination sowie eine bedeutsame Rolle beim motorischen Lernen zugesprochen. Um dieser Aufgabe nachgehen zu können, erhält es Informationen über absteigende Signale aus M2, M1 und den motorischen Hirnstammkernen sowie Bewegungsfeedback aus Somatosensorik und Vestibulärsystem. Seinerseits projiziert das Kleinhirn zu M1, M2 und den absteigenden motorischen Bahnen.

Die komplizierte Anatomie der Basalganglien deutet schon auf ihre funktionellen Besonderheiten hin: Sie steuern die Auslösung von Bewegungen und beeinflussen durch exzitatorische sowie inhibitorische Verbindungen zu M2 komplexe Bewegungen. Ferner sind die Basalganglien bei einer Reihe kognitiver Funktionen wie bspw. Lernen durch Belohnung eingebunden. Zudem stellen sie durch die reziproke Verbindung zwischen Striatum und Substantia Nigra einen Teil des dopaminergen Systems dar. Auch sind sie Bestandteil des Schaltkreises, der den Assoziationskortex mit dem SMA und dem PMC verbindet.

Auf die Rolle des sensomotorischen Feedbacks beziehungsweise der motorischen Schaltkreise im Rückenmark wurde zu Beginn dieses Abschnittes sowie in der Abbildung 6 verwiesen.

Eine physiologische Betrachtung der Muskulatur findet sich bei Pinel (2007). Die Hauptfunktion des Rückenmarks besteht darin, Informationen zwischen Körper und Gehirn zu verschalten. Darüber hinaus enthält es Schaltkreise zur Steuerung vieler Reflexe sowie Programme für komplexe Bewegungsmuster. Motorische Signale gelangen über verschiedene absteigende motorische Bahnen vom primär motorischen Kortex zu den Interneuronen beziehungsweise den α -Motoneuronen in den Vorderhörnern des Rückenmarks. Von da aus erfolgt über efferente Nervenstränge die Projektion in die Muskulatur.

Die sechs motorischen Bahnen lassen sich hinsichtlich des Ortes ihres Abstiegs und der Art der Muskulatur, die sie kontrollieren, klassifizieren. Dorsolaterale Bahnen ziehen zu der distalen, ventromediale Bahnen hingegen zu der proximalen Muskulatur. Zu den dorsolateralen Bahnen zählen der laterale Kortiko-Spinaltrakt, der unabhängige Bewegung von Fingern und Zehen ermöglicht sowie der Kortiko-Rubro-Spinaltrakt, der Gesichtsbewegungen kontrolliert. Ventromediale Bahnen bilden über den anterioren Kortiko-Spinaltrakt entweder eine direkte Verbindung zur Muskulatur oder aber indirekt, indem sie über die Vestibulären Nuklei, über das Tectum oder die Formatio Reticularis verlaufen. Der anterioren Kortiko-Spinaltrakt überwacht die Körperhaltung sowie Bewegungen des Gesamtkörpers, bspw. Laufen. Während über den Kortiko-Vestibulo-Spinaltrakt der Gleichgewichtssinn gesteuert wird, sind der Kortiko-Tecto-Spinaltrakt für Orientierungsbewegungen beziehungsweise der Kortiko-Reticulo-Spinaltrakt für Ganzkörperbewegungen zuständig. Die Kreuzung der dorsolateralen Bahnen im verlängerten Rückenmark beziehungsweise im Nucleus Ruber erklärt die Lateralität der Bewegungskontrolle: M1 kontrolliert Bewegungen der kontralateralen Seite. Die beiden Großhirnhemisphären unterscheiden sich trotz ihres ähnlichen Aussehens deutlich in ihrer Funktion, man spricht dabei von *Lateralisierung*. Während sich in der rechten Gehirnhälfte die Steuerung der linken Körperhälfte sowie die der Körperhaltung und des Stands lokalisieren lässt, koordiniert die linke Gehirnhälfte Bewegungen der rechten Körperhälfte sowie Ziel- und Feinkoordination (Trepel, 2004).

Das Zusammenwirken der Hauptkomponenten des sensomotorischen Systems kann anhand der Planung einer Willkürbewegung aufgezeigt werden. Zwei Charakteristika zeichnen Willkürbewegungen aus: Erstens werden sie auf die Erreichung eines Ziels hin geplant, zweitens geschieht diese Planung in Abhängigkeit von Merkmalen der Umwelt. Die zentralen motorischen Kortexareale, dorsolateraler Präfrontalkortex und posteriorer Parietalkortex legen dabei das genaue Ziel der Bewegung fest und erschaffen den allgemeinen Handlungsplan. Dieser wird hinsichtlich Abfolge und Merkmale der Bewegung, wie bspw. der Richtung, der Geschwindigkeit oder der zu verwendenden Körperteile, vom sekundär motorischen Kortex

spezifiziert. Für die Weiterleitung des Plans in Form von Muskelkommandos an die Effektoren ist der primär motorische Kortex zuständig.

Lernen wird von Bredenkamp und Wippich als „relativ überdauernde Veränderung der Verhaltensmöglichkeit aufgrund von Übung oder Beobachtung“ (1977, S. 25) beschrieben. Domjan grenzt Lernprozesse ähnlich ein: „*Learning is an enduring change in the mechanisms of behavior involving specific stimuli and/or responses that results from prior experience with similar stimuli and responses*“ (1998, S. 12). Daraus lassen sich vier zentrale Bestimmungsstücke ableiten: Erstens erfolgt beim Lernen stets eine Änderung von Reiz-Reaktionsverbindungen. Die dabei zugrunde liegenden Mechanismen sind die klassische sowie die operante Konditionierung. Zweitens charakterisieren Beschleunigung und Verbesserung den Verlauf eines Lernprozesses. Drittens lässt sich die Bedeutung bekräftigender Übung hervorheben. Viertens wird Lernen und Verhalten getrennt. Der Vorgang des Lernens kann ohne, dass man es auf der Verhaltensebene wahrnimmt, stattfinden. Für die vorliegenden Evaluationsstudien spielen die letzten drei Punkte eine zentrale Rolle.

Motorisches Lernen ist eine Unterart des Lernens, das die Veränderung des beobachtbaren Verhaltens aufgrund der Entstehung und Veränderung zentraler motorischer Programme hervorruft. Der sozial-kognitiv orientierte *Zwei-Komponenten-Lerntheorie* von Bandura (1969) nach wird ein (motorischer) Lernprozess in die zwei Komponenten *Akquisition* und *Performanz* geteilt. Während auf der Ebene des Erwerbs die Steuerung durch klassische Konditionierung (Stimuluskontiguität) beziehungsweise die Regelung durch die beiden Subprozesse, Aufmerksamkeit und symbolische Repräsentation, ablaufen, wird die Ebene der Ausführung durch direkte oder stellvertretende Bekräftigung gesteuert beziehungsweise durch motorische Reproduktion und Motivationsprozesse geregelt. Diese Theorie wurde bewusst als Basis der weiteren Betrachtungen gewählt, da die Handlungsrepräsentation als Bindeglied zwischen den beiden Komponenten fungiert. Mentales Training, als eine Methode die auf Lernsteigerung abzielt, macht sich eben diese symbolischen Prozesse (vgl. Abschn. 1.1 und 1.4.2) zunutze. Zudem betrifft eine Kernannahme der Theorie die Selbstregulierungsprozesse. Der Mensch reagiert nicht direkt auf äußere Einflüsse, statt dessen findet eine Reizauswahl, eine ständige Reizorganisation und -umformung sowie eine Verhaltenskontrolle durch selbsterzeugte Anreize und Konsequenzen statt. Diese Argumentation steht auch in Einklang mit dem Funktionsmodell des sensomotorischen Systems (s. Abb. 5), das von dem Einfluss sensorischer Information auf motorische Aktivitäten ausgeht.

Eine wesentliche Voraussetzung für das Erlernen motorischer Aktivitäten stellt ferner das Gedächtnis dar (vgl. Abschn. 1.5.4). Neben der deklarativen Gedächtniskomponente spielt beim Erwerb von motorischen Fertigkeiten in erster Linie das prozedurale Gedächtnis eine Rolle. Nach Anderson (1985) lässt sich der Erwerb in drei Phasen gliedern: erstens die

kognitive, zweitens die assoziative und drittens die autonome Phase. Darin findet ein „Tuning“ der Prozeduren statt wobei zunächst in der ersten Phase eine deklarative Kodierung der Fertigkeit bspw. mittels einer Mittel-Ziel-Produktionsregel stattfindet. In der zweiten, der assoziativen Phase werden durch Umwandlung der deklarativen in eine prozedurale Repräsentation bereichsspezifischer Prozeduren ausgebildet. Schließlich werden in einem dritten Schritt diese Prozeduren stärker automatisiert, schneller ablaufen. Durch Übung lassen sich Schnelligkeit und Genauigkeit steigern und zugleich verschwindet die verbale Vermittlung beziehungsweise die bewusste Kontrolle immer mehr (zur Rolle des Arbeitsgedächtnisses als Moderatorvariable bei Bewegungsvorstellung s. Abschn. 1.5.4).

Die neurophysiologischen Theorien des sensomotorischen Lernens erklären die Automatisierung als Folge von Übung, mit den beiden Prozessen *response chunking* und der Verlagerung der Kontrolle auf untere Hierarchieebenen (s. Abschn. 1.3.1). Das dritte Funktionsprinzip des sensomotorischen Systems, „Lernen verändert sensomotorische Kontrolle von Bewegungen“, soll durch einen Vergleich der neuronalen Aktivität bei neuer, ungeübter mit der bei gut geübter Bewegung veranschaulicht werden. Bildgebungsstudien der Hirnaktivität ergaben bei diesem Vergleich unterschiedliche Aktivitätsniveaus der motorischen Gehirnareale (Pinel, 2007). In Bezug auf neue Bewegungen wurde eine sehr hohe Aktivität im posterioren Parietalkortex für sensorische Integration und Aufmerksamkeit, im Präfrontalkortex für die externale Kontrolle und im Kleinhirn, dem Zentrum des motorischen Lernens aufgezeichnet, während bei gut geübten Bewegungen nur im supplementärmotorischen Areal eine extrem hohe Aktivität zu verzeichnen war.

Der einheitliche Befund, dass bei gut geübten Bewegungen der dorsolaterale Präfrontalkortex gar nicht mehr aktiv ist, belegt das Verschwinden der bewussten Kontrolle bei automatisierten Bewegungen. Die nachfolgende Tabelle 4 gibt einen Überblick über den Vergleich der Aktivität der einzelnen Areale bei neuen und bei geübten Bewegungen. Zusammenfassend lässt sich beim Vergleich eine Tendenz zur Verringerung des Aktivitätsniveaus bei zunehmender Expertise durch Übung feststellen (Pinel, 2007; Ross, Tkach, Ruggieri, Lieber & Lapresto, 2003).

Das lernende Gehirn scheint in der Lage zu sein, sich aufgrund externer und interner Einflüsse, selbst neu zu organisieren und in die Architektur beziehungsweise der Qualität der neuronalen Strukturen einzugreifen. Diese Veränderbarkeit wird Neuroplastizität genannt. (Braus, 2004, S. 42) fasst die Bedeutung der Fähigkeit des menschlichen Gehirns „sich an die Erfordernisse der Umwelt anzupassen, sich nach dem Input zu richten, kleine Defizite auszugleichen und vorhandene Funktionen zu reorganisieren“ wie folgt zusammen: „Der Mensch kommt mit einer sich verändernden Welt zurecht, weil sein Gehirn und sein Körper sich anpassen und dazulernen“ (vgl. Fahle, 2003). Dem zu Folge handelt es sich bei dem Phänomen Plastizität nicht nur um einen erfahrungsbedingten, vielmehr um einen

gebrauchsabhängigen Anpassungsmechanismus. Die Theorie neuroplastischer Veränderungen konnte bereits in den 90er Jahren mittels Positronenemissionstomografie (PET) belegt werden (Rijntjes & Weiller, 2003).

Tabelle 4
Vergleich der neuronalen Aktivität bei neuen vs. geübten Bewegungen

Neuronale Struktur	Neue, ungeübte Bewegung	Gut geübte Bewegung
Posteriorer Parietalkortex	sehr aktiv (sensorische Integration, Aufmerksamkeit)	aktiv
Dorsolateraler Präfrontalkortex	aktiv (bewusste Kontrolle)	nicht aktiv
Prämotorischer Kortex	sehr aktiv (externale Kontrolle)	aktiv
Supplementärmotorisches Areal	aktiv	sehr aktiv (internale Kontrolle)
Primär motorischer Kortex	aktiv	aktiv
Basalganglien	aktiv	aktiv
Kleinhirn	sehr aktiv (motorisches Lernen)	aktiv

Während der Begriff *morphologisch neuronale Plastizität* die „Veränderbarkeit in der Organisation der Repräsentationsareale der Hirnrinde“ (Elbert & Rockstroh, 2003, S. 685) meint, wird „die beobachtete makroskopische Veränderung in der funktionalen Organisation des Kortex“ *kortikale Reorganisation* genannt. Letztere impliziert eine Veränderung der Struktur, Form oder Lage eines Kortexareals, das für eine bestimmte motorische Funktion zuständig ist.

Neurophysiologische Mechanismen der Plastizität sind die Verstärkung bestehender synaptischer Verbindungen und Ausbildung zusätzlicher Synapsen, ferner die Zunahme der Spines, der Dendriten- und Axonenlänge oder der Gliazellenaktivität (Elbert & Rockstroh, 2003; vgl. Birbaumer & Schmidt, 2007). Als weitere plastische Elemente des sich selbst organisierenden Systems zählen bestimmte Stoffwechselprozesse sowie die Integration neuer Neuronen im Gehirn (Elbert & Rockstroh, 2003).

Gebrauchsabhängige kortikale Reorganisation folgt dabei sieben modalitätsunspezifischen Mechanismen: *Expansion* vs. *Invasion*, *Fusion* vs. *Trennung* sowie das *Prinzip der hohen Motivation*, das *der intensiven Übung* und *der Reorganisation in eng benachbarten Regionen* (Elbert & Rockstroh, 2003). Vermehrter Gebrauch eines Körperteils wirkt ursächlich für die Expansion der entsprechenden kortikalen Repräsentation beziehungsweise für die Schärfung der rezeptiven Felder der zugehörigen Neurone, während verminderter Gebrauch eine Invasion der somatotopisch benachbarten Repräsentationsbereiche zur Folge hat. In

tierexperimentellen Studien mit Affen konnte eine Expansion der Repräsentationsareale im primär motorischen Kortex selbst bei passiv wiederholter Bewegung nachgewiesen werden (Jenkins, Merzenich, Ochs, Allard & Guic-Robles, 1990). Eine Fusion zweier Gehirnbereiche geschieht aufgrund ihrer zeitsynchronen Stimulation und Aktivität, hingegen tritt eine Trennung in Folge asynchroner Stimulation und Aktivität der beiden Areale ein. Als Voraussetzung für solche kortikale Veränderungen gilt jedoch eine hohe Motivation. Findet eine Aktivierung des Motivationssystems, genauer gesagt des azetylcholinerges und dopaminerges System, nicht statt, bleibt kortikale Reorganisation aus. Auf die theoretische Begründung der Bedeutung von Übung wurde wiederholt hingewiesen (vgl. Abschn. 1.1 und 1.3). Reorganisation eng benachbarter Repräsentationsareale tritt meist nach Hirnläsionen auf (Weiller, Chollet, Friston, Wise & Frackowiak, 1992). Der Vergleich positronenemissionstomografischer Daten von Patienten mit jenen von Gesunden konnte bei der ersteren Personengruppe eine zusätzliche vermehrte bilaterale Aktivierung des sensomotorischen Kortex und des Kleinhirns sowie des insularen, des zingulären Kortex und des Präfrontalkortex (Weiller et al., 1992) belegen.

Kortikale Reorganisation stellt sich nach Deafferenzierung, bspw. nach Amputationen (Sanes & Hallet, 1990; Pons, Garraghty & Ommaya, 1991) ein sowie in Folge von „gelerntem Nichtgebrauch“ (Taub, Miller & Novak, 1993), der bei Schlaganfallpatienten auf die unzureichende Erholung motorischer Bewegungsstörungen zu beobachten ist (vgl. Abschn. 2.3).

Ferner kann kortikale Reorganisation durch verhaltensrelevante, gezielte sowie intensive Übung zu einer Vergrößerung der Repräsentationsareale führen (Pascual-Leone et al., 1994; s. Abschn. 1.5.3). Dabei entsteht allerdings zeitgleich in Bezug auf die rezeptiven Felder der Neurone in diesen Arealen eine gegenteilige Wirkrichtung, nämlich eine Verkleinerung (Jenkins et al., 1990). Somit lassen sich zwei Ursachen und damit verbunden zwei Formen kortikaler Reorganisation zusammenfassen: zum einen läsionsbedingter *input-decrease*, zum anderen *input-increase* durch vermehrte verhaltensrelevante Stimulation, im Sinne von Übung.

Aus dem Überblick des theoretischen Detailwissens zum motorischen Lernen und speziell zu den Mechanismen der neuronalen Plastizität lässt sich zusammenfassend betonen, dass Neuroplastizität modulierenden Einflüssen unterliegt, die sowohl kognitiver als auch motorischer Art sein können. In der Folge wird auf Handlungsrepräsentationen (Abschn. 1.4.2) und auf das Modell der Funktionalen Äquivalenz (Abschn. 1.4.3) eingegangen.

1.4.2 Interne Handlungsrepräsentationen

Die theorierelevanten Erklärungsgrößen werden im Modell der Funktionalen Äquivalenz (Jeannerod, 1994) zusammengefasst. Bevor darauf eingegangen werden kann, soll der Begriff *interne Repräsentation* (s. Abschn. 1.1) erneut aufgegriffen werden. Eine Auseinandersetzung damit erleichtert das Verständnis der Komponenten des Modells. Jeannerod unterscheidet zwischen *perzeptueller Repräsentation* und *Handlungsrepräsentation* (2006). Eine *perzeptuelle Repräsentation* ist eher deskriptiver Natur, da sie eine Gegebenheit der externalen Welt vertritt. Indem sich die *mentale Repräsentation* den tatsächlichen Gegebenheiten der Wirklichkeit anpasst besteht hinsichtlich der Passung eine „*mind to world direction of fit*“ (Jeannerod, 2006, S. 1). Gleichzeitig besteht eine entgegengesetzte kausale Verknüpfung, eine „*world to mind direction of causation*“ (Jeannerod, 2006, S. 1), in dem Sinne, dass die *Repräsentation* durch ein *externalen Zustand* beziehungsweise einen *externalen Gegenstand*, den sie repräsentiert, verursacht wird.

Eine *Handlungsrepräsentation* (i. S. v. *mentale Bewegungsrepräsentation*, vgl. Abschn. 1.1) ist hingegen eher *präskriptiver* Natur, da sich das *Ziel einer mental repräsentierten Handlung* nicht mit dem *aktuellen Zustand der Welt* deckt. Sie entspricht vielmehr einem *möglichen Zustand*, der entsteht, wenn die *Handlung tatsächlich ausgeführt* wird. Jeannerod beschreibt diese *Passung* als „*world to mind direction of fit*“ (2006, S. 2). Da die *Handlungsrepräsentation* den *Zustand der Welt*, den sie gleichzeitig verursacht, darstellt, kann von einer „*mind to world direction of causation*“ (2006, S. 2) gesprochen werden.

Daraus ergeben sich zwei zentrale Merkmale von *Handlungsrepräsentationen* (Searle, 1983; zitiert nach Jeannerod, 2006, S. 2). Erstens ist eine *Handlungsrepräsentation* ein *Zustand*, der *zukünftige Ereignisse* darstellt. Zweitens ist dadurch, dass die *Handlungsrepräsentation* der *Handlungsausführung* zeitlich voraus geht, eine *Trennung* der beiden möglich. Die *Handlungsrepräsentation* kann somit *eigenständig existieren*. Dieser Punkt ist entscheidend für die weitere *Argumentation*. Die *Ausgangsidee* ist die *Annahme eines Kontinuums* zwischen der *verdeckten, nicht beobachtbaren Handlungsrepräsentation* und der *sichtbaren Handlungsausführung*. Dabei hat eine *Handlungsausführung* immer ein *verdecktes vorausgehendes Stadium*, eine *Handlungsrepräsentation* muss hingegen nicht *zwangsläufig* in eine *sichtbare Ausführung* enden. Die *Repräsentation* wird *progressiv* und *auf dynamische Weise* zu einer *sichtbaren Handlungsausführung* transformiert. Jeannerod (2006, S. 2) bezeichnet sie als „*hidden part of the action*“, sodass wenn die *Handlungsrepräsentation* *gebildet* wird, die *Handlung* quasi auch schon „*under way*“, also *unterwegs*, ist.

1.4.3 Das Modell der Funktionalen Äquivalenz

Ausgehend von der Unterscheidung in perzeptuelle Repräsentation und Handlungsrepräsentation ergeben sich für Jeannerod (2006) zwei Formen der Funktionalen Äquivalenz: die *Visuelle Vorstellung* (*visual imagery*), die als äquivalent zur *Visuellen Wahrnehmung* (*visual perception*) gilt, sowie die *Bewegungsvorstellung* (*motor imagery*), die als äquivalent zur *Bewegungsausführung* (*actual movement*) betrachtet wird (s. Abb. 8).

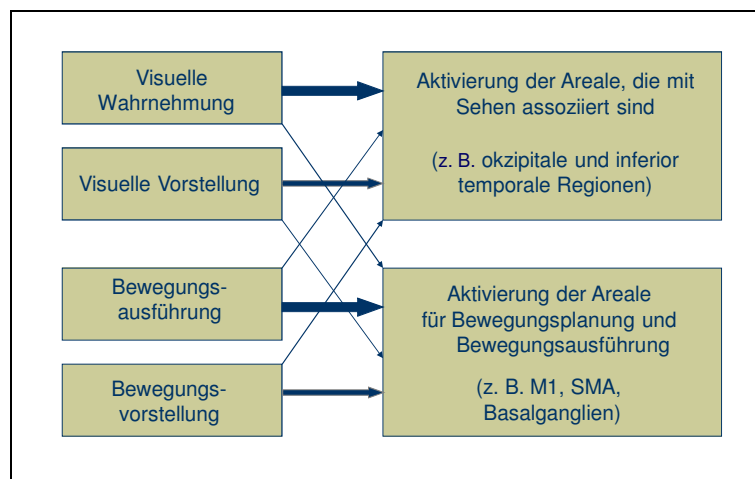


Abbildung 8

Das Modell der Funktionalen Äquivalenz (Jeannerod, 1994; mod. nach Morris, Spittle & Watt, 2007, S. 166).

Die Hypothese der Funktionalen Äquivalenz besagt, dass an Bewegungsvorstellung und Bewegungswahrnehmung oder -ausführung ähnliche neuronale Strukturen oder Prozesse beteiligt sind (Jeannerod, 1994; vgl. Finke, 1985). Der obere Teil der Abbildung zeigt, dass *Visuelle Vorstellung* Areale aktivieren soll, die auch der visuellen Wahrnehmung zu Grunde liegen. Bewegungsausführung und Bewegungsvorstellung, im unteren Teil der Abbildung dargestellt, sollen ebenfalls nahezu gleiche neuronale Strukturen und Prozesse aktivieren und damit auch ähnliche funktionale Ergebnisse produzieren. Die Dicke der Pfeile stellt dabei den Grad der Aktivierung dar. Je dicker der Pfeil, desto stärker ist die verzeichnete neuronale Aktivität.

Viele Untersuchungen finden in Arealen, die mit Sehen assoziiert sind, also in okzipitalen und inferioren temporalen Regionen (s. Abb. 8), ähnliche Aktivierung bei Aufgaben zur visuellen Wahrnehmung und Aufgaben zur visuellen Vorstellung (Kossely et al., 1993; Peronnet & Farah, 1989).

Bewegungsausführung wie -vorstellung sollen Neuronenverbindungen im supplementärmotorischen Areal, in den Basalganglien oder im primär motorischen Kortex optimieren (Romero et al., 2000).

Die Arbeitshypothese, die Jeannerod vertritt, versucht die Verbesserung motorischer Leistung durch Bewegungsvorstellung mit dem zentralen Argument der Äquivalenz zu erklären. Die Funktionale Äquivalenz bezieht sich allerdings nicht nur auf neuronale Strukturen, sie setzt sich aus mehreren Annahmen zusammen. Die zentralnervöse Erklärung geht vom gleichen neurophysiologischen Substrat und den gleichen neuronalen Steuerungscode für Lernen

durch Vorstellung und durch Ausführung aus. Bewegungsvorstellung wie auch Bewegungsausführung müssten somit beide zu einer Verbesserung der synaptischen Effizienz in entscheidenden Teilen des sensomotorischen Systems (s. Abschn. 1.4.1), bspw. im Kleinhirn und den Basalganglien führen. Ausführung und Vorstellung zeichnen sich ferner durch gleiche Merkmale, gleiche funktionale Beziehungen und damit durch die gleiche kausale Rolle beim Erzeugen von Bewegungen aus. Der einzige Unterschied ist, dass bei der Bewegungsvorstellung die „Endglieder blockiert“ werden (Volpert, 1969; vgl. Abschn. 1.2) und es somit nicht zu einer beobachtbaren Ausführung der Bewegung kommt. Trotz dieses Unterschieds führt Bewegungsvorstellung zu einer verbesserten Ordnung der Hirnaktivität in Raum und Zeit, was einer verfeinerten und zunehmenden Zuverlässigkeit der neuronalen Strukturen entspricht.

In Anbetracht der Hypothese der Funktionalen Äquivalenz, wirft sich die nachfolgende Frage auf: Wenn motorisches Training zu einer expansiven Reorganisationen kortikaler Motorareale führt (s. Abschn. 1.4.1) und wenn vorgestellte Bewegung und ausgeführte Bewegung auf gleichen neuronalen Substraten beruhen (s. Abschn. 1.4.3), lässt sich dann auch einem systematischen Mentalen Training ein derartiger Einfluss auf Veränderungen kortikaler Strukturen zusprechen? Der Antwort auf diese Frage wird im Folgenden nachgegangen.

1.5 Empirische Befunde zur Neuronalen Simulationstheorie

Das Modell der Funktionalen Äquivalenz ist zentraler Bestandteil der Neuronalen Simulationstheorie. Ziel der nachfolgenden Abschnitte ist es, die Befundlage, die eine Funktionale Äquivalenz und damit die Simulationstheorie untermauert, zu systematisieren. Studien hierzu vereinen die Methoden der Kognitionspsychologie mit solchen der kognitiven Neurowissenschaft in ganz spezifischer Weise. Die Vorgehensweise basiert teilweise auf Introspektion und mentaler Chronometrie sowie auf der Messung physiologischer und zentralnervöser Prozesse. So wird der Einblick in verborgene, interne Zustände (Bewegungsrepräsentationen vgl. Abschn. 1.1; Handlungsrepräsentationen vgl. Abschn. 1.4.2) möglich, die mit Handlungen in Verbindung stehen.

Während das Phänomen der visuellen Vorstellung im Rahmen der Wahrnehmungs- und Gedächtnispsychologie eine lange Forschungstradition aufweist, erfuhr die Bewegungsvorstellung erst seit den späten 80er Jahren verstärkt Beachtung. Dieser Umstand kann auf die Schwierigkeit zurückgeführt werden, dass motorische Vorstellungsbilder privater Natur und daher nicht mit anderen „teilbar“ sind (Jeannerod, 2006). Visuelle Bilder hingegen beziehen sich auf Sachverhalte, die zur externen Realität gehören und damit für jedermann zugänglich sind. Trotz dieser Schwierigkeit können auch Bewegungsvorstellungen auf objektive Weise untersucht werden. Dazu ist die Annahme nötig, dass vorgestellte

Bewegungen, die immer einen bewussten und einen unbewussten Anteil aufweisen, viele Merkmale mit der tatsächlich ausgeführten Bewegung teilen. Es folgt der Beleg dieser gemeinsamen Eigenschaften.

Zur besseren Strukturierung werden die Befunde zur Funktionalen Äquivalenz in drei große Bereiche und mehrere Unterabschnitte eingeteilt (in Anlehnung an die Unterteilung von Jeannerod, 2006). Die nachfolgende Tabelle 5 veranschaulicht die Gliederung.

Tabelle 5
Systematisierung der Befunde zur Funktionalen Äquivalenz

Ebene	Bereich
Kinematische Merkmale der Bewegungsvorstellung (Abschn. 1.5.1)	Regeln der zeitlichen Ordnung
	Programmierungsregeln: der Zusammenhang zwischen Dauer und Aufgabenschwierigkeit
	Enkodierung biomechanischer Einschränkungen
Dynamische Veränderung in physiologischen Parametern während der Bewegungsvorstellung (Abschn. 1.5.2)	Enkodierung der simulierten Anstrengung
	Erregbarkeit motorischer Schleifen
Zentralnervöse Veränderungen durch die Bewegungsvorstellung (Abschn. 1.5.3)	Die Aktivität des prämotorisch-parietalen Netzwerks während der Handlungsrepräsentation und der -ausführung
	Die Kontroverse über die Beteiligung des primär motorischen Kortex an der Handlungsrepräsentation
	Das Problem der motorischen Inhibition bei Handlungsrepräsentationen

Ferner lassen sich aus den Ausführungen (1.5.1 - 1.5.3) Hinweise auf *Moderatorvariablen* (s. Abschn. 1.5.4) in Bezug auf die Effekte des Mentalen Trainings ableiten.

1.5.1 Kinematische Merkmale der Bewegungsvorstellung

Ausgehend von der Annahme, dass eine vorgestellte Bewegung die auszuführende Bewegung simuliert, werden drei Merkmalsgruppen, die die Kinematik von Vorstellungen und Handlungen verdeutlichen, genauer beleuchtet. Diese betreffen die zeitliche Ordnung, die Programmierungsregeln und biomechanische Einschränkungen (Jeannerod, 2006).

Regeln der zeitlichen Ordnung lassen sich aus Studien zur Mentalen Chronometrie ableiten.

Diese konnten zeigen, dass die Dauer zum tatsächlichen Ausführen einer Aufgabe mit der Dauer der mentalen Ausführung hoch korreliert (Decety, Jeannerod & Prablanc, 1989, Pretzlaff & Munzert 2002; Schott & Munzert, 2002; Sirgiu et al. 1996). Einer der ersten Versuche zum Nachweis der Isochronie der physischen und mentalen Ausführung einer

Bewegung lieferte der bekannte Gehversuch von Decety, Jeannerod, Decety und Prablanc (1989). Die Versuchspersonen legten eine Strecke zu Zielen in fünf, zehn oder fünfzehn Metern Entfernung in der Vorstellung oder der tatsächlichen Ausführung zurück. Das Hauptergebnis war, dass Versuchspersonen im Schnitt die annähernd gleiche Zeit brauchten um das Ziel physisch oder in der Vorstellung zu erreichen.

Die obigen Ergebnisse lassen auf der Ebene der Programmierungsregeln vermuten, dass die Dauer der Vorstellung von der Schwierigkeit der motorischen Aufgabe im gleichen Maße wie bei einer tatsächlichen Ausführung beeinflusst wird (Georgopoulos, Lurito, Pertides, Schwartz & Massey, 1988). Das Fitt'sche Gesetz beschreibt die Reaktionszeit von Bewegungen als Funktion der Distanz, die zurückgelegt wird und der Präzision, die notwendig ist, um das Ziel zu erreichen. Ein Experiment zu mental simulierten Bewegungen in einer dreidimensionalen virtuellen Realität von Decety und Jeannerod (1996) liefert für diesen Zusammenhang Hinweise. Die Versuchspersonen wurden angeleitet mental durch Tore verschiedener Breite und in drei unterschiedlichen Entfernungen zu gehen. Sie signalisierten die Zeitpunkte ihres Startes sowie den des Erreichens des Tores. In Übereinstimmung mit dem Fitt'schen Gesetz wurde die Dauer der mentalen Bewegung von der Aufgabenschwierigkeit moderiert. Die Versuchspersonen benötigten mehr Zeit um Tore, die enger oder weiter weg waren, zu durchlaufen.

Der Versuch von Stevens et al. (2005) ergibt, dass Prozesse der visuellen Vorstellung hierfür keine Erklärung bieten. Die Versuchspersonen legten physisch oder mental Waldwege verschiedener Breite und Länge zurück. In beiden Bedingungen konnte der gleiche Zusammenhang zwischen Dauer und Schwierigkeitsgrad der Aufgabe beobachtet werden. In einer dritten Bedingung sollten die Versuchspersonen mental einen Gegenstand entlang dieser Pfade verschieben. Bei dieser Aufgabe der visuellen Vorstellung war die Dauer der vorgestellten Verschiebung nur eine Funktion der Weglänge und blieb von der Wegbreite, die der Aufgabenschwierigkeit entsprach, unbeeinflusst.

Untersuchungen aus diesem Bereich der zentral motorischen Regeln zeigen im Allgemeinen, dass Programmierungsregeln, die bei der Ausführung einer zielbestimmten Handlung gelten, wie bspw. das Fitt'sche Gesetz, sich auch auf vorgestellte Handlungen anwenden lassen. Dies wird damit begründet, dass die Programmierungsregeln Teil der Handlungsrepräsentation sind (Jeannerod, 2006).

Untersuchungen zur Enkodierung biomechanischer Einschränkungen benutzen drei Arten von Aufgaben: Aufgaben zur Griff-Wahl (Rosenbaum, 1990; Johnson et al. 2000), sogenannte Hand-Rekognitions-Aufgaben, die mentale Rotation beinhalten (Parsons, 1994; s. Abb. 9) und Aufgaben, die die Entscheidung bezüglich der Durchführbarkeit einer Bewegung verlangen (Frak, Paulignan & Jeannerod, 2001; Tucker & Ellis, 1998). Diese Aufgaben sind, anders als bei der bisher behandelten Bewegungsvorstellung, dadurch gekennzeichnet, dass

sie unbewusst geformt und ohne eine explizite Strategie angewendet werden. Die Versuchsperson simuliert die potentielle Handlung spontan auch wenn sie nicht die Instruktion erhält, die Aufgabe mental oder physisch auszuführen.

Rosenbaum et al. (1990) untersuchten mit Aufgaben zur Griff-Wahl die Organisation von räumlichen Kurven, die der Arm bei einer Greifbewegung beschreibt. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die Wahl der bequemen finalen Handposition vor dem Einleiten der Bewegung, das heißt auf der Ebene auf der die Handlung repräsentiert und vorbereitet wird, ausgeführt wird. Johnson et al. (2000) konnten belegen, dass vorgestelltes Greifen den gleichen Optimierungsregeln wie tatsächliches Greifen folgt.

Parsons (1994) versuchte mit Hand-Rekognitions-Aufgaben die Frage zu beantworten, ob das Gesetz der Mentalen Rotation (Shepard & Metzler, 1971) mit der Rotation von Körperteilen reproduziert werden kann. Den Versuchspersonen von Shepard und Metzler (1971) wurden ein Testobjekt und ein Referenzobjekt visuell präsentiert. Sie sollten die Ausrichtungen der Objekte miteinander vergleichen und angeben, ob sie identisch seien. Es zeigte sich, dass, die Reaktionszeit bis zur korrekten Antwort eine Funktion des Rotationswinkels des Testobjekts ist. Parsons übertrug diese zur visuellen Vorstellung gehörige Aufgabe auf ein Paradigma der Bewegungsvorstellung und lies seine Versuchspersonen Fotos von Händen unterschiedlicher Ausrichtung miteinander vergleichen (s. Abb. 9).

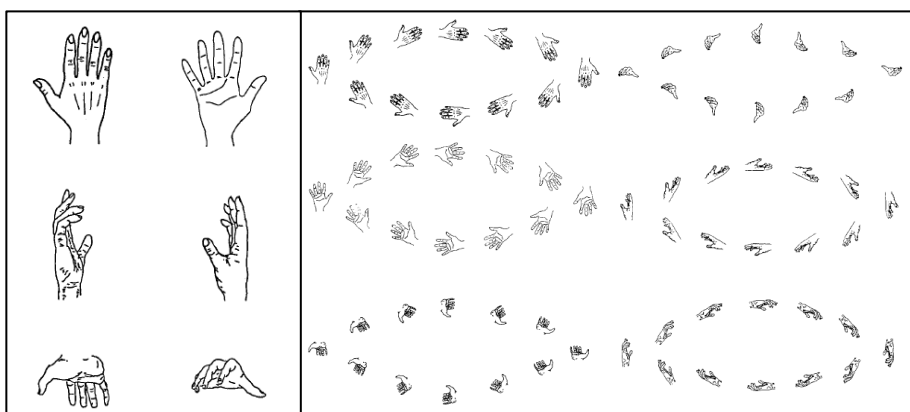


Abbildung 9 *Mentale Rotation von Körperteilen: Stimuli im Experiment von Parsons (1994, 711-712).* Parsons (1994) untersuchte, ob das Gesetz der Mentalen Rotation (Shepard & Metzler, 1971) bei der Rotation von Körperteilen ebenso Gültigkeit hat. Der Versuchspersonen wurden Hand-Rekognitions-Aufgaben vorgelegt. Der linke Teil der Abbildung zeigt verschiedenen Ansichten der rechten Hand. Der rechte Teil veranschaulicht Rotationen der einzelnen Handpositionen der rechten Hand. So ergaben sich für jede Hand 72 verschiedene Positionen.

Anders als bei der Rotation neutraler Objekte, war die Reaktionszeit im Falle der Rotation von Körperteilen nicht nur vom Rotationswinkel sondern interessanterweise auch von der Richtung der Rotation abhängig. Die Reaktionszeit war von der Bewegungskurve abhängig, der die Hand hätte folgen müssen, wenn die Bewegung tatsächlich ausgeführt worden wäre.

Es schien, dass die Versuchspersonen ihre eigene Hand mental in die Vergleichsposition rotierten. Während visuelle Formen wie bei Shepard und Metzler frei in jede Richtung gedreht werden können, ist die Rotation der Hand durch biomechanische Einschränkungen begrenzt. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass es sensomotorische Strukturen gibt, die der mentalen Simulation von Handlungen zugrunde liegen.

Bei Aufgaben, die die Entscheidung bezüglich der Durchführbarkeit einer Bewegung verlangen, beurteilen die Versuchspersonen, ob das Greifen eines Objekts, bspw. einer Tasse, leicht, schwer oder nicht möglich ist (Frak et al., 2001). Die Ergebnisse zeigen, dass die Reaktionszeit bis zur Antwort eine Funktion der Ausrichtung des Objekts darstellt. Dies lässt vermuten, dass die Versuchspersonen die Handbewegung um die Tasse zu greifen mental simulieren. Dabei herrscht eine zeitliche Nähe zwischen tatsächlich ausgeführter und vorgestellter Bewegung vor. Tucker & Ellis (1998) ließen Versuchspersonen Objekte und ihre Abbildung daraufhin prüfen, ob man sie ergreifen kann oder nicht. Werkzeuge oder ihre Abbildung, nicht jedoch nicht greifbare Objekten wie Häuser oder Autos, lösen beim Betrachter die verborgene Handlung aus, diese zu benutzen.

Bei den skizzierten Experimenten zur Enkodierung biomechanischer Einschränkung kommen verborgene Handlungsanteile zu Tage. Diese besitzen die gleichen Merkmale wie die ausgeführte Bewegung und stehen daher in direktem Zusammenhang mit den impliziten Vorbereitungsprozessen, die normalerweise vor der Ausführung von Alltagshandlungen stattfinden.

Abschließend lässt sich festhalten, dass Experimente zur Kinematik nachweislich gemeinsame Merkmale von Vorstellungen und Handlungen in Bezug auf die zeitliche Ordnung, die Programmierungsregeln und biomechanische Einschränkungen belegen.

1.5.2 Dynamische Veränderung in physiologischen Parametern während Bewegungsvorstellung

Ausgangspunkt ist erneut die Idee, dass eine vorgestellte Bewegung auf den gleichen Mechanismen beruht wie eine ausgeführte Bewegung, mit dem einzigen Unterschied, dass bei der Vorstellung das motorische „Endglied blockiert“ ist (Volpert, 1969; vgl. Abschn. 1.2). Die Annahme der Funktionalen Äquivalenz zwischen dynamischer Vorstellung und ausgeführter Handlung lässt vermuten, dass bei Bewegungsvorstellungen ähnliche physiologische Korrelate wie bei ausgeführten Bewegungen nachweisbar sind. Dazu werden zwei Phänomene genauer beleuchtet: die zentrale Enkodierung der simulierten Anstrengung und auf Rückenmarksebene die Änderung der Erregbarkeit motorischer Schleifen (Jeannerod, 2006).

Mit der Untersuchung der Enkodierung der simulierten Anstrengung geht man der Frage nach, ob Adaptation an eine Beanspruchung, neben der gut erforschten Reflexkomponente, auch eine zentrale Komponente aufweist.

Ausführung von Bewegung führt zur Herausbildung von Muskelkraft. Dies wiederum benötigt metabolische Veränderungen, die ihrerseits die Adaptation des Organismus an die Beanspruchung erfordern. Die Vermutung liegt nahe, dass Vorstellung keine Adaptation hervorrufen sollte, da es zu keiner muskulären Aktivierung kommt. In Wirklichkeit aber hat die Adaptation an eine Beanspruchung eine zentrale Komponente. Den Nachweis erbrachte unter anderem die bereits erwähnte Studie zur Dauer des mentalen Gehens verschieden weiter Strecken von Decety et al. (1989; vgl. Abschn. 1.5.1). In einem zweiten Experiment wurde als weitere abhängige Variable das Tragen eines 25 kg schweren Gewichts auf dem Rücken eingeführt. Abbildung 10 verdeutlicht die Ergebnisse der beiden Experimente.

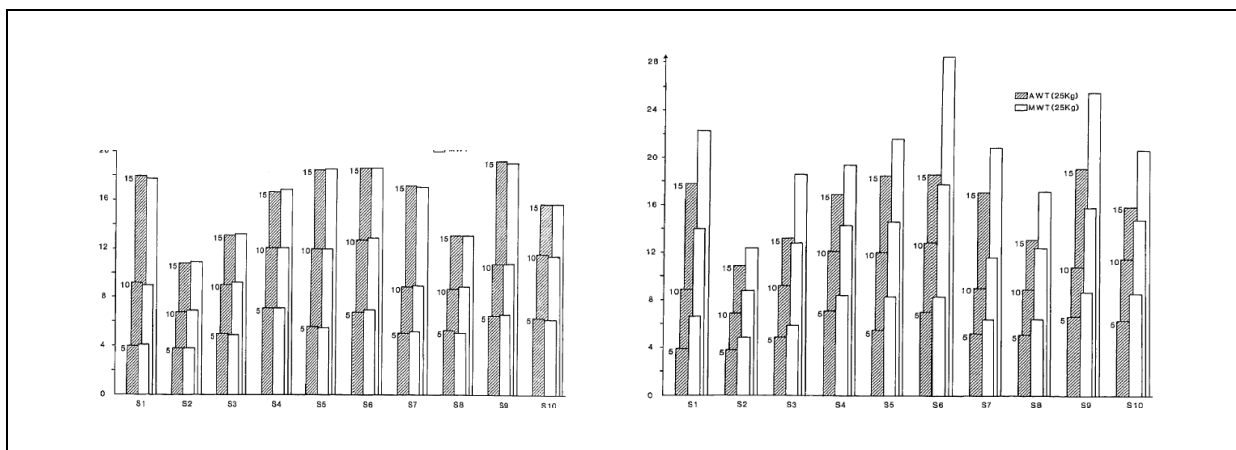


Abbildung 10

Dauer des mentalen Gehens: Ergebnisse eines Experiments (Decety et al., 1989).

Zehn Versuchspersonen (x-Achse: S1: Vpn. 1 bis S10: Vpn. 10) legten eine Strecke zu Zielen in 5, 10 oder 15 m Entfernung (y-Achse) in der Vorstellung (weiße Balken) oder der tatsächlichen Ausführung (graue Balken) zurück. Auf der y-Achse wurde die benötigte Zeit abgetragen.

Linke Abbildung: Das erste Experiment ergab, dass Versuchspersonen im Schnitt annähernd gleich lang brauchten, um das Ziel physisch oder in der Vorstellung zu erreichen.

Rechte Abbildung: In einem zweiten Experiment wurde das Tragen eines 25 kg schweren Gewichts auf dem Rücken eingeführt. Eine Zunahme der Zeiten um 30% wurde verzeichnet, allerdings nur in der mentalen Bedingung.

Versuchspersonen, die in der Vorstellung mit der Last auf dem Rücken gingen, benötigten hierfür 30% mehr Zeit als in der Bedingung ohne Gewicht. Hingegen brauchten sie in der Bedingung der physischen Ausführung gleichlang, unabhängig davon, ob sie das Gewicht auf dem Rücken trugen oder nicht. Die Zeitgleichheit erreichten sie indem sie in der Bedingung mit Gewicht bei der Ausführung mehr Muskelkraft aufbrachten. Das Plus an Muskelkraft entspricht in der physischen Bedingung einer automatischen Adaptation. In dem Moment in dem die Versuchspersonen beachteten, dass sie ein Gewicht tragen würden, generierten sie

zentral eine größere Kraft, um den Widerstand den das Gewicht erzeugte, zu überwinden. In der physischen Bedingung ergab sich aus dem Kraftanstieg ein Einhalten der Geschwindigkeit. In der mentalen Bedingung wurde die enkodierte Kraft nicht benutzt, um den Widerstand den das Gewicht erzeugte zu überwinden, da die Versuchspersonen den Kraftanstieg als ein Anstieg der Dauer interpretierten.

Diese Befunde konnten von Ceritelli et al. (2000) bei einer *Zeigeaufgabe* mit einem leichten beziehungsweise einem zwei kg schweren Stab repliziert werden. Die Autoren beider Studien vermuten, dass Muskelkraft zentral, also auf Ebene der Repräsentation, enkodiert wird. Diese Enkodierung sollte sich dann in physiologischen Variablen, wie Atem- oder Herzfrequenz, die normalerweise bei der Adaptation an eine metabolische Beanspruchung in Folge muskulärer Anstrengung beteiligt sind, widerspiegeln.

Aus der Interpretation der obigen Befunde lässt sich die Annahme ableiten, dass das autonome System, das unter anderem für kardiopulmonale Anpassung an Beanspruchung zuständig ist, während Bewegungsvorstellung unterschiedlichen Anstrengungsgrades, gestufte sichtbare Veränderungen aufweisen müsste. Drei Argumentationsstränge belegen die Annahme, dass zentrale Muster vegetativer Kommandos, also eine zentrale Aktivierung des autonomen Systems, existieren. Der Versuch von Gandevia et al. (1993) belegt die Annahme der abgestuften Veränderungen. Erstens konnte eine Zunahme der Herz- und Atemfrequenz zu Beginn beziehungsweise vor einem Training beobachtet werden (Adams, Guz, Innes & Murphy, 1987). Da dieser Effekt mit einer Erhöhung des Muskelmetabolismus einhergeht, kann er nur auf zentrale Kommandos zur Antizipation metabolischer Veränderungen zurückgeführt werden.

Zweitens konnten hoch konsistente Veränderungen der Herz- und Atemfrequenz beim Sprint und Pedallieren beobachtet werden (Decety, Jeannerod, Germain & Pastene, 1991; Decety, Jeannerod, Durozard & Baverel, 1993). Daraus folgern die Autoren, dass autonome Aktivität während einer Bewegungsvorstellung zum gleichen Phänomen der zentralen Aktivierung gehört, wie jene autonome Aktivität, die während der Vorbereitung auf eine Bewegung beobachtet wird. Mit anderen Worten wird die Äquivalenz der autonomen Aktivität während einer Bewegungsvorstellung und während der Vorbereitung auf eine Bewegung angenommen.

Drittens wurden in einem raffinierten Experiment von Gandevia (1993) künstlich gelähmte Versuchspersonen angeleitet muskuläre Kontraktionen verschiedener Stärke zu produzieren. Tatsächlich konnten abgestufte kardiovaskuläre Veränderungen verzeichnet werden. Da eine komplette Lähmung vorlag, konnten die Veränderungen nicht auf eine muskuläre Restaktivität zurückgeführt werden, sondern mussten zentralnervös verursacht sein.

Die Änderung der Erregbarkeit motorischer Schleifen wird mit Hilfe der Elektromyografie (EMG) und der transkraniellen Magnetstimulation (TMS) untersucht. EMG ist ein Verfahren,

bei dem die natürliche, elektrische Aktivität eines Muskels gemessen wird. Ausgangsidee der Forschungsarbeit von Bonnet, Decety, Requin und Jeannerod (1997) war, dass in der Muskelgruppe, die in die vorgestellte Aktivität involviert ist, eine gewisse elektromyografisch erfassbare Restaktivität bleibt. Motorische Kommandos werden nur bis zu gewissem Grad blockiert (Volpert, 1969; vgl. Abschn. 1.2), sodass sich die Motoneurone in den Muskeln kurz vor dem Feuern befinden. Die Messung der Spinalreflexe während der Bewegungsvorstellung ergab, dass H-Reflexe (durch elektrische Reizung eines Nervs ausgelöstes Muskelaktionspotenzial) und T-Reflexe (Sehnenreflexe) zunahmten, wobei der Grad der Zunahme mit dem in der Vorstellung simulierten Kraftgrad korrelierte.

Mit Hilfe von TMS, einer nichtinvasiven Technologie, mit starken Magnetfeldern, können Bereiche des Gehirns sowohl stimuliert als auch gehemmt werden. Das Verfahren erlaubt ferner die Messung von motorischen evozierten Potenzialen. Wird nun ein bestimmtes Gebiet des motorischen Kortex elektrisch stimuliert, führt dies zu motorisch evozierten Potenzialen in den kontralateralen Muskeln. Eine Reihe von Arbeiten lieferten konsistente Befunde zu einem spezifischen Zuwachs motorisch evozierter Potenziale in den Muskeln, die in der Bewegungsvorstellung beteiligt waren, jedoch keinen Zuwachs motorisch evozierter Potenziale in denjenigen Muskeln, die bei der Bewegungsvorstellung nicht involviert waren (Fadiga et al., 1999; Rossini, Rosse & Tecchio, 1999). Clark et al. (2004; zitiert nach Jeannerod, 2006, S. 31) verglichen die Amplituden motorisch evozierter Potenziale während der Vorstellung, der Beobachtung und der Ausführung einer Handbewegung. Vorstellung und Beobachtung führten zu ähnlichen Potenzialen im betroffenen Handmuskel. Obwohl die Amplitude bei der Vorstellung kleiner war als bei der tatsächlichen Bewegungsausführung, wurden die Ergebnisse als Beleg eines gemeinsamen Mechanismus von Handlungsrepräsentation und Exekutive gedeutet.

Aus den Experimenten zur Enkodierung der simulierten Anstrengung kann gefolgert werden, dass autonome Aktivierung während der Bewegungsvorstellung zu den gleichen Phänomenen der zentralen Aktivierung gehört, wie die, die während der Vorbereitung auf eine Bewegung beobachtet wird. Die Experimente zur Erregbarkeit motorischer Schleifen lassen ebenfalls den Schluss zu, dass es einen gemeinsamen Mechanismus gibt, der sowohl bei Handlungsrepräsentationen wie auch bei der Exekutive benutzt wird.

1.5.3 Zentralnervöse Veränderungen durch Bewegungsvorstellung

Nach der Betrachtung kinematischer Merkmale von Bewegungsvorstellung (s. Abschn. 1.5.1) und dynamischer Veränderungen in physiologischen Parametern während der Bewegungs-

vorstellung (s. Abschn. 1.5.2) interessieren in den nachfolgenden Abschnitten durch Bewegungsvorstellung verursachte Veränderungen auf der Ebene, auf der motorische Kommandos erzeugt werden. Dazu werden zunächst Befunde zur Aktivierung des prämotorisch parietalen Netzwerks (s. Abschn. 1.4.1) vorgestellt. Es folgt die Auseinandersetzung mit der uneinheitlichen Datenlage zur Beteiligung des primär motorischen Kortex (s. Abschn. 1.4.1). Abschließend wird auf das Problem der motorischen Inhibition bei Handlungsrepräsentationen eingegangen.

Seit den Pionierstudien von Ingvar & Philipsson (1977) und Roland, Larsen, Lassen und Skinhoj (1980) erfuhr die Erforschung der funktionellen Anatomie der Handlungsrepräsentation einen enormen Aufschwung durch die Entwicklung neuer bildgebender Verfahren.

Bei der Durchsicht der publizierten Befunde stößt man auf übereinstimmende Ergebnisse zu den Aktivierungsmustern bei verschiedenen Arten der Bewegungsvorstellung und zu der Überlappung der Aktivierung bei Bewegungsausführung und Bewegungsvorstellung (vgl. Metaanalyse von Grèzes & Decety, 2001). Bezüglich der Aktivierung des prämotorischen Kortex und des posterioren parietalen Kortex besteht ein breiter Konsens, während hinsichtlich der Beteiligung des primär motorischen Kortex noch immer eine kontroverse Befundlage vorherrscht.

Bildgebende Untersuchungen zur Bewegungsvorstellung weisen unumstritten die Aktivität des prämotorisch-parietalen Netzwerks während der Handlungsrepräsentation und der Handlungsausführung nach. Decety et al. (1994) untersuchten die Hirnaktivität bei vorgestellten Greifbewegungen mit Hilfe der Positronen-Emissions-Tomografie. Hierbei konnte ein Anstieg des regionalen zerebralen Blutflusses in dorsale und laterale Anteile der Area 6, die dem supplementärmotorischem Areal und dem prämotorischen Kortex entsprechen, sowie in parietale Anteile kaudal und ventral zum primären Parietalkortex verzeichnet werden.

Die Ergebnisse von Decety et al. (1994) wurden in einer Vielzahl von Studien repliziert, die entweder bewusst vorgestellte Bewegungen (Grafton et al., 1996; Hanakawa et al., 2003; Stephan et al., 1995) oder unbewusst perzeptiv basierte Aufgaben verwendeten (Parsons et al., 1995). Interessanterweise konnte die Aktivität des prämotorisch-parietalen Netzwerks auch in zwei Situationen nachgewiesen werden, die Bewegungsvorstellung nur indirekt involvieren könnten, nämlich bei der einfachen visuellen Präsentation greifbarer Objekte, wie Hammer, Zange oder Säge (Chao & Martin, 2000) und beim Hören von Wörtern, die eine Bewegung der Arme, Beine oder des Gesichts beinhalten (Hauk, Johnsrude & Pulvermüller, 2004). Ein

und dieselbe Repräsentation scheint demnach all diesen unterschiedlichen mentalen Zuständen zu Grunde zu liegen.

Untersuchungen, die zwei Arten von Vorstellungsaufgaben vergleichen, nämlich die Hand-Rekognitions-Aufgabe von Parsons (1994; vgl. Abschn. 1.5.1 und Abb. 9) mit der Aufgabe neutrale visuelle Objekte mental zu rotieren (deLange, Hagoort & Toni 2005; Kosslyn, DiGirolamo, Thompson & Alpert, 1998) erbrachten den Nachweis, dass *Visuelle Vorstellung*, die als äquivalent zur *Visuellen Wahrnehmung* gilt, sowie *Bewegungsvorstellung*, die als äquivalent zur *Bewegungsausführung* gilt, unterschiedliche Netzwerke aktivieren. Bei Bewegungsvorstellung und Bewegungsausführung weisen einige Hirnstrukturen überlappende Aktivität auf. In nahezu gleichem Ausmaß findet sich die Beteiligung des lateral prämotorischen Kortex (Rizzolatti, Fadiga, Gallese & Fogassi, 1996; Lotze et al., 1999; Gérardin et al., 2000; Hanakawa et al., 2003). Ähnlich verhält es sich beim supplementärmotorischen Areal (Stephan et al., 1995; Grafton et al., 1996; Lotze, et al. 1999; Gérardin et al., 2000), wobei bei der Vorstellung die Aktivierung stärker rostral ist, als es bei der Ausführung zu sein scheint. Die Beteiligung des ventralen Areals 6 im inferioreren frontalen Gyrus wird bei der Vorstellung häufig, bei der Ausführung etwas seltener verzeichnet (Jeannerod, 2006). Eine große Überlappung neuronaler Strukturen lässt sich ferner in den parietalen Gebieten beobachten (Hanakawa et al., 2003).

Die Kontroverse über die Beteiligung des primär motorischen Kortex an der Handlungsrepräsentation wurde letztendlich dadurch ausgelöst, dass die Befunde widersprüchlich ausfielen. Während einige Untersuchungen keine Aktivierung des primär motorischen Kortex während der Bewegungsvorstellung verzeichneten (Roland et al., 1980; Decety et al., 1994; Dechent, Merbolt & Frahm, 2004; Hanakawa et al., 2003), wiesen andere Studien eine Aktivierung nach (Dechent et al., 2004; Luft, Skalei, Stefanou, Klose & Voigt, 1998; Porro et al., 1996; Roth et al. 1996; Gerardin et al., 2000).

Frühe funktionelle Untersuchungen mittels direkter kortikaler Stimulation sprachen dem primär motorischen Kortex eine eingeschränkte Funktion, nämlich die Auswahl einer angemessenen „muskulären Adresse“ und das Enkodieren der Muskelstärke zu, die zur Ausführung der Bewegung benötigt wird (Jeannerod, 2006). Neuere experimentelle Untersuchungen deuten darauf hin, dass die Bedeutung des primär motorischen Kortex für die Bewegung weit komplexer sein könnte. Dabei zeichnen sich zwei zentrale Untersuchungsrichtungen ab. Eine Strömung befasst sich mit der Plastizität der somatotopen Organisation des primär motorischen Kortex, die andere untersucht seine Beteiligung an kognitiven Funktionen.

Die somatotopische Organisation des primären motorischen Kortex ist instabil. Sie kann durch periphere Veränderungen in den neuromuskulären Verbindungen, durch motorisches Lernen oder Training radikal umstrukturiert werden. Untersuchungen von Patienten nach Amputation oder von Patienten mit Phantomschmerzen (s. 2.3.2) erbringen grundlegende Erkenntnisse zur Reorganisation. Der Ausfall somatosensibler Afferenzen, der durch Amputation einer Extremität bedingt ist, führt zu einer Verkleinerung des zugehörigen Repräsentationsareals. Gleichzeitig kommt es zu einer Invasion der deafferenzierten Rindenzone durch benachbarte Rindenareale (Pons et al., 1991). Dieses Phänomen scheint jedoch reversibel zu sein (Giraux, Schneider & Dubernard, 2001; vgl. Abschn. 1.4.1).

Plastische Modifikation der somatotopischen Organisation des primären motorischen Kortex erfolgt auch nach motorischem Training. Merzenich et al. (1984) konnten als Erste im Tierversuch nachweisen, dass intensives Training zu einer Vergrößerung kortikaler Repräsentationen der trainierten Körperteile führt. Mit bildgebenden Verfahren konnten bei professionellen Musikern derartige durch Trainings bedingte neuronale Veränderungen gezeigt werden (Jancke, Shah, & Peters, 2000). Obwohl die Trainingseffekte der motorischen Wiederholung zum Teil durch periphere Faktoren, wie die Zunahme des reafferenten Inputs der bewegten Gliedmaße, erklärt werden können (Johnson, 1982), sind sie auch auf zentrale Faktoren zurückzuführen. Dafür sprechen die Ergebnisse von Pascual-Leone et al. (1995). Sie prüften die kortikalen Veränderungen bei einer einhändigen Klavierübung mittels transkranieller Magnetstimulation. Sie ließen die Versuchspersonen, die keine geübten Klavierspieler waren, eine einfache Bewegungssequenz fünf Tage lang, zwei Stunden praktisch oder mental trainieren. Die gleich große Zunahme der Aktivierungsamplitude und der Größe der kortikalen Repräsentation belegen, dass Mentales Training ausreicht um zu plastischen Veränderungen in den Repräsentationen zu führen. Dieser Trainingseffekt wird von den Autoren auf die Einrichtung und die Aktivierung bestehender neuronaler Verbindungen zurückgeführt.

Die obigen Befunde veranlassen daher die Funktion des primär motorischen Kortex zu überdenken. Von einem primär motorischen Kortex, der nur die Funktion hat motorische Kommandos zu übermitteln, wäre nicht zu erwarten gewesen, dass er für Langzeitveränderungen in seinem intrinsischen Arrangement und seiner intrinsischen Konnektivität zuständig ist.

In jüngster Zeit werden sogar kognitive Funktionen des primär motorischen Kortex diskutiert. Nach Georgopoulos (2000) ist der primär motorische Kortex ein kognitives Areal in dem Sinne, dass er in kognitiv motorische Prozesse involviert ist. Georgopoulos et al. (1988) untersuchte die Veränderung der Aktivität im primär motorischen Kortex beim Rhesusaffen. Bewegung in eine beliebig vorgegebene Richtung führt dazu, dass *Neuronenpopulationen* mit unterschiedlichen Vorzugsrichtungen aktiviert werden, wobei die Richtung des

Populationsvektors und die Bewegungsrichtung identisch sind (Kandel, Schwartz & Jessell, 2000). Der Affe wurde im Versuch angeleitet eine Armbewegung auf ein virtuelles Ziel auszuführen. Das virtuelle Ziel befand sich vom präsentierten Stimulus um 90° gegen den Uhrzeigersinn rotiert. Die Ergebnisse konnten zeigen, dass sich vor der Ausführung der Bewegung, also während der Zielselektion, die Aktivität der Neuronenpopulation, die die Bewegungsrichtung codierte, von der gezeigten zur virtuellen Zielrichtung hin veränderte. Das Tier vollführte also eine mentale Rotation des Stimulus bis dieser zu der Zielrichtung passte. In der systematischen Veränderung der Aktivität des primär motorischen Kortex während einer kognitiven Operation sehen die Autoren den Beleg dafür, dass der primär motorischen Kortex Teil eines neuronalen Simulationsprozesses ist, der als Basis für Handlungsrepräsentationen dient.

Vor dem Hintergrund dieses Befundes und der Argumentation ist für Jeannerod (2006) bei der Bewegungsvorstellung eine Aktivierung des primär motorischen Kortex zu erwarten. Mittels funktioneller Magnetresonanztomografie (fMRT) und mittels PET wird allerdings nicht bei jeder Versuchsperson eine Aktivierung gefunden. Liegt eine Aktivierung vor, ist sie in der Regel weniger stark als bei der Ausführung derselben Bewegung (Hanakawa et al., 2003). Michelon, Vettel und Zacks (2006) berichten, dass die Aktivierung allerdings auf Gruppenebene meist signifikant wird. Dies soll exemplarisch an einem Befund verdeutlicht werden (s. Abb. 11).

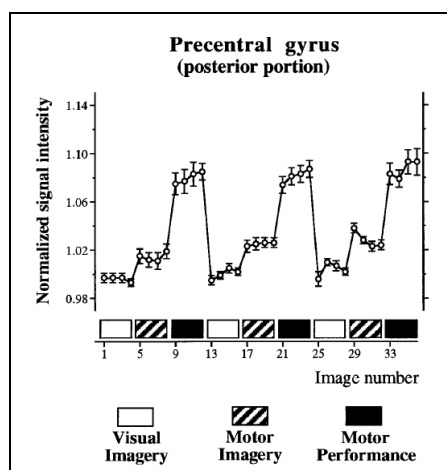


Abbildung 11

Aktivität im primär motorischen Kortex (Porro et al., 1996, S. 7691).

Porro et al. untersuchten die Aktivierung des primär motorischen Kortex (posteriorer präzentraler Gyrus) mittels fMRT bei Fingerbewegungen. Sie verglichen dabei fMRT-Signalstärken einer Kontrollbedingung mit visueller Vorstellung (visual imagery) sowie die der Vorstellung der Bewegung (motor imagery) mit der motorischen Ausführung (motor performance). Die aktivierten Gebiete bei Ausführung und Vorstellung überlappten sich in denselben Voxel. Die Signalstärke im motorischen Kortex, genauer gesagt im posterioren präzentralen Gyrus (vgl. Abschn. x), zeigte allerdings abgestufte Veränderungen. Am höchsten war die Signalstärke im primär motorischen Kortex bei der Ausführung, gefolgt von der Vorstellung und am niedrigsten in der Kontrollbedingung. Dabei war die Differenz zwischen Vorstellung und Ruhebedingung signifikant.

Die Aktivierung des primär motorischen Kortex bei Bewegungsvorstellung scheint zudem transient zu sein: Die höchste Aktivierung wird in den ersten Sekunden der Vorstellung aufgezeichnet, dann verflüchtigt sie sich (Dechent et al., 2004). Die flüchtige Beteiligung des primär motorischen Kortex wird von den Autoren als Grund für die uneinheitlichen Befunde mit bildgebenden Verfahren vermutet. Untersuchungen mit TMS (Pascual-Leone et al., 1995; Rossini et al., 1999; Schnitzler, Selenius, Salmelin, Jousmäki & Hari, 1997), Elektroenzephalografie (EEG) sowie Magnetenzephalografie (MEG; Pfurtscheller, Nauper, Flotzinger & Pregener, 1997) und zu ereignisbezogenen Hirnpotenzialen, sogenannten ERPs (Romero, Lacourse, Lawrence, Schandler & Cohen, 2000) führen zu konsistenten Befunden. Schnitzler et al. (1997) untersuchten die Beteiligung des primär motorischen Kortex bei kontinuierlich durchgeführten Fingerbewegungen mit Hilfe der MEG. Hierbei kann die Aktivierung des motorischen Kortex aus einer spezifischen Veränderung, der Unterdrückung des 20 Hz-Aufschwungs, der durch eine periphere Nerv-Stimulation induziert wird, abgeleitet werden. Die Untersuchung ergab eine Aktivierung bei der Bewegung, der Vorstellung sowie der Beobachtung der Bewegung. Daraus schließen die Autoren die Beteiligung des primär motorischen Kortex in internale Bewegungsrepräsentation.

Fehlende Aktivierung des primär motorischen Kortex bei der Bewegungsvorstellung sollte laut Jeannerod (2006) aus mehreren Gründen sogar überraschen. Erstens ist der primär motorische Kortex direkt verbunden mit dem supplementärmotorischen Areal und dem prämotorischen Kortex. Diese beiden Areale sind bei Bewegungsvorstellung stark aktiviert. Um Input daraus blockieren zu können, müsste der primär motorische Kortex einen komplexen Inhibitionsmechanismus besitzen über den er allein schon aus anatomischen Gegebenheiten nicht verfügen kann. Zweitens wird mit TMS die Aktivierung des kortikospinalen Traktes bei Vorstellungsprozessen nachgewiesen (Fadiga et al., 1999; Rossini et al. 1999). Diese Erregung kann nur durch eine erhöhte synaptische Aktivität auf Ebene der Pyramidaltraktzellen im primär motorischen Kortex erklärt werden. Drittens legt die Annahme der Funktionalen Äquivalenz von Ausführung und Vorstellung einer Bewegung (vgl. Abschn. 1.4.3) die Vermutung nahe, dass die Vorstellung der Bewegung eines Körperteils analog zur Ausführung einen anderen Bereich aktivieren sollte als die Vorstellung der Bewegung mit einem anderen Körperteil. Die Kartierung der Areale bei Bewegungsvorstellung gilt seit der Untersuchung von Ehrsson, Geyer & Naito, 2003) als gesichert (s. Abb. 12).

Mit Hilfe der fMRT-Daten konnte gezeigt werden, dass die aktive Vorstellung der Bewegungen zu somatotop organisierten Aktivierungen im primär motorischen Kortex und den sekundären motorischen Arealen führte. Dabei erfolgt die gleiche körperteilspezifische topografische Organisation wie man sie bei ausgeführter Bewegung beobachten kann. Daraus lässt sich ableiten, dass auch der Inhalt einer Bewegungsvorstellung, hier die

Bewegungskontrolle eines spezifischen Körperteils, während des Mentalen Trainings im kortikalen Aktivitätsmuster nachvollziehbar ist.

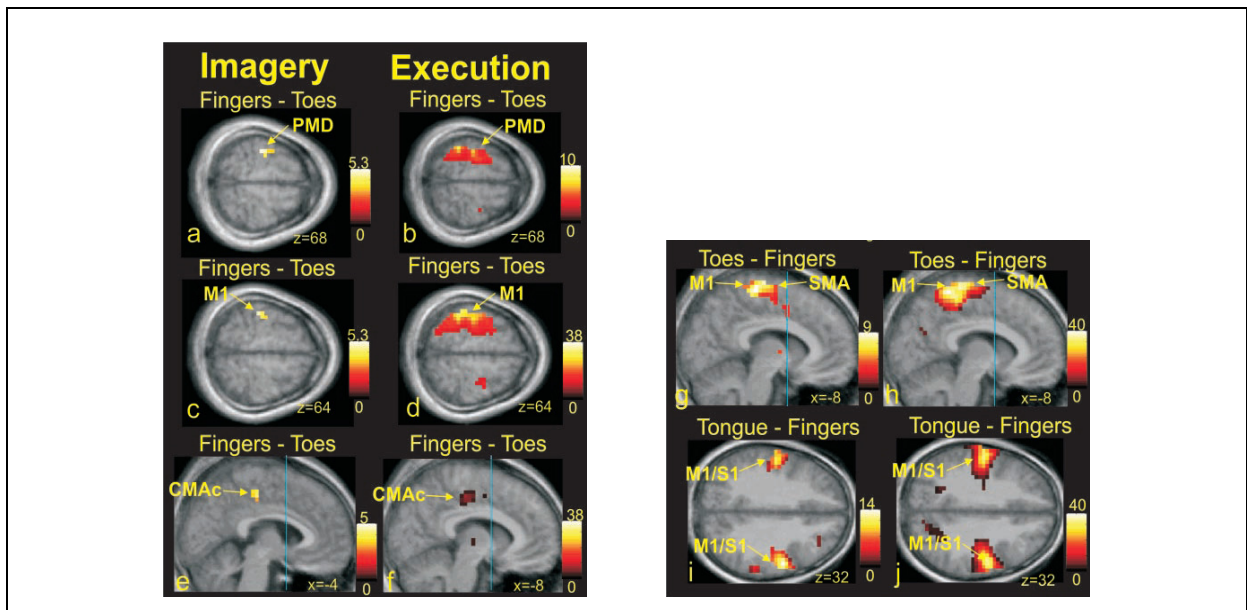


Abbildung 12

Kartierung der Areale bei Bewegungsvorstellung (Ehrsson et al., 2003, S. 3306).

Die Forschergruppe um Ehrsson untersuchte mittels fMRT Bewegungsvorstellung in verschiedenen Körperteilen wie bspw. den Fingern (*fingers*), den Zehen (*toes*) und der Zunge (*tongue*). Die linken Spalten (Bild a, c, e, g, i) zeigen die Aktivierungen verschiedener motorischer Areale, wenn sich die Versuchspersonen vorstellen verschiedene Körperteile zu bewegen. Die rechten Spalten (Bild b, d, f, h, j) zeigen somatotopen Karten, wenn Versuchspersonen die Bewegungen ausführen. Die Betrachtung der beiden Bedingungen zeigt eine vergleichbare körperteilspezifische somatotope Organisation.

Das Problem der motorischen Inhibition bei Handlungsrepräsentationen (Jeannerod, 2006) muss in diesem Kontext angesprochen werden. Ein wesentlicher Aspekt von Bewegungsvorstellungen ist das Fehlen eines offenen motorischen Outputs (James, 1890; s. Abschn. 1.2). In der oben dargestellten Untersuchung von Schnitzler et al. (1997) wurde allerdings bei der Bewegungsvorstellung der Finger eine minimale elektromyografische Aktivität in den Fingern erfasst. Die Beobachtung von Residuen muskulärer Aktivität während Bewegungsvorstellung wirft die Fragen auf, ob und wo neuronale Kommandos von Muskelkontraktionen durch einen aktiven Inhibitionsmechanismus auf der Ebene des motorischen Systems geblockt werden. Die Hypothese einer vom Präfrontalkortex ausgehenden kortiko-kortiko Inhibition besagt, dass Informationen aus dem prämotorischen Kortex und dem supramotorischen Kortex vor dem Erreichen des primär motorischen Kortex vom Präfrontalkortex unterdrückt werden (vgl. Marshall, Halligan, Fink, Wade & Frackowiak, 1997). Diese Annahme ist jedoch vor dem Hintergrund, dass manche Untersuchungen eine Aktivierung des primär motorischen Kortex nachweisen (Dechent et al., 2004; Luft et al., 1998; Porro et al., 1996; Roth et al. 1996; Gerardin et al., 2000) nicht haltbar. Hingegen scheint die Hypothese einer Inhibition unterhalb vom motorischen Kortex auf Ebene des Hirnstamm oder des

Rückenmarks plausibel. Dabei geht man von einem dualen Mechanismus auf Ebene des Rückenmarks aus: Parallel zur Tendenz zu Bewegung, die sich in einer erhöhten Aktivität im kortikospinalen Trakt spiegelt, findet Inhibition statt, um eine offen geäußerte Bewegung zu unterdrücken. Als Ort der Inhibition werden das posteriore Kleinhirn (Lotze et al. 1999; Parsons et al., 1995; Grafton, Arbib, Fadiga & Rizzolatti, 1996) und das Rückenmark (Prut & Fetz 1999) diskutiert. Eine intraspinale Inhibition erscheint plausibel, weil sie nicht nur die blockierte muskuläre Aktivität erklärt, sondern auch der belegten erhöhten Erregung der Motoneurone (Fadiga et al., 1999; Rossini et al. 1999; vgl. Abschn. 1.2) Rechnung trägt.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass eine Vielzahl experimenteller Untersuchungen für die Funktionale Äquivalenz von Handlungsrepräsentationen und Bewegungen sprechen. Es konnte gezeigt werden, dass viele Aspekte ausgeführter Bewegungen zentral repräsentiert sind und, dass Bewegungsrepräsentationen Regeln zeitlicher Ordnung, Programmierungsregeln und biomechanische Einschränkungen, die bei der Ausführung der Bewegung gelten, enkodieren (vgl. Abschn. 1.5.1). Es überrascht nicht, dass Veränderungen, die während Bewegungsvorstellung auf allen Ebenen des motorischen Systems stattfinden (vgl. Abschn. 1.5.2 und 1.5.3), optimierende Modulation des zentralen motorischen Systems bewirken und sich damit auf nachfolgende motorische Ausführung positiv auswirken.

Weitere empirische Nachweise kortikaler Ausdehnungen von Motorarealen infolge systematischer Bewegungsvorstellung und deren Integration zu einem einheitlichen Theoriesystem kommen einer enormen Bereicherung gleich. Mentales Training könnte dann bspw. als ein begleitendes Therapieverfahren bei Sportunfällen (s. Abschn. 2.2), neurologischen Ausfällen (s. Abschn. 2.3) oder orthopädischen Erkrankungen (s. Abschn. 2.4) eingesetzt werden. Dieser neue Weg, den es konsequent fortzuführen gilt, wird in jüngster Zeit verstärkt eingeschlagen. Bevor dazu in Kapitel 2 auf die aktuelle Befundlage eingegangen wird, sollen abschließend aktuell diskutierte Einflussgrößen auf die Effekte des Mentalen Trainings dargelegt werden.

1.5.4 Moderatorvariablen

Im Zuge der neurophysiologischen Untersuchungen zum Mentalen Training wurden eine Reihe weiterer Faktoren und Bedingungen thematisiert, die die Effektivität des Mentalen Trainings beeinflussen können (Mayer & Hermann, 2009; Morris et al., 2005; Dickstein & Deutsch, 2007; s. Abb. 13).

- Perspektive
- Vorstellungsvermögen
- Arbeitsgedächtnis
- Selbstwirksamkeitserwartung
- Motivation

Abbildung 13 *Moderatoren der Wirkung des Mentalen Trainings in der aktuellen Literatur.*

Einen Bewegungsablauf kann man in unterschiedlichen Perspektiven, external observativ oder internal ideomotorisch mental trainieren (vgl. Abschn. 2.1). Die Beziehung zwischen der Perspektive der Versuchsperson und dem Grad der Verbesserung der Leistung ist noch nicht eindeutig geklärt. Ältere Befunde auf diesem Gebiet (Meyers, Cooke, Cullen & Liles, 1979; Rotella, Gansneder, Oiala & Billing, 1980; Epstein, 1980; Mumford & Hall, 1985; Mahoney, Gabriel & Perkins, 1987) fallen zum Teil sogar widersprüchlich aus. Wünschenswert, so Murphy (1994), seien Untersuchungen zu Fragestellungen, ob externale und internale Perspektiven unterschiedliche Merkmale aufweisen, verschiedene Selbstbewusstsein-Levels erzeugen, unterschiedliche Grade an kinästhetischem Bewusstsein erfordern oder andere Effekte auf Erkennung technischer Fehler hervorrufen.

Diesem Forschungsasdesiderat wurde in jüngster Zeit mittels neurophysiologischer Methoden nachgegangen. Dabei stellte sich heraus, dass Mentales Training aus einer internalen Perspektive mehr physiologische Charakteristika (s. Abschn. 1.5.2) mit der Bewegungsausführung teilt, als es beim visuellen Mentalen Training der Fall ist (Solodkin, Hlustik, Chen & Small, 2004). Die untersuchten Merkmale betrafen unter anderem die elektromyografische Aktivität, die Erregbarkeit des kortikospinalen Systems, Parameter des Fitt'schen Gesetzes und autonome Funktionen (vgl. Abschn. 1.5). Im Einklang dazu standen auch die Ergebnisse anderer Forscher, die eine erhöhte elektromyografische Aktivität (Fadiga et al., 1999), mittels TMS eine erhöhte Erregbarkeit des kortikospinalen Systems (Fadiga et al., 1999; Rossini et al., 1999) und nahezu gleiche autonome Reaktionen (Decety et al., 1996) nachweisen konnten. Somit kann eine wesentlich engere Beziehung zwischen der internalen Mentalen Trainingsmethode und der motorischen Ausführung einer Bewegung angenommen werden (Lotze et al., 1999). Unlängst wurde bei der Untersuchung des Zusammenhangs von Alter und Vorstellungsvermögen (Mulder, 2007b; Schott, subm.) eine Wechselwirkung zur Perspektive festgestellt. Bevor darauf genauer eingegangen wird, soll zunächst der Forschungsstand zum Vorstellungsvermögen zusammengefasst werden.

Der Fähigkeit abzuschalten, perseverierende Gedanken auszulöschen und lebhaft zu imaginieren wird eine moderierende Funktion zugesprochen (Eberspächer, 2007). Murphy (1994) legt dar, dass gerade das individuelle Vorstellungsvermögen der Person, im Englischen *imagery ability*, von entscheidender Bedeutung sei (vgl. Start & Richardson, 1964; Ryan & Simons, 1981; Housner, 1984; Goss, Hall, Buckholz & Fishburne, 1986; Isaac & Marks, 1994). Zwar hat jedermann die Fertigkeit Bilder vor dem inneren Auge zu erzeugen und zu nutzen, jedoch ist der Grad dieser Kompetenz interindividuell verschieden. Je nachdem wie gut oder schlecht das Vorstellungsvermögen einer Person ist, sind auch die Effekte des Mentalen Trainings größer oder weniger groß (Hall, 1998). Sportler oder Patienten mit einem hohen Vorstellungsvermögen werden sich innere Bilder intensiver vorstellen können und dadurch möglicherweise bessere Ergebnisse in ihren anschließenden körperlichen Bewegungen erzielen. Vorstellungsvermögen scheint also den Zusammenhang zwischen Mentalem Training und seinen Effekten zu beeinflussen (Hall, 1998; Isaac & Marks, 1994; Dickstein & Deutsch, 2007).

Das Konstrukt Vorstellungskraft kann anhand von zwei primären Merkmalen beschrieben werden: Lebhaftigkeit, im Englischen *vividness* und Kontrollierbarkeit, im Englischen *controllability* (Morris et al., 2005). Lebhaftigkeit bezieht sich auf Klarheit und Authentizität des Selbstbildes bei einer Vorstellung, während Kontrollierbarkeit die Fähigkeit, den Inhalt seiner Vorstellungen zu lenken, zu kontrollieren und zu manipulieren, bezeichnet. Gelingt es einem Sportler nicht sich den Bewegungsablauf entsprechend des zuvor niedergeschriebenen Sollwerts (vgl. Abschn. 2.1.2) vorzustellen, bezeichnet Murphy sein Vorstellungsvermögen als „unkontrolliert“.

Pavio (1986) erklärt interindividuelle Differenzen im Vorstellungsvermögen als ein Produkt der Wechselwirkung von Erfahrung und genetischer Variabilität. Eine eingeschränkte Vorstellungsfähigkeit kann ferner durch verschiedene personenspezifische Faktoren, wie Hirnaktivität der rechten Hemisphäre (Clark, 1960), Intelligenz (Vandell, Davis & Clugston, 1943), Introversion/Extraversion (Gale, Morris, Lucas & Richardson, 1972) oder Kreativität und räumliche Manipulation (Richardson, 1967a), erklärt werden. In jüngster Zeit wurden verschiedene Hirnareale diskutiert, deren Beschädigung das Vorstellungsvermögen beeinträchtigen soll. Laut Sirgiu et al. (1996) ist dies vor allem der Parietalkortex (vgl. Abschn. 1.4.1), Lotze & Halsband (2006) fügen den Läsionen des Parietalkortex, Läsionen des rechten lateralen Präfrontalkortex (vgl. Abschn. 1.4.1) hinzu. Yágüez, Canavan, Lange & Hömberg (1999; vgl. Abschn. 2.3) zeigten, dass eine Störung der Basalganglien Vorstellungsvermögen herabsetzt.

Vor dem Hintergrund Mentales Training in der Rehabilitation älterer Menschen einzusetzen wurde unlängst angefangen die Beziehung zwischen Vorstellungsvermögen und Alter zu untersuchen (Kemps & Newson, 2005; Mulder, Hochstenbach, van Heuvelen & den Otter, 2007; Schott, subm.). Eine Untersuchung von Mulder et al. (2007) ergab bei einer Stichprobe mit 333 gesunden Versuchspersonen, dass beim Vorstellungsvermögen, genauer gesagt in der Dimension *Lebhaftigkeit*, ältere Versuchsteilnehmer (> 64 Jahre) geringfügig schlechter abschnitten als die jüngeren Versuchsteilnehmer. Die Diskrepanz war in Bezug auf Bewegungsvorstellung aus der internal ideomotorischen Perspektive, jedoch nicht aus der external observativen Perspektive, signifikant. Die Untersuchung von Schott (subm.) ergab einen generellen Leistungsabfall im Vorstellungsvermögen beim Vergleich junger Erwachsener (20-30 Jahre) mit älteren Erwachsenen (> 70 Jahre) bei einer Stichprobe von 157 gesunden Versuchspersonen. In Einklang mit den Ergebnissen von Mulder et al. (2007) schnitten auch hier die Versuchspersonen in der Bedingung mit external observativer Perspektive besser ab. In beiden Artikeln wird als Erklärung auf einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Niveau an physischer Aktivität und Vorstellungsvermögen hingewiesen. Abnehmende körperliche Aktivität im Alter könne zu einem niedrigeren kinästhetischen Input führen, was wiederum das Vorstellungsvermögen von Bewegungen beeinträchtigen könnte.

Vorstellungsvermögen kann grundsätzlich durch Training verbessert werden (Rodgers, Hall & Buckholz, 1991; Cumming & Ste-Marie, 2001). Mayer und Hermann (2009) weisen darauf hin, dass durch eine entsprechende systematische Unterstützung in der Phase der Entwicklung und Differenzierung der Vorstellung (vgl. Abschn. 2.1) auch Personen mit niedrig ausgeprägtem Vorstellungsvermögen zu einem effektiven Mentalen Training angeleitet werden können. Demnach handelt es sich bei diesem Konstrukt um einen erlernbaren und trainierbaren Parameter, um eine Fertigkeit, im Englischen *skill*. Das Konstrukt müsste im Englischen korrekterweise *imagery skill* statt *imagery ability* heißen. Dieser irrtümliche Begriff ist dennoch Konvention geworden (Morris et al., 2005). Hall (1998) und Hall & Martin (1997) unterstützen den Gebrauch des Begriffs *ability* mit dem Argument, dass alle Individuen Bilder erzeugen und nutzen können, mit dem einzigen Unterschied, dass manche Personen dies besser können und andere wiederum weniger gut. Vor dem Hintergrund dieser begrifflichen und theoretischen Kontroverse empfiehlt sich für Untersuchungen die Erhebung des Konstrukts Vorstellungsvermögen zu mehreren Messzeitpunkten zu realisieren.

Das Vorstellungsvermögen wird für gewöhnlich mittels Fragebögen erfasst (Dickstein & Deutsch, 2007). Die gängigsten sind der *Movement Imagery Questionnaire* (MIQ; Hall,

Pongrac & Buckholz, 1985), der *Movement Imagery Questionnaire Revised* (MIQ-R; Hall & Martin, 1997) als die verkürzte, überarbeitete Version, die zweite überarbeitete Version, die an die Voraussetzungen motorisch beeinträchtigter Personen angepasst wurde, der *Movement Imagery Questionnaire Revised Second Version* (MIQ-RS; Gregg, Hall & Butler, 2007) sowie der *Vividness of Motor Imagery Questionnaire* (VMIQ; Isaac, Marks & Russell, 1986) oder der *Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire* (KVIQ; Malouin et al., 2007). Die Versuchsperson wird aufgefordert eine bestimmte Bewegungsvorstellung, bspw. das Aufstehen von einem Stuhl, zu bilden und qualitative Merkmale der Bewegung, bspw. kinästhetische oder visuelle Aspekte der Bewegung, auf einer vorgegebenen Skala einzuschätzen. Die Problematik dieser subjektiven Maße wird Kapitel 3 zu den Evaluationsstudien im Rahmen der Methodenkritik (s. Abschn. 3.6) aufgegriffen. An dieser Stelle wird auf eine vor Kurzem entwickelte alternative Testmöglichkeit zur Erfassung des Grads des Vorstellungsvermögens von Bewegungen vorgestellt. Methoden, die im Kontext der neurologischen Rehabilitation nach Schlaganfall erfassen, ob Patienten überhaupt noch Bewegungen vorstellen können, werden gesondert dargestellt (vgl. Abschn. 2.3.1).

In jüngster Zeit wird auf den Zusammenhang zwischen Arbeitsgedächtnis und Mentalem Training verwiesen (Dolman, Roy, Dimeck & Hall, 2000; Dickstein et al., 2007; Malouin et al., 2004; Schott & Munzert, 2007; Schott, *subm.*). Decety & Grèzes (1999, S. 177) beschreiben Bewegungsvorstellung (*motor imagery*) als „*dynamic state during which the representation of a specific action is internally rehearsed within working memory without any overt motor output*“. Zwei Arten mentaler Repräsentationen können bei Bewegungsvorstellung erzeugt werden: external observative oder internal kinästhetische Bilder (vgl. Abschn. 2.1). Das Individuum, das sich Bewegungen vorstellt, muss also in der Lage sein, visuelle und kinästhetische Informationen in seinem Arbeitsgedächtnis aufrecht zu erhalten und diese zu manipulieren.

Unter Arbeitsgedächtnis, oft auch Kurzzeitgedächtnis genannt, versteht man „die kurzfristige und unmittelbare Speicherung von Information, die nicht mehr perzeptuell in der Umwelt verfügbar ist“ sowie die „aktive Manipulation von Information zur Steuerung nachfolgenden Verhaltens“ (Kellermann & Piefke, 2008, S. 298). Neben dieser prozessspezifischen Trennung zwischen Speicherung und Manipulation gibt es auch eine modalitätsspezifische Unterscheidung in zwei Speichern, der phonologischen Schleife und der räumlich-visuelle Speicher (Baddeley, 1996). Die zentrale Exekutive ist eine übergeordnete Instanz mit Überwachungsfunktion. Sie steuert die Aufmerksamkeit und koordiniert die obig genannten Subsysteme. Dolman et al. (2000) postulieren sogar einen dritten Speicher, der auf

kinästhetische Information spezialisiert sein soll. Sie stellen die Hypothese auf, dass diese drei Bereiche des Arbeitsgedächtnisses, und zwar der räumlich-visuelle, der kinästhetische und der verbale, bei Bewegungsvorstellung direkt involviert sind (vgl. Dickstein et al., 2007) und dass eine Beeinträchtigung dieser Komponenten die Wirksamkeit des Mentalen Trainings beschränkt.

Das in Abbildung 14 dargestellte neuropsychologische Modell nach Farah (1984) untermauert die Rolle des Arbeitsgedächtnisses bei Vorstellungsprozessen.

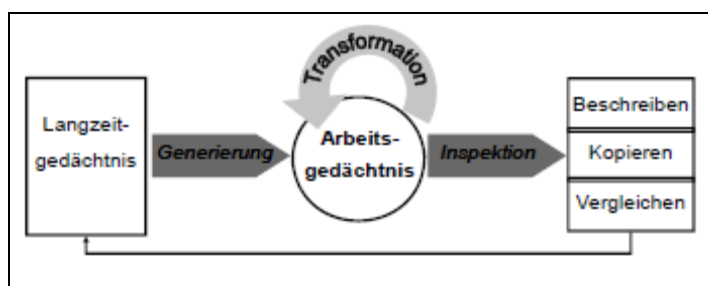


Abbildung 14

Arbeitsgedächtnisses im Kontext von Vorstellungsprozessen (Farah, 1984, S. 248).

Beim Vorstellen erfolgt zunächst der Prozess der Generierung einer Vorstellung. Inhalte werden dabei aus dem Langzeitgedächtnis aufgerufen und in das Arbeitsgedächtnis transformiert. Ein weiterer Schritt im Modell ist die Inspektion, also das Bewusstmachen der Vorstellungen. Dies führt dazu, dass Vorstellungsmerkmale beschrieben werden können. Weiterhin können sie kopiert, also physisch nachgebildet werden. Ferner kann die vorgestellte Bewegung auch mit einem länger zurückliegenden Sachverhalt verglichen werden. Die in dem Modell dargestellten Prozesse sind durch eine funktionale Trennung gekennzeichnet.

Einer Vielzahl von Untersuchungen belegen, dass Arbeitsgedächtniskapazität altersbedingt abnimmt (Parkin, 1993, 2000; Salat, Kaye & Janowsky, 2002; Kimberg & Farah, 1993; Colette et al., 1999). Die Ursachen für altersbedingten Abbau sind zwar noch nicht vollständig geklärt, vermehrt wird angenommen, dass er zum Teil durch eine Dysfunktion der Frontallappen (vgl. Abschn. 1.4) bedingt ist, die von Natur aus mit zunehmendem Alter auftritt (Parkin, 1993, 2000; Raz, Rodrigue & Haacke, 2007). Die Frontallappen scheinen schneller als andere Hirnregionen einer im Alter zunehmenden Degeneration zu unterliegen.

Untersuchungen beschreiben das Arbeitsgedächtnis als moderierende Variable bei der visuellen (Bruyer & Scailquin, 2000) wie auch der Bewegungsvorstellung (Malouin et al., 2004) und decken hierbei einen altersabhängigen Zusammenhang auf. Zwar scheint bei visuellen Vorstellungsaufgaben die Fähigkeit mentale Bilder zu generieren und zu manipulieren im Alter abzunehmen (Dror & Kosslyn, 1994; Craik & Dirks, 1992), jedoch können ältere Versuchspersonen Vorstellungsbilder generieren, die in ihrer Qualität mit denen jüngerer vergleichbar sind, wenn die Aufgaben ohne eine zeitliche Einschränkung vorgegeben werden (Palladino & DeBeni, 2003). Altersabhängigen Defizite hinsichtlich Geschwindigkeit

und Genauigkeit von Vorstellungsprozessen sind laut Briggs et al. (1999) auf altersabhängige Verschlechterung des Arbeitsgedächtnisses, jedoch nicht auf eine Verlangsamung der sensomotorischen Reaktionszeit zurückzuführen. Die Autoren vermuten, dass die Verschlechterung in der Arbeitsgedächtniskapazität auf Defizite in der zentralen Exekutive zurückzuführen sind. In einer Nachfolgeuntersuchung mittels MRT (Raz et al., 1999) konnten sie das neuronale Gebiet auf den dorsolateralen präfrontalen Kortex eingrenzen.

Schott und Munzert (2007) untersuchten bei Bewegungsvorstellung den Zusammenhang des Alters und der mentalen Chronometrie (*Walking test*). Drei Gruppen älterer Frauen (57-69, 70-79 und > 80 Jahre) wurden mit einer Gruppe von Frauen im Alter von 19-29 Jahren verglichen. Ab dem Alter von 70 Jahren zeigte sich ein größerer Unterschied zwischen der ausgeführten und vorgestellten Gehstrecke. In der Gruppe der über 80-jährigen Frauen verlangsamte sich die ausgeführte Bewegung um 45 %, die vorgestellte Bewegungsdauer blieb jedoch konstant. Eine Erklärung der Autoren hierfür ist das mangelhafte Arbeitsgedächtnis. Beim Vorstellen einer Gehstrecke wird das Arbeitsgedächtnis beansprucht, um sich an die Zielposition zu erinnern und seine eigene Position immer wieder während des mentalen Durchlaufens der Gehstrecke zu aktualisieren. Zwar wurde das Arbeitsgedächtnis in dieser Studie nicht gemessen, es zeichnet sich jedoch laut Schott und Munzert (2007) als eine wesentliche Variable ab, die das zeitliche Vorstellen der Bewegung moderiert. Diese Interpretation war Anlass einer weiteren Studien in der Schott (subm.) altersbezogene Unterschiede bei Bewegungsvorstellung untersuchte. Bei den 157 gesunden Versuchspersonen wurden vier Bereiche getestet: subjektiv eingeschätztes Vorstellungsvermögen (MIQ), objektive Vorstellungskapazität (*Controllability of Motor Imagery test*, CMI), zwei unterschiedliche Tests zur mentalen Chronometrie (*Walking test* und *Timed-Up-and-Go test*, TUG, Podsiadlo & Richardson, 1991) sowie die visuell-räumliche (*Corsi-Block-Tapping test*, Schelling & Hättig, 1993) und verbale (*Verbal span test*, Wechsler, 1997) Dimension des Arbeitsgedächtnisses. Beim Vergleich junger Erwachsener (20-30 Jahre) mit älteren Erwachsenen (> 70 Jahre) gingen höhere Werte im Arbeitsgedächtnis mit höheren Werten im MIQ, im CMI und in den Tests zur mentalen Chronometrie. Die medierende Wirkung des Arbeitsgedächtnisses wurde mittels Strukturgleichungsmodellen bestätigt.

Der Befund von Schott (subm.) zur medierenden Wirkung der Arbeitsgedächtnisses auf die Effektivität des Mentalen Trainings hat zwei Implikationen: Er ist erstens im Hinblick auf den Transfer des Mentalen Trainings in die Rehabilitation äußerst wichtig. Die Erfassung der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses ist hilfreich, um im rehabilitativen Kontext urteilen zu

können, ob ein Mentales Trainingsprogramm für den jeweiligen Patienten überhaupt effektiv sein kann. Zweitens kann sich in Untersuchungen die Kontrolle der Variablen Arbeitsgedächtnis als aufschlussreich erweisen.

Eine Studie, die dem Zusammenhang des Mentalen Trainings zum Arbeitsgedächtnis im rehabilitativen Bereich nachgeht, ist die Arbeit von Malouin et al. (2004). Die Annahme, dass eine Schwächung oder Schädigung des Arbeitsgedächtnisses erfolgreiche Bewegungsvorstellung erschweren und damit die Effekte von Mentalem Training reduzieren könnte, liegt ihr zugrunde. Die Autoren untersuchen 12 Schlaganfallpatienten im Vergleich zu 14 Gesunden (vgl. Abschn. 2.3.1). In einer kombinierten Trainingssitzung aus Mentalem Training und physischer Übung trainierten die Versuchspersonen das Aufstehen von einem Stuhl mit dem Ziel die Belastung des bei den Schlaganfallpatienten betroffenen Beines zu erhöhen. Es zeigte sich, dass die Belastung des erkrankten Beines durch das Training verbessert wurde und dass zwischen dem Grad der erzielten motorischen Verbesserung und der Arbeitsgedächtniskapazität signifikante Korrelationen bestanden (im visuell-räumlichen Bereich $r = .83$, im verbalen Bereich $r = .62$ und im kinästhetischen Bereich $r = .59$). Malouin et al. folgerten daraus, dass der Erfolg des Mentalen Trainings von der Fähigkeit abhängig sei, Informationen im Arbeitsgedächtnis zu behalten und zu manipulieren. Die Rolle des Arbeitsgedächtnisses wird Kapitel 3 zu den Evaluationsstudien im Rahmen der Methodenkritik erneut aufgegriffen (s. Abschn. 3.6). Zudem ist bei Kurle (2009) die Rolle des Arbeitsgedächtnisses bei Knieendoprothesepatienten nachzulesen.

Für die Entstehung lebhafter und intensiver Vorstellung ist zudem die Selbstwirksamkeitserwartung (Bandura, 1977) von Bedeutung. In Bezug auf die Generierung von Vorstellungen versteht man darunter das Vertrauen darauf, lern- und leistungssteigernde Vorstellungen auch selbst erzeugen zu können (Eberspächer, 1990).

Relevant ist in diesem Zusammenhang auch die Motivation zur Teilnahme an dem Mentalen Training (Dickstein et al., 2007). Es wird einen Unterscheid ausmachen, ob der Sportler bzw. ein Patient eigeninitiativ teilnimmt (intrinsische Motivation) oder von seinem Trainer/seinem Verband bzw. dem Arzt geschickt wird (extrinsische Motivation). Einerseits ist der Befund, dass hoch motivierte Personen sich stärker durch Mentales Training verbessern als weniger motivierte Personen gut gesichert (Cumming et al., 2002; zitiert nach Dickstein et al., 2007, S. 947). Andererseits kann aber das Einbringen in ein Mentales Training das Aktivationsniveau und auch die Selbstwirksamkeit steigern, was sich wiederum positiv auf die Motivation und das Selbstvertrauen auswirkt (Short et al., 2005; zitiert nach Dickstein et al., 2007, S. 947). Daraus folgern Dickstein et al. (2007), dass Personen mit niedriger Motivation nicht

ausgeschlossen, sondern vielmehr zusätzlich ermutigt werden sollten an Mentalen Trainingsprogrammen teilzunehmen.

In Bezug auf die Moderatorvariablen sollen zusammenfassend zwei wichtige Erkenntnisse hervorgehoben werden: Der Erfolg des Mentalen Trainings scheint von der Perspektive, dem Vorstellungsvermögen, der Fähigkeit, Informationen im Arbeitsgedächtnis behalten und manipulieren zu können sowie vom Grad der Selbstwirksamkeitserwartung und der Motivation abhängig zu sein. Soll Mentales Training als eine therapeutische Maßnahme eingesetzt werden, dann sollten diese Faktoren berücksichtigt werden (Malouin et al., 2004).

Als Zusammenfassung des ersten Kapitels lässt sich festhalten, dass bei dem heutigen Stand der Wissenschaft die früh erforschte Kognitive Hypothese sowie die Programmierungshypothese (s. Abschn. 1.2) zusammen mit der aktuellen Neuronalen Simulationstheorie (s. Abschn. 1.4), als potentielle Erklärungen für mentale Trainingseffekte gelten (Munzert et al., 2009). Die Metaanalysen (s. Abschn. 2.3) sollten nicht als alleiniger Nachweis für die lern- und leistungssteigernde Wirkung des Mentalen Trainings genannt werden. Sie scheinen zwar eine eindeutige Tendenz nachzuzeichnen (Immenroth et al., 2008), allerdings wird dieser Trend erst durch Daten, die man über den neurophysiologischen Problemzugang (vgl. Abschn. 1.4 und 1.5) erhält, untermauert.

Das Mentale Training kann aus theoretischer und empirischer Sicht als eine erfolgreiche Maßnahme für das Lernen, Optimieren und Stabilisieren von Bewegungsabläufen, angesehen werden. Bleibt nun darzulegen, wie diese kognitive Trainingsform in der Praxis umgesetzt wird.

Kapitel 2 Anwendung des Mentalen Trainings

Nachdem im ersten Kapitel die Grundlagen des Forschungsbereiches *Mentales Training* vorgestellt wurden, werden im zweiten Kapitel die Grundlagen der *Anwendung des Mentalen Trainings* in der Praxis aufgearbeitet. Das in den Evaluationsstudien angewendete Mentale Training nach Eberspächer (1993, 2008) wurde ursprünglich für den Einsatz im Hochleistungssport entwickelt. Daher wird es vorab aus der Sicht der Anwendung im Hochleistungssport näher beschrieben (Abschn. 2.1). Im Anschluss daran wird der Einsatz des Mentalen Trainings im Kontext der Rehabilitation beleuchtet. Hierzu werden *Wirkungsweisen des Mentalen Trainings in der Rehabilitation verletzter Spitzensportler* (Abschn. 2.2), *der neurologischen Rehabilitation* (Abschn. 2.3) sowie *der orthopädischen Rehabilitation* (Abschn. 2.4) diskutiert.

2.1 Mentales Training im Leistungssport

Ausgehend von einer *Heuristik zum Einsatz des Mentalen Trainings* (Abschn. 2.1.1.) werden *Voraussetzungen und Trainingsprinzipien* des Mentalen Trainings zusammengefasst (Abschn. 2.1.1.). Anschließend wird das *Modell zum Aufbau der Bewegungsvorstellung* in fünf Schritten (Eberspächer, 2004a) näher erläutert (Abschn. 2.1.2). Ein Überblick über Einsatzmöglichkeiten und Anwendungsfelder des Mentalen Trainings schließt sich dem an (Abschn. 2.1.3).

2.1.1 Heuristik zum Mentalen Training, Voraussetzungen und Trainingsprinzipien

Für den Sportpraktiker, im Gegensatz zum Sportwissenschaftler, ist es zunächst nachrangig, dass die Wirkungsmechanismen des Mentalen Trainings bisher noch nicht erschöpfend geklärt scheinen (Daug & Blichke, 1996). Das Ziel des Athleten ist es, mit Hilfe des Mentalen Trainings seine realistischen Leistungsmöglichkeiten zu entfalten und die Diskrepanz zwischen Ist- und Sollzustand einer sportlichen Bewegung zu minimieren (Eberspächer, 2004, Hermann & Eberspächer, 1994). Die nachfolgende Abbildung 15 stellt die Heuristik zum Mentalen Training dar.

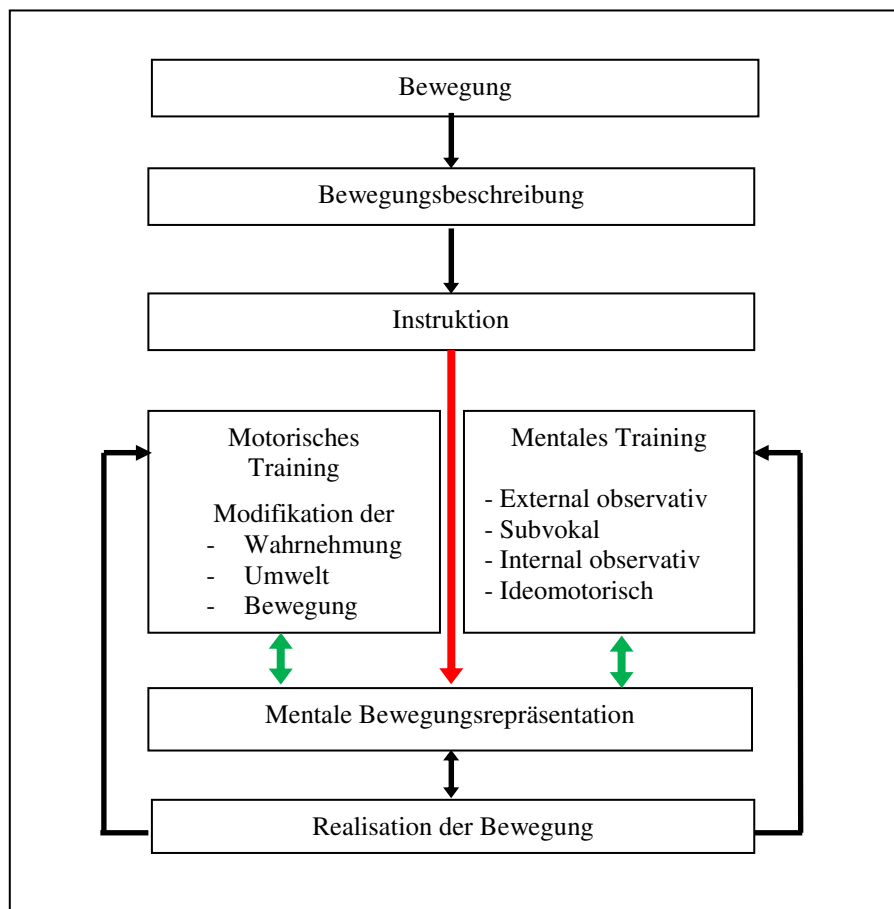


Abbildung 15 *Heuristik zum Einsatz des Mentalen Trainings (mod. nach Eberspächer & Immenroth, 1999, S. 898).*

Die Heuristik zeigt auf wie Mentales Training auf den Prozess der Internalisierung einer adäquaten handlungsleitenden Repräsentation gezielt einwirkt. Mentales Training ist an drei Voraussetzungen gebunden: an die Festlegung des Bewegungsablaufs, an die ausführliche Beschreibung dieses Ablaufs und die Formulierung der Instruktion. Die Instruktion wirkt systematisch auf die subjektive mentale Bewegungsrepräsentation (s. roter Pfeil). Mentales und motorisches Training führen so zu einer Differenzierung und Stabilisierung der mentalen Bewegungsrepräsentation (s. grüne Pfeile). Diese hat die Funktion einer Steuerinstanz und bildet einen qualitätsbestimmenden Faktor bei der Realisation der Bewegung. Die Pfeile mit zwei Spitzen stellen einen wechselseitigen Einfluss dar.

Die zu trainierende Bewegung ist Ausgangspunkt des Modells. Die objektivierte, biomechanische Bewegungsbeschreibung der Bewegung soll eine standardisierte Orientierungsgrundlage für die Durchführung des Mentalen Trainings bieten. Die darauf basierende morphologische Instruktion wird vom Trainierenden selbst in eine phänomenale Instruktion umgewandelt. Um die individuell bewegungsrelevante Instruktion formulieren zu können, muss die ausführliche Deskription der Bewegung auf die relevanten Handlungsschritte, auch Knotenpunkte genannt, reduziert werden (Eberspächer, 1990). Knotenpunkte sind externer oder interner Art. Aus biomechanischer Sicht bezeichnen externe bzw. morphologische Knotenpunkte diejenigen strukturellen Bewegungskomponenten, die für eine optimale Bewegungsausführung unabdingbar sind und sukzessiv durchlaufen werden

müssen, also durch eine Reduktion der Freiheitsgrade des Handelns gekennzeichnet sind (Eberspächer und Immenroth, 1999). Beim Mentalen Training leitet der Trainierende die internen bzw. phänomenalen Knotenpunkte ab. Diese individuell notwendigen Handlungsschritte entnimmt er seiner eigenen Bewegungsbeschreibung (Eberspächer, 1998). Somit beeinflusst die phänomenale Instruktion systematisch die subjektive mentale Bewegungsrepräsentation (s. roter Pfeil in der Abb. 15).

Mentales und motorisches Training führen zu einer Differenzierung und Stabilisierung der mentalen Bewegungsrepräsentation (s. grüne Pfeile in der Abb. 15), wobei erst aus der Kombination von praktischem und Mentalem Training der größte Lern- und Leistungszuwachs resultiert (Feltz & Landers, 1988; Driskell et al., 1994; vgl. Abschn. 1.3.2). Beim motorischen Training wird die praktische Bewegungskörperausführung wiederholt in den verschiedensten Variationen, das heißt unter Modifikation der Wahrnehmung, der Umwelt und der auszuführenden Bewegung selbst geübt.

In Abgrenzung dazu werden beim Mentalen Training die Bedingungen und Verhältnisse der Wirklichkeit ausschließlich über mentale Prozesse hergestellt, die sportliche Bewegung wird planmäßig wiederholt und bewusst kognitiv simuliert (Volpert, 1977; vgl. Abschn. 1.1). Dabei bieten sich prinzipiell mehrere mentale Trainingsformen an: external observatives, subvokales, internal observatives und ideomotorisches Training. Bei der external observativen Trainingsform, die im Grunde noch kein Mentales Training darstellt, vielmehr eine Sonderform des Lernens durch Imitation ist, stellt sich der Sportler noch nichts vor, sondern betrachtet lediglich ein Modell, bspw. einen anderen Sportler, der den zu trainierenden Bewegungsablauf optimal ausführt. Voraussetzung für die Wirkung des observativen Trainings ist eine Differenz zwischen dem Geübtheitsgrad des Beobachteten und des Beobachters (Volpert, 1977). Beim subvokalen Training sagt sich der Athlet die zuvor von ihm fehlerfrei gespeicherte phänomenale Instruktion, in Verbindung mit den jeweiligen Knotenpunkten, per Selbstgespräch vor, wodurch seine Vorstellung aufgebaut und verbessert wird. In der Form des internal observativen Trainings, auch verdecktes Wahrnehmungstraining genannt, nimmt der Übende eine Beobachterperspektive ein und stellt sich vor, dass er sich selbst oder eine andere Person bei der Ausführung der Bewegung, die wie ein Film vor seinem inneren Auge abläuft, betrachtet. Im Gegensatz zum internal observativen Training, ruft sich der Athlet beim ideomotorischen Training intensiv die Innenperspektive und die inneren Prozesse ins Bewusstsein. Er entfernt sich immer mehr von den visuellen Aspekten und wendet sich immer mehr den kinästhetischen Begleiterscheinungen der optimalen Bewegung zu, so dass möglichst viele Sinnesmodalitäten

einbezogen werden. Die erläuterten Trainingsformen sind nicht als klar getrennte Einheiten zu betrachten, da sie sich in der Praxis weitgehend vermischen. Als Einstieg wird oft das leicht zugängliche subvokale Training gewählt. Letztendlich sollte jedoch, als Zieltrainingsform das ideomotorische Training, die sogenannte „Königsdisziplin“ angestrebt werden.

Drei Fähigkeiten eines Sportlers bilden die Voraussetzungen für die Durchführung des Mentalen Trainings: Eigenerfahrung, Eigenperspektive und lebhaftes Vergegenwärtigen (Eberspächer, 2004b). Durch Eigenerfahrung (vgl. auch Eberspächer & Immenroth, 1998; Müller, 1997) mit einer Bewegung wird dem Übenden erst möglich, sich in sich hineinzusetzen, sich mit sich selbst zu identifizieren und damit auch Zug- und Druck-, Spannungs- und Entspannungsphasen in subjektiver Erlebnisweise nachzuvollziehen. Folglich muss beim Einsatz des Mentalen Trainings in der Phase des Neuerwerbs einer Bewegung oder einer Technik besonders darauf geachtet werden, dass mentale Trainingseinheiten nicht isoliert, sondern idealer Weise im Wechsel mit praktischen Trainingseinheiten, in denen der Übende körperliche Bewegungserfahrungen sammelt, eingesetzt werden (Hermann & Eberspächer, 1994).

Grundsätzlich sollten Bewegungsabläufe nur dann mental trainiert werden, wenn man sie selbst auszuführen vermag (Eberspächer, 2004; Eberspächer & Immenroth, 1998). Eine Ausnahme dieser Regel kann bei Aufgaben mit sehr hohen kognitiven Anteilen, bspw. dem Durchlaufen eines Hindernisparcours, gemacht werden. In diesem Fall kann Mentales Training durchaus positive Effekte hervorrufen, obwohl der Bewegungsablauf vorher nie praktisch durchgeführt wurde (Heuer, 1985). Im Allgemeinen gilt jedoch der Grundsatz, dass die vorgestellte Bewegung immer der erlernten Bewegung und vor allem auch dem eigenen Fertigniveau entsprechen muss. Der Übende sollte sich also stets an den eigenen Möglichkeiten, also der Eigenperspektive orientieren. Der Sportler kann bestimmte Technikmerkmale seines Vorbildes herausgreifen, sollte sie aber zunächst auf die eigenen Maßstäbe transformieren und erst im Anschluss seine Bewegungsvorstellung darauf ausrichten.

Die Effizienz des Mentalen Trainings kann durch den Einsatz möglichst vieler Sinne und einem außerordentlich lebhaften Vergegenwärtigen deutlich verbessert werden (Eberspächer, 2004). Mentales Training sollte nicht nur Aspekte der Visualisierung umfassen, sondern auch taktile, akustische oder olfaktorische, insbesondere aber kinästhetische Komponenten umfassen (Eberspächer & Immenroth, 1998; Müller, 1997). Eine solche lebhaftere Vorstellung kann sogar dazu führen, dass der Körper – wie psychophysiologisch gemessen wurde (Oishi,

Kimura, Yasukawa & Maeshima, 1992) - mit Herzklopfen, verstärkter Schweißabsonderung, Zittern oder Anspannung der Muskeln reagiert (vgl. Abschn. 1.5.2).

Der Einsatz des Mentalen Trainings ist an bestimmte Trainingsprinzipien gebunden, die sich nicht nur aufgrund jahrelanger Erfahrung in der Praxis bewährt haben (Eberspächer, 2004; Eberspächer & Immenroth, 1998; Hermann & Eberspächer, 1994), sondern auch als empirisch fundiert gelten (Feltz & Landers 1983; Feltz et al. 1988; Driskell et al., 1994; vgl. Abschn. 1.3). Um die leistungssteigernde Wirkung des Mentalen Trainings zu gewährleisten, sollte ein Sportler diese Prinzipien stets einhalten:

Kombination des Mentalen Trainings mit motorischem Training,

- regelmäßige Anwendung, jedoch nicht länger als 20 Minuten und
- relativer Entspannungszustand.

Beim Mentalen Training verlangt man von seinem komplexen Nervensystem, dass es feine Veränderungen und häufig neue Informationen einbaut und berücksichtigt. Mental trainieren bedeutet also, dass ein Dialog zwischen Körper und Gehirn stattfindet. Dieser Dialog ist jedoch besonders für Störungen von außen, bspw. für körperliche Anspannung, empfindlich. Zum einen blockiert insbesondere hohe körperliche Anspannung die Kommunikation zwischen Geist und Körper, zum anderen führt zunehmende Anspannung neben der Einschränkung der feinmotorischen Fähigkeiten, auch zur Einschränkung des Aufmerksamkeits- und Wahrnehmungsbereiches. Ziel ist es dabei nicht, sich körperlich völlig zu entspannen, sondern störende, ablenkende Gedanken auszuschalten und dadurch einen „freien“ Kopf zu bekommen. Im Zustand der Entspannung, der durch einen gesenkten biologischen Energieumsatz gekennzeichnet ist, in dem dennoch die Konzentrationsfähigkeit aufrechterhalten werden soll (Maerker, 2000), gelingen die Aktivierung von Bewegungs- und Handlungsprogrammen durch Vorstellen und die Ausschaltung äußerer und innerer Störfaktoren am besten. Bewegungserlebnisse werden hierbei tiefer erfasst und sind deshalb auch trainingswirksamer.

Im Sport haben sich drei standardisierte klassischen Entspannungstechniken als hilfreich bewährt: Atementspannung (Hermann & Eberspächer, 1994; vgl. Vaitel & Petermann, 1993), Progressive Muskelentspannung nach Jacobson (1934, 1990; Bernstein & Borkovec, 1990; Hofmann, 1999) und Autogenes Training (Schultz, 1987). In der Praxis werden sie häufig auch als Mischform verwendet.

2.1.2 Modell zum Aufbau der Bewegungsvorstellung

Zur Erarbeitung einer Bewegungsvorstellung hat sich das Modell nach Eberspächer (2004a, b) in fünf Schritten bewährt. Eberspächer erweiterte das ursprünglich vier Schritten umfassende Mentale Trainingsprogramm für Einzeltechniken und komplexe Bewegungsfolgen (1990) um die vorgeschaltete erste Schritt, die der „Instruktion“.

Bei der Untergliederung in einzelne Schritte wird die zu verarbeitende Informationsmenge sukzessiv reduziert. Nach dem letzten Schritt liegt die Bewegungsvorstellung in jener Form komprimiert vor, in der sie eine optimale praktische Anwendung ermöglicht. Das Modell wird nachstehend (s. Abb. 16) schematisch dargestellt.

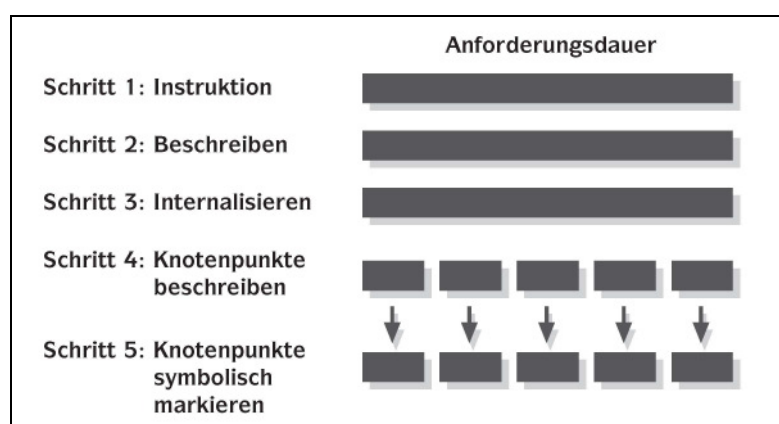


Abbildung 16 Modell zum Aufbau der Bewegungsvorstellung in fünf Schritten (Eberspächer, 2004a, S. 101).

Zu Beginn wird mit der Instruktion der Sollzustand der mental zu trainierenden Bewegung formuliert. Dann beschreibt der Sportler den zu trainierenden Bewegungsablaufes im Detail in eigenen Worten. Beim Internalisieren wird der richtige Bewegungsablauf auswendig gelernt per Selbstgespräch vergegenwärtigt. Mit der Festlegung der Knotenpunkte erfolgt eine wesentliche Informationsreduktion. Abschließend werden diese mit individuellen Kurzformeln mit Symbolfunktion versehen.

Zu Beginn wird der Sollzustand der mental zu trainierenden Aufgabenstellung vom Trainer als eine *Instruktion* formuliert. Meistens genügt eine verbale Formulierung, die gegebenenfalls durch Abbildungen ergänzt werden kann. Die Instruktion erfüllt für den Trainierenden die Funktion einer einheitlichen und objektivierten Orientierungsgrundlage für die Durchführung des Mentalen Trainings.

In Schritt zwei erfolgt die *Beschreibung* des zu trainierenden Bewegungsablaufes bis ins kleinste Detail aus der individuellen Perspektive des Athleten, in der Ich-Form und unter Berücksichtigung der notwendigen und richtigen technischen Abläufe sowie unter Einbezug möglichst vieler Sinnesmodalitäten. Diese Ausarbeitung der Selbstinstruktion kann mündlich oder vorzugsweise schriftlich erfolgen. Der Sportler sollte dabei stets positive Kommandos verwenden, also „Nicht-Informationen“ („Ich darf dabei nicht an die Schmerzen denken“)

vermeiden, ausschließlich handlungsförderliche Dinge in den Ablaufplan der Bewegung aufnehmen und gegebenenfalls zur Veranschaulichung eigene Abbildungen bzw. Skizzen anfertigen. Einerseits ist damit der erste Schritt getan, um in die Bewegungsvorstellung hineinzufinden. Andererseits kann der Sportler dadurch, gegebenenfalls in Zusammenarbeit mit dem Trainer, die Richtigkeit seiner Auffassung von der Bewegung und ihrer Technik überprüfen und damit Stör- und Fehlerquellen frühzeitig aufdecken. Auch individuelle Problemstellen, die eine besondere Aufmerksamkeit bedürfen werden lokalisiert. Erst wenn alle Wissenslücken geschlossen, die Fehler eliminiert und alle bewussteinfähigen Anteile enthalten sind, kann die Bewegungsbeschreibung eine sinnvolle Grundlage für das Mentale Training bilden.

Schritt drei dient der *Internalisierung* und besteht darin, den richtigen Bewegungsablauf auswendig zu lernen sowie ihn sich dann in entspanntem Zustand per Selbstgespräch zu vergegenwärtigen. Wie in einem inneren Zeitlupenfilm realisiert man hierbei die einzelnen Phasen und Merkmale des Ablaufs und spricht diese so oft mit sich selbst durch, bis die Vorstellung auf stabilem Niveau und ohne Einschränkungen abgerufen werden kann.

In Schritt vier erfolgt eine wesentliche Informationsreduktion, indem die ausführliche Bewegungsbeschreibung aus Schritt zwei komprimiert wird. Dies ermöglicht einen direkteren Zugriff auf das Wissen als Basis für die Bewegungsumsetzung. Der Bewegungsablauf wird systematisiert und seine Struktur aufgedeckt, indem die phänomenalen *Knotenpunkte* der Bewegung herausgearbeitet werden. Beim Mentalen Training einer Einzeltechnik auf Fertigkeitsebene oder einer kurzen Bewegungssequenz, sollte die Anzahl der Knotenpunkte fünf bis sechs nicht überschreiten. Dabei erweist es sich manchmal als sinnvoll mehrere parallele Bewegungsteile unter einem Knotenpunkt zusammenzufassen und dafür ein Symbol oder ein einzelnes Bild, das den komplexen Bewegungsanteil verdeutlicht, zu finden. Beim Mentalen Training komplexer Bewegungsfolgen ist die Anzahl der Knotenpunkte nicht von vornherein begrenzt, sondern richtet sich nach der realen Dauer der Handlung. Mit Abschluss des vierten Schrittes sollte es dem Sportler gelingen, die gesamte komplexe Bewegungsabfolge lebhaft, vor seinem inneren Auge und aus der Innenperspektive in der gleichen Zeit, wie bei einem praktischen Durchgang zu durchlaufen.

Abschließend werden im fünften Schritt die Knotenpunkte mit individuellen Kurzformeln versehen. Durch diese *symbolische Markierung der Knotenpunkte* kann der Athlet bei der praktischen Bewegungsausführung seine phänomenalen Knotenpunkte schnell und problemlos abrufen. Aufgrund der Rhythmisierung wird die Ausführung der Bewegung entscheidend erleichtert. Beim Mentalen Training von Einzeltechniken auf Fertigkeitsebene

ist der Sportler erst auf dem Niveau von Schritt fünf in der Lage, die sportliche Bewegung innerhalb der gleichen Zeit und im selben Rhythmus wie bei der praktischen Ausführung mental zu durchlaufen.

2.1.3 Anwendungsfelder des Mentalen Trainings

Die Einsatzmöglichkeiten des Mentalen Trainings (Eberspächer, 2004; Hermann & Eberspächer, 1994; Mayer und Hermann, 2009) sind in der nachstehenden Abbildung 17 aufgelistet.

- Neulernen, Umlernen, Stabilisieren und Optimieren von motorischen Fertigkeiten/ taktischen Handlungsabläufen
- Wettkampfvorbereitung, Pausengestaltung in den Wettkämpfen, Wettkampfnachbereitung
- Ergänzendes Üben bei stark belastendem Training
- In Situationen in denen physische Übung nicht möglich ist
- Emotionsregulation und Schmerzbewältigung nach Verletzung

Abbildung 17 *Übersicht der Einsatzmöglichkeiten des Mentalen Trainings im Sport.*

Besonders Spitzenathleten verwenden Mentales Training in der Sportpraxis sehr häufig. 99% der amerikanischen Elitesportler, die in der Untersuchung von Orlick und Partington (1988) befragt wurden, gaben an, Training mit inneren Bildern regelmäßig anzuwenden. Die empirische Umfrage von Jowdy, Murphy und Durtschi (1989) im U.S. Olympic Training Center ergab: 90% der Hochleistungssportler nutzen Mentales Training im praktischen Training und im Wettkampf, 94% der Trainer verwenden es mit ihren Athleten, 97% der Sportler, sowie 100% der Trainer Mentales Training bewerten es als eine äußerst effektive psychologische Trainingsform.

Auch eine Befragung der deutschen Bundestrainer zur Sportpsychologie und damit indirekt auch zum Teilgebiet Mentales Training ergab, dass auch auf nationaler Ebene eine Einbindung sportpsychologischer Schwerpunkte als entscheidende leistungsoptimierenden Maßnahme verstanden wird (vgl. Eberspächer et al. 2002).

Die vielfältige Verbreitung dieser Trainingsform wird schon durch die Nennung der Sportarten deutlich, die sich Mentales Training zunutze machen. Dies sind Alpin-Ski, American Football, Ausdauersportarten, Autorennsport, Badminton, Basketball, Boxen, Darts, Eishockey, Eiskunstlauf, Fallschirmspringen, Fechten, Feldhockey, Football, Fußball,

Gewichtheben, Golf, Handball, Hockey, Judo, Kampfsport, Kanu, Karate, Kriquet, Leichtathletik, Motorradrennsport, Reiten, Rennrodeln, Rhythmische Sportgymnastik, Rugby, Rudern, Schwimmen, Schießsport, Ski alpin, Skispringen, Synchroneskunstlauf, Tennis, Tischtennis, Triathlon, Turnen, Volleyball. Einen Überblick zu Praxisberichten, in denen erfolgreich Mentales Training in Individual- und Mannschaftssportarten angewandt wurde, findet sich bei Eberspächer (2004, 2007) sowie Mayer und Hermann (2009).

Das im Hochleistungssport etablierte Verfahren wurde in den letzten Jahren erfolgreich in verschiedenste Disziplinen transferiert. Um einen Überblick über die Vielzahl der sportexternen Anwendungsfelder zu geben, werden in Tabelle 6 einige Bereiche mit exemplarischen Literaturangaben aufgelistet.

Tabelle 6

Allgemeine sportexterne Anwendungsfelder des Mentalen Trainings

Disziplin	Literaturangaben
Arbeits-, Betriebs- und Organisationspsychologie ¹	Hacker (1998); Konradt (1994); Kluwe (1997); Schaper & Sonntag (1997); Sonntag (1990); Sonntag & Schaper (1988); Tschan & Semmer (2001)
Fehlerforschung	Heckhausen (1996); Leape (1994); Wehner & Stadler (1996)
Luft- und Raumfahrt	Childs & Spears, (1986); Kemmler (1994, 1995); Tokumaru, Mizumotoa, Takadaa & Ashida (2003)
Medizin (Chirurgie und Zahnmedizin)	Eberspächer & Immenroth (1999); Immenroth (2003)
Musikalische Ausbildung und Musizieren	Langeheine (2004); Klöppel (2007); Meister et al. (2004, 2005); Ross (1985); Scheler (2004); Sonnenschein (1990)
Pädagogik	Schilling & Gubelmann (1994)
Psychotherapie	Christmann (1996)
Rehabilitation	Hermann (1995); Hermann & Eberspächer (1994); Ielva & Orlick (1991); Mayer (2001); Mayer, Görlich & Eberspächer (2003); Jackson et al. (2001); Ziemainz, Hendrich, Schleinkofer & Pfeifer (2008); weitere s. Abschn. 2.2 bis 2.4

Anmerkungen.

Darin ist ¹ Kontroll- und Steuertätigkeiten an komplexen Mensch-Maschinen-Systemen.

Zusammenfassend kann der grundlegenden Heuristik (s. 2.1.1 und Abb. 15) zum Mentalen Training im Umgang mit Bewegungen die Funktion einer universellen Drehscheibe zugeschrieben werden (Eberspächer et al., 2002). Mentales Training kann in vielerlei Anwendungsfeldern in fast allen leistungs- und lernrelevanten Situationen eingesetzt werden (Mayer & Hermann, 2009).

Die nachfolgenden Abschnitte sind dem Anwendungsfeld Rehabilitation gewidmet.

2.2 Wirkungsweisen des Mentalen Trainings in der Rehabilitation verletzter Spitzensportler

Mentales Training als psychologische Rehabilitationsmaßnahme wurde erstmals bei Sportverletzungen von Spitzensportlern mit dem Ziel eingesetzt, die physische, psychische und soziale Rehabilitation zu beschleunigen (Ievleva & Orlick, 1991, 1993; Heil, 1993). Besondere Relevanz für diese Thematik weisen im deutschsprachigen Raum die Arbeiten von Hermann (1995, 1999) sowie Hermann und Eberspächer (1994) auf. Während verletzungsbedingter Pausen stehen in diesen Trainingsprogrammen neben der Aufrechterhaltung der Ausführungssteuerung, die Motivationssteuerung sowie die Emotions- und Schmerzbewältigung im Vordergrund (vgl. Mayer et al., 2003).

Die jährliche Zahl der Sportunfälle in Deutschland beläuft sich auf circa 1,5 Millionen (Steinbrück, 1999; zitiert nach Hermann & Mayer, 2003, S. 8). Sportverletzungen haben bei Freizeitsportlern negative Auswirkungen. Für langzeitverletzte Leistungssportler (> 6 Wochen) kann ein Sportunfall sogar einen massiven Einschnitt in dem gewohnten Lebensrhythmus mit nicht absehbaren Konsequenzen auf ihre weitere sportliche und berufliche Entwicklung darstellen (Hermann & Mayer, 2003). Dadurch können psychische und physische Reaktionen ausgelöst werden, die in der Stressforschung unter dem Begriff *Belastungsreaktion* zusammengefasst sind. Zu den psychischen Belastungsreaktionen verletzter Sportler (Hermann & Eberspächer, 1994; vgl. Kolt, 2000) zählen „Ängste, Selbstwertprobleme, Stresssymptome, depressive Zustände und Ärger“ (zitiert nach Hermann & Mayer, 2003, S. 8). Zu den sozialen Belastungsreaktionen zählen „Einsamkeit, Abkapselung [...] und das Gefühl der sozialen Isolation“ (Hermann & Mayer, 2003, S. 8). Ein Grund für das Gefühl der Isolation könnte daher kommen, dass durch den Wegfall der täglichen Trainingseinheit die Sportler plötzlich über sehr viel unstrukturierte Freizeit verfügen (Hermann & Eberspächer, 1994). In der Rehabilitation nach Sportverletzung steht häufig eine Vielzahl medizinischer, physiotherapeutischer und trainingswissenschaftlicher Maßnahmen im Vordergrund.

Ein ganzheitlicher Rehabilitationsansatz berücksichtigt im Idealfall die psychische Beanspruchung. Die Einteilung der psychischen Rehabilitation nach Sportverletzungen in vier Phasen (Hermann & Eberspächer, 1994; Marcolli, 2001) ermöglicht Maßnahmen abzuleiten, um gezielt in die Belastungsreaktion einzugreifen. Zu Beginn des Rehabilitationsprozesses steht die erste Phase, auch Akutphase genannt. Sie umfasst die kurze Zeit unmittelbar nach Eintritt der Verletzung oder des operativen Eingriffs. Die zweite Phase ist die der Rehabilitationsvorbereitung und Rehabilitationsfindung. Im Mittelpunkt steht die „Erstellung

eines variablen Maßnahmenplans, der auf den individuellen Stand der Vorkenntnisse des Verletzten über psychologische Trainingsformen aufbaut und ihm ein Gefühl der Mitverantwortlichkeit gibt“ (Marcolli, 2002, S. 72). Dadurch wird der Patient aktiv in die Rehabilitationsplanung mit eingebunden. Die dritte Phase, die der sportlichen Rehabilitation, dauert so lange bis mit reduziertem sportartenspezifischem Training begonnen werden kann. Phase vier stellt die psychologische Vorbereitung des Wiedereintritts in den Wettkampfalltag dar.

In allen vier Phasen der psychologischen Rehabilitation nach Sportverletzung können neben dem Mentalen Training verschiedene kognitive Trainingsformen wie das Training der Selbstgesprächsregulation, das Training der Aktivationsregulation oder das Training der Kompetenzerwartung den Rehabilitationsprozess (s. Abschn. 1.1) ergänzend unterstützen (vgl. Hermann & Eberspächer, 1994). Bewegungsvorstellung stellt aufgrund seiner vielfältigen Einsatzmöglichkeiten im Rehabilitationsprozess eine zentrale Maßnahme dar (vgl. Mayer & Hermann, 2009). Mentales Training dient:

- der Aufrechterhaltung der Ausführungssteuerung,
- der Emotions- und Schmerzregulation sowie
- der Motivationssteuerung (Hermann & Eberspächer, 1994).

Primär wird das Mentale Training im Rehabilitationsprozess mit dem Ziel der Aufrechterhaltung der Ausführungssteuerung (vgl. Abschn. 1.4 und Abschn. 1.5) eingesetzt, also zum Trainieren von Bewegungen, ohne die verletzte Struktur zu belasten. Sportartenspezifische Übungen im Aufbau- und sportartenspezifische Einzeltechniken oder komplexe, sportartenspezifische Bewegungsabläufe können dadurch stabilisiert und optimiert, sogar neu- oder umgelernt werden. Damit erfüllt das Mentale Training eine Überbrückungsfunktion in trainingsfreien Zeiten und in Phasen, in denen das Training noch nicht in gewohntem Umfang ausgeführt werden kann. Insbesondere die stabilisierenden Effekte des Mentalen Trainings erleichtern den Wiedereinstieg in die sportliche Praxis und später in die Wettkampfvorbereitung. Empirisch abgesichert ist bislang, dass in Folge solcher Bewegungsvorstellung die Angst vor der Rehabilitation oder vor Wiederverletzungen herabgesetzt, Selbstvertrauen in die eigene Leistung, Selbstwert und Wohlbefinden gesteigert und damit die Genesungszeit verkürzt wird (Morris et al, 2005). Das konkrete Vorgehen zur Bewegungsoptimierung durch Mentales Training lässt sich ausführlich bei Mayer und Hermann (2009) nachlesen.

Mentales Training erfüllt darüber hinaus die Funktion der Emotions- und Schmerzregulation. Durch die Verletzung aufkommenden Ängste und Unsicherheiten können durch entspanntes

geistiges Durchspielen einer korrekten Bewegungsausführung verringert werden (vgl. auch Cupal & Brewer, 2001). Auch Schmerzen sowie die Angst vor Schmerzen lassen sich auf diese Weise regulieren und sogar abbauen. Morris et al. (2005) unterscheiden beim Mentalen Training als Schmerzmanagement drei Techniken: *pain acknowledgement*, *dramatized coping* und *pleasant imaginings*. Beim *pain acknowledgement* ordnet der Sportler dem Schmerz physikalische Eigenschaften, wie Größe, Form, Farbe oder Bewegung zu. Beim *dramatized coping* wird der Kontext des Schmerzes neu besetzt. *Pleasant imaginings* ist eine dissoziative Form der Vorstellung, bei der also der Fokus weg vom Schmerz gelegt wird, indem ein angenehmes Szenario imaginiert wird. Dabei kommt es zu einer Verringerung der Aktivität des sympathischen Nervensystems und der Muskelaktivität, was abermals die Übertragung der Schmerzimpulse herabsetzen und einen beruhigenden Einfluss haben kann (Heil, 1993).

Mentales Training hat ferner das Ziel der Motivationssteuerung. Sportler erleben Bewegungsvorstellung als Mittel in verletzungsbedingten Trainingspausen ihre Leistungsfähigkeit aktiv aufrecht zu erhalten. Dies wird, so ergab die Befragung von Hermann und Eberspächer (1994) in den Untersuchungsjahren 1991-1993, als besonders motivierend für den Verlauf des Rehabilitationsprozesses empfunden. Cupal & Brewer (2001) führen Motivation und Engagement während der Rehabilitation auf eine durch Mentales Training gelungene Emotions- und Schmerzbewältigung zurück.

In der englischsprachigen Literatur wird meist eine vierte Funktion des Mentalen Trainings im Rehabilitationsprozess nach Verletzungen genannt: die der Heilungsvorstellung (vgl. Morris et al., 2005; Ievleva & Orlick, 1993). Das gezielte Vorstellen des körperlichen Heilungsprozesses, bspw. bei einem Knochenbruch das gezielte Zusammenwachsen des gebrochenen Knochens, soll den Heilungsvorgang beschleunigen. Weitere damit einhergehende Ergebnisse scheinen ein erhöhtes Vertrauen in den Rehabilitationsprozess, Stressreduktion und ein effizienteres Schmerzmanagement zu sein. Diese Art der Visualisierungstechnik wurde ebenfalls im Kontext von Krebserkrankungen umgesetzt (Simonton et al., 1996; zitiert nach Mayer & Hermann, 2009, S. 134). Bisher konnte die Wirksamkeit der Vorstellung körperlicher Heilungsprozesse allerdings nicht hinreichend empirisch abgesichert werden (Mayer & Hermann, 2009). Entgegen dieser relativ weiten Auffassung des Mentalen Trainings soll im Folgenden nur noch der Einsatz von Mentalem Training zur Optimierung von Bewegungen in der Rehabilitation beleuchtet werden.

Es ist deutlich geworden, dass Mentales Training in der Rehabilitation nach Sportverletzungen dem verletzten Sportler die Möglichkeit einräumt, aktiv seine

Rehabilitationszeit zur Aufrechterhaltung der eigenen Leistungsfähigkeit zu nutzen. Zusätzlich ergeben sich positive Auswirkungen auf Emotions- sowie Schmerzregulation und Motivationsförderung im Rehabilitationsprozess.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Einsatz von Mentalem Training in der Rehabilitation nach Sportverletzungen als ein effektives Verfahren zur Bewegungsoptimierung eingestuft wird (Morris et al., 2005; Ievleva & Orlick, 1993; Hermann & Eberspächer, 1994; Marcolli 2001, 2002). Ferner kann es psychische Belastungsreaktionen positiv beeinflussen. Damit unterstützt das Mentale Training die Verkürzung der Rehabilitationszeit und erleichtert den Wiedereinstieg in den Trainings- und Wettkampfalltag (vgl. Mayer & Hermann, 2009).

2.3 Wirkungsweisen des Mentalen Trainings in der neurologischen Rehabilitation

Die vielversprechende Anwendung des Mentalen Trainings in der Rehabilitation nach Sportverletzungen führt zu der Frage, ob Mentales Training auch während der außersportlichen Rehabilitation einsetzbar ist. Dies veranlasst, zunächst die Merkmale verletzter Sportler und die von Patienten zu vergleichen und die wesentlichen Anwendungsprinzipien des Mentalen Trainings in der Rehabilitation darzustellen. Dem folgt die Vorstellung von empirischen Befunden, geordnet nach verschiedenen Krankheitsbildern. Der Forschungsstand zum Schlaganfall wird in einem gesonderten Abschnitt (2.3.1) dargelegt. Abschließend wird im Form eines Exkurses der Einsatz der Spiegeltechnik bei Schlaganfall (s. Abschn. 2.3.2) vorgestellt.

Bei der Umsetzung des Mentalen Trainings in der Rehabilitation verletzter Leistungssportler (s. Abschn. 2.2) wurden nahezu gleiche Anwendungsprinzipien wie beim Mentalen Training im Hochleistungssport (s. Abschn. 2.1) eingesetzt (Mayer et al., 2003). Dies ist aus zwei Gründen möglich: Es handelt sich erstens um ein und denselben Anwender, nämlich um Bewegungsexperten und zweitens um die gleiche zu trainierende sportartenspezifische Bewegung auf hohem technischen Niveau.

Der Transfer des im Hochleistungssport etablierten Mentalen Trainings auf die außersportliche Rehabilitation fällt schwerer (Mayer & Hermann, 2009), da sich die Merkmale von Patienten von denen verletzter Spitzensportler unterscheiden. Bei Patienten hat man häufig nicht mit Bewegungsexperten und mit nicht sportspezifischen Bewegungen zu tun. Patienten sind in der Regel ältere, oft komorbid erkrankte Menschen. Oft leiden sie an einer chronischen Erkrankung, die dazu führt, dass sie sich aufgrund jahrelanger Vorschäden

bestimmte Schonhaltungen angeeignet haben. Vorrangiges Ziel der Rehabilitation ist, solche unpassenden, fest eingeschliffenen Bewegungsmuster zu ersetzen und einfache Bewegungen des Alltags wieder zu lernen. Unterschiede zwischen Rehabilitationspatient und Leistungssportler bestehen folglich in dreierlei Hinsicht: in Bezug auf die körperliche Verfassung, auf das Bewegungswissen sowie die Bewegungserfahrung (Mayer & Hermann, 2009).

Bevor das Mentale Training in die neurologische Rehabilitation transferiert werden kann, stellt sich die Frage, ob Patienten mit Schädigungen des zentralen Nervensystems überhaupt dazu in der Lage sind, sich Bewegungen lebhaft vorzustellen. Decety und Boisson (1990) untersuchten vor diesem Hintergrund die zeitliche Kongruenz zwischen tatsächlich ausgeführten und vorgestellten Bewegungen bei Patienten mit unilateralen zerebralen Läsionen. Es zeigte sich, dass diese mehr Zeit benötigten, für die Vorstellung einer Bewegung des von der Läsion betroffenen Körperteils als für die gleiche Bewegung mit dem gesunden Körperteil. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass Patienten mit einer Hirnverletzung im motorischen Systems zwar durchaus in der Lage sind, sich Bewegungen vorzustellen, jedoch, die Bewegung, sei sie physisch ausgeführt oder vorgestellt, in ähnlichem Ausmaß von der Hirnläsion betroffen ist. Dieser Befund kann dadurch erklärt werden, dass Bewegungsvorstellung und physische Ausführung von den gleichen Systemen mediert werden (Jackson et al., 2001). Damit stützt er die Simulationstheorie und das Modell der Funktionalen Äquivalenz (vgl. Abschn. 1.4.3).

Vor der genaueren Betrachtung empirischer Studien, die für den Nutzen des Mentalen Trainings als rehabilitative Maßnahmen sprechen, gilt es zunächst drei Anwendungsprinzipien (Jackson et al., 2001) festzuhalten. Diese haben sowohl für die neurologische als auch für die orthopädische Rehabilitation Gültigkeit. Erstens versteht sich Mentales Training lediglich als Ergänzung zur physischen Rehabilitation und nicht als alternative Methode. Dies begründet sich nicht zuletzt darin, dass die Metaanalysen (u.a. Driskell et al. 1994; vgl. Abschn. 1.3.1) und empirische Studien aus dem Bereich des Hochleistungssports eine Kombination aus mentalem und physischem Training, als die effektivste Methode darstellt (s. Abschn 2.1.1).

Zweitens Mentales Training kann nur dann sinnvoll sein, wenn der Patient über eine gewisse Vorstellungsfähigkeit verfügt, um die Bewegung mental generieren zu können. Eine Studie, die diese Annahme unterstützt, wurde von Yágüez et al. (1999) an zwei Patientengruppen durchgeführt. Sie untersuchten die Effektivität von Bewegungsvorstellungen auf das Lernen einer grafo-motorische Aufgabe bei 11 Patienten mit Chorea Huntington und bei 12

Parkinsonpatienten. Zwei Ideogramme mussten jeweils zwei Mal in fünf unterschiedlichen Größen so schnell wie möglich kopiert werden. Die Versuchspersonen erhielten ein einmaliges 10-minütiges angeleitetes Vorstellungstraining. Die Ergebnisse zeigten einen Unterschied zwischen den beiden Patientengruppen: Die Huntingtonpatienten konnten eindeutig von der Bewegungsvorstellung profitieren, was sich darin äußerte, dass sie die Zeichnungen unabhängig von ihrer Größe in immer kürzerer Zeit anfertigen konnten. Bei den Parkinsonpatienten zeigten sich keine signifikanten Zugewinne weder durch Bewegungsvorstellung noch durch ein praktisch motorisches Üben. Zudem wiesen sie schlechte Werte in der Visuellen Vorstellung (vgl. Abschn. 1.1) auf. Die Autoren folgerten, dass nicht nur Verletzungen des Kortex, sondern auch Schädigungen subkortikaler Strukturen die Fähigkeit der Patienten reduzieren könnten, eine adäquate Bewegungsvorstellung zu generieren. Bei der Umsetzung der Bewegungsvorstellung in die motorische Performanz könne allerdings auch die unterschiedliche Schädigung der Basalganglien eine Rolle spielen. Während bei Parkinson die Veränderungen durch Dopaminmangel bedingt sind, ist Chorea Huntington durch eine langsame Degeneration des Nucleus Caudatus gekennzeichnet. Insgesamt impliziert dieser Befund, dass einige neurologische Patienten unter Umständen nicht von Bewegungsvorstellung und damit auch nicht von Mentalem Training profitieren könnten und betont damit die Wichtigkeit, Vorstellungsfähigkeit vor dem Einsatz eines Mentalen Trainingsprogramms zu prüfen.

Erst wenn feststeht, dass die Patienten über Vorstellungsfähigkeit verfügen, kann man drittens den Fokus auf die Schwere der motorischen Einschränkung und den Zeitpunkt für den Beginn des Mentalen Trainings lenken. Wenn Patienten aus neurologischen Gründen eingeschränkt sind und noch nicht physisch trainieren können, kann Mentales Training dabei helfen, motorische Programme aktiv zu halten, was die spätere Ausführung der Bewegung erleichtert (Pascual-Leone et al., 1995). Bei Patienten, die schon zum Teil genesen sind, kann Mentales Training auch dazu eingesetzt werden, neue Aufgaben wie bspw. das Gehen mit Unterarmstützen zu erlernen (Jackson et al., 2001).

Bislang wurden zahlreiche Versuche unternommen Mentales Training in die neurologische Rehabilitation zu übertragen. Obwohl bereits vielfältige Umsetzungsmöglichkeiten in Abhängigkeit der Erkrankung erprobt wurden und in den letzten 15 Jahren eine Vielzahl an Evaluationsstudien die Wirksamkeit und bestimmte Anwendungsbedingungen bestätigen, gibt es nach wie vor keine offiziellen Richtlinien, wie und wann das Training in die physische Rehabilitation integriert werden soll (Jackson et al., 2001; Ziemainz et al., 2008; Zimmermann-Schlatter, Schuster, Puhan, Siekiera & Steurer, 2008). Zur Systematisierung der

Befunde bietet sich daher eine Einteilung nach neurologischen Erkrankungen an. Der therapeutische Nutzen von Mentalem Training wurde bislang bei Motorischer Ungeschicklichkeit (*DCD: Developmental Coordination Disorder*), Neglekt, Komplexem regionalem Schmerzsyndrom (*CRPS: Complex Regional Pain Syndrome*; Morbus Sudeck), Morbus Parkinson, Chorea Huntington, Multiple Sklerose, Rückenmarksverletzungen und bei Schlaganfall untersucht. Da sich 80% der Publikationen im Bereich des Mentalen Trainings in der neurologischen Rehabilitation auf Schlaganfall beziehen, wird dieser Bereich ausführlich vorgestellt. Ein Überblick zum Einsatz bei anderen neurologischen Erkrankungen (s. Abb.18) wird vorangestellt.

- Motorische Ungeschicklichkeit
- Neglekt
- Komplexes Regionales Schmerzsyndrom
- Morbus Parkinson
- Chorea Huntington
- Multiple Sklerose
- Rückenmarksverletzungen
- Schlaganfall

Abbildung 18 Einsatzgebiete des Mentalen Trainings in der neurologischen Rehabilitation.

Ein Krankheitsbild von Kindern, bei dem der Einsatz Mentales Training erprobt wurde, ist das der Motorischen Ungeschicklichkeit (*DCD: Developmental Coordination Disorder*). Hauptmerkmal sind Störungen der Bewegungsausführung, die sich wiederum in Schwierigkeiten bei der Haltungskontrolle, der Feinmotorik oder der Objektlokalisierung manifestieren.

Die Arbeitsgruppe um Wilson (2001, 2004) versuchte in ersten Untersuchungen zu klären, ob Kinder mit motorischer Ungeschicklichkeit Einschränkungen bei der Vorstellungsfähigkeit haben. Sie schlussfolgerten aus der Tatsache, dass erkrankte Kinder andere Strategien bei der Ausführung mentaler Aufgaben anwenden als gesunde Kinder, dass Kinder mit motorischer Ungeschicklichkeit nicht über eine angemessene Repräsentation ihres Körpers verfügen. Trotz dieser Einschränkung führten Wilson et al. (2002) eine Evaluationsstudie mit 54 Kindern mit motorischer Ungeschicklichkeit in einem *Drei-Gruppen-Design*, Mentales

Training vs. Bewegungstherapie vs. unbehandelte Kontrollgruppe durch. Nach einem fünfmaligen einstündigen Trainingsprogramm über einen Zeitraum von 5 Wochen, das neben Entspannungsübungen, Aufgaben zur visuellen Vorstellung und Vorstellungsaufgaben zu Alltagsbewegungen beinhaltete, verbesserte sich die motorische Kontrolle der Kinder, die nur mental trainierten genauso stark wie derer, die Bewegungstherapie erhielten. In nachfolgenden Studien bleibt es zu prüfen, ob eine Kombination von Mentalem und praktischem Training gegenüber Vorstellungstraining allein oder physischem Training allein gewinnbringend ist.

Ein weiteres Krankheitsbild bei dem gestörte Repräsentationen des Körpers und des Raumes im Vordergrund stehen, ist der Neglekt. Dem unilateralen visuell-räumlichen Neglekt liegt meist eine rechtshemisphärische temporoparietale Läsion, oft in Folge eines Schlaganfalls, zugrunde (Karnath & Thier, 2006). Die vorherrschende Symptomatik ist eine Vernachlässigung der kontraläsionalen Raum- und Körperhälfte sowie ein eingeschränktes Such- und Explorationsverhalten, d.h. dass sich Neglektpatienten so verhalten, als ob für sie eine Seite des Raumes oder des eigenen Körpers aufgehört hätte zu existieren. Dies führt in der Regel zu starken Alltagseinschränkungen, wobei die Erkrankten über kein Störungsbewusstsein verfügen. Die Anwendung eines Mentalen Trainingsprogramms zur Verbesserung der Körperwahrnehmung und zur Funktionsverbesserungen ist naheliegend. Erste Studien bestätigen die Durchführbarkeit Mentaler Trainingsprogramme bei Neglektpatienten. Niemeier, Ciufu und Kishore (2001) und Smania, Bazoli, Piva und Guidetti (1997) bedienten sich dabei visumotorischer Vorstellungsaufgaben. McCarthy, Beaumont, Thompson und Pringle (2002) berichten über positive Effekte durch Mentales Training bei schwer beeinträchtigten Neglektpatienten. Eine Heidelberger Forschungsgruppe um Gunhild Leifert-Fiebach und Anouk Welfringer herum entwickelte eine *visumotorische Imaginationstherapie* für Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt (Leifert-Fiebach, Welfringer, Babinsky & Brandt, 2007; Welfringer, Leifert-Fiebach, Wolkorte, Babinsky & Brandt, subm.) und untersuchte unlängst in einem Pilotprojekt zehn Akutpatienten. Es zeigte sich, dass Neglektpatienten in der Lage sind Aufgaben zur kinästhetischen Vorstellung durchzuführen und, dass die Teilnahme an dem dreiwöchigen Imaginationstraining zu einer Verbesserung der Körperwahrnehmung führt. In einer nachfolgenden Evaluationsstudie mit elf chronischen Patienten wurde nach einem vierwöchigen Imaginationstraining über Funktionsverbesserungen selbst im chronischen Bereich berichtet. Perspektivisch sollen Richtlinien für die Integration des Imaginationstrainings in die Rehabilitation sowie Ein- und Ausschlusskriterien für mögliche positive vs. negative Responder ausgearbeitet werden.

Auch im Bereich der Behandlung von Schmerzen aufgrund des Komplexen regionalen Schmerzsyndroms (*CRPS: Complex Regional Pain Syndrome* oder auch *Morbus Sudeck* genannt), einer Erkrankung des zentralen Nervensystems, die hauptsächlich untere und obere Extremitäten befällt, werden Bewegungsvorstellungen eingesetzt, um die kortikalen Gebiete der betroffenen Extremität zu aktivieren (Moseley, 2004). Moseley (2004) führte eine Studie mit 13 Schmerzsyndrompatienten durch, die zur Hälfte einer Kontrollgruppe ohne Training und zur anderen Hälfte einer Experimentalgruppe zugeteilt wurden, die an einem Trainingsprogramm zur Bewegungsvorstellung teilnahmen. Dieses setzte sich aus drei jeweils zweiwöchigen Abschnitten zusammen. In den ersten 2 Wochen übten Patienten das Erkennen der Seitigkeit von linken und rechten Händen, die ihnen auf einem Computerbildschirm präsentiert wurden. Damit wurde die Aktivierung prämotorischer Areale (vgl. Aschn. 1.4.1) bezweckt. In den darauffolgenden 2 Wochen wurden aus dem Fotoset zufällig 28 Abbildungen ausgewählt, die die Patienten in der Vorstellung mit ihrer Hand nachstellen sollten. Damit sollte eine Aktivierung der Bewegungsvorstellung erreicht werden. In den letzten 2 Wochen kam eine Spiegelbox zum Einsatz. Die Patienten erhielten erneut 20 Fotos und die Instruktion, diese mit der gesunden Hand innerhalb dieser Spiegelvorrichtung nachzustellen. Dabei sollten sie ausdrücklich lediglich die Reflektion ihrer gesunden Hand im Spiegel betrachten. Es zeigte sich ein eindeutiger Effekt in den Variablen Schmerzen und Schwellung der Hand. Nach 6 Wochen Mentalem Training erfüllten circa die Hälfte der Patienten nicht mehr die diagnostischen Kriterien für das Komplexe Regionale Schmerzsyndrom, was ein eindeutiger Beleg für eine Wirkung des Mentalen Trainings ist. Als die einstige Kontrollgruppe ebenfalls das Trainingsprogramm zur Bewegungsvorstellung durchlief, stellten sich die gleichen Verbesserungen ein.

Eine anschließende Untersuchung (Moseley et al., 2005) zeigte ferner, dass die Verbesserungen, die mit dem Trainingsprogramm zur Bewegungsvorstellung erreicht werden konnten, nicht allein auf die Tatsache zurückzuführen sind, dass die Patienten ihrer betroffenen Extremität mehr Aufmerksamkeit schenkten. Vielmehr konnte die sequenzielle Aktivierung entsprechender motorischer Areale auf die speziellen Durchführungsmodalitäten des Trainings zurückgeführt werden.

Die positiven Befunde wurden Moseley et al. (2006) in einer weiteren Studie ($N = 51$) mit Patienten repliziert, die entweder an Komplex Regionalem Schmerzsyndrom erkrankt waren oder unter Phantomschmerz litten. Auch hier führte das Trainingsprogramm zur Bewegungsvorstellung im Vergleich zur Kontrollgruppe zu Schmerzabnahme und Funktionsverbesserung. Zwar war die Reduktion des Schmerzes in dieser Nachfolgestudie

(2006) geringer als im Pilotprojekt (2004), jedoch kann dies durch die größere Heterogenität der zweiten Stichprobe erklärt werden.

Der Einsatz des Mentalen Trainings bei Patienten mit Morbus Parkinson wird in der aktuellen Literatur kontrovers diskutiert. Degenerative Veränderungen in den Basalganglien mit einhergehendem Dopaminmangel führen bei Parkinsonpatienten zu den klassischen Symptomen Rigor (Muskelstarre), Tremor (Muskelzittern), Bradykinese (verlangsamte Bewegung) bis hin zur Akinese (Bewegungslosigkeit) sowie zu Posturaler Instabilität (Haltungsinstabilität). Die Therapie, eine häufige Kombination medikamentöser, krankengymnastischer und ergotherapeutischer Methoden, kann sich bislang nur an einer symptomatischen Behandlung der Erkrankung orientieren, da die genauen Ursachen bis heute nicht bekannt sind. Untersuchungen zeigen, dass nur regelmäßige krankengymnastische Therapie zu einem Erhalt bzw. einer Verbesserung der Motorik führen. Eine Unterbrechung der Therapie, reduzierte innerhalb weniger Wochen die zuvor erarbeiteten motorischen Leistungen (Hummelsheim & Hauptmann, 1998; zitiert nach Hermann & Mayer, 2009, S. 159). Gerade hier stellt sich die Frage, ob Parkinsonpatienten, insbesondere, wenn es ihre körperliche Verfassung zeitweilig nicht zulässt, die motorische Kompetenz nicht durch ein Mentales Training erhalten können. Ausgehend von Untersuchung zur kortikalen Aktivität der Bewegungsvorbereitung bei Parkinsonpatienten (Cunnington et al., 2001) widmeten sich mehrere Studien der Frage, ob an Parkinson erkrankte Menschen über Vorstellungsfähigkeit verfügen. Während in der zu Beginn dieses Abschnitts dargestellten Untersuchung von Yágüez et al. (1999) Parkinsonpatienten beim Mentalen Training des Zeichnens von Ideogrammen keine Verbesserung verzeichnen und die Autoren dies u.a. mit einer fehlerhaften Vorstellungsfähigkeit erklären, kann in einer anderen Studie von Dominey, Decety, Brousolle, Chazot, und Jeannerod (1995) gezeigt werden, dass Parkinsonpatienten im Vergleich zu Gesunden langsamere Fingerbewegungen ausführen und dass diese Verlangsamung bei der mentalen Ausführung bestehen bleibt. Dieser Befund zeigt, dass Parkinsonpatienten in der Lage sind, Vorstellungen von Bewegungen zu generieren, und dass somit der Einsatz von Mentalem Training plausibel erscheint. Unlängst konnte in einer kontrollierten Evaluationsstudie (Tamir et al., 2007; zitiert nach Dickstein & Deutsch, 2007, S. 944) der Nachweis erbracht werden, dass Alltagsverrichtungen, die sich bei Parkinsonpatienten aufgrund Bradykinese verschlechterten, bei Patienten, die ein mental und physisch kombiniertes Training erhielten im Vergleich zu Patienten, die ein rein physisches Training durchliefen stärker verbesserten.

Im Vergleich zu den bisher beschriebenen neurologischen Erkrankungen, ist der Gebrauch der Bewegungsvorstellung im Kontext von Chorea Huntington, Multiple Sklerose oder Rückenmarksverletzungen absolut unterrepräsentiert.

So wird bspw. die Anwendung Mentalen Trainings bei Patienten mit Chorea Huntington sehr selten beschrieben (Yágüez et al., 1999). Diese vererbte Hirnerkrankung wird durch einen Gendefekt verursacht und führt zu einer langsamen Degeneration der Basalganglien, genauer gesagt des Nukleus Kaudatus. Dies äußert sich neuropsychiatrischen Beeinträchtigungen, die im Laufe der Krankheit zu Demenz führen sowie in einer Vielzahl von Bewegungsstörungen wie bspw. Bewegungsunruhe in Armen und Beinen bis hin zu unwillkürlichen Muskelbewegungen, Schluckstörungen, hohem Muskeltonus oder einem im fortgeschrittenen Stadium der Erkrankung hüpfenden Gangbild.

Neben medikamentöser Therapie erhalten die Betroffenen häufig krankengymnastische und ergotherapeutische Behandlung, um motorische Kompetenzen im Alltag aufrechtzuerhalten. Erste Untersuchungen der Vorstellungsfähigkeit von Huntingtonpatienten belegen, dass sie im Vergleich zu den Parkinsonpatienten (Yágüez et al., 1999) trotz des Defekts in den Basalganglien uneingeschränkt in der Lage sind sich Bewegungen vorzustellen. McLennan, Georgiou, Mattingley, Bradshaw und Chiu (2000) konnten beim Vergleich der Vorstellungsfähigkeit von Huntingtonpatienten mit der von Gesunden keinen Unterschied feststellen. Künftigen Studien bleibt es vorbehalten für Huntingtonpatienten spezifische, komplexe Mentale Trainingsprogramme, wie sie bspw. für Patienten mit Komplexem Regionalem Schmerzsyndrom (Moseley, 2004; 2005; 2006) existieren, zu entwickeln und zu evaluieren.

Die Anwendung Mentalen Trainings bei Patienten mit Multiple Sklerose ist bislang nur vereinzelt dokumentiert. Multiple Sklerose ist eine chronisch-entzündliche Autoimmunerkrankung des Zentralen Nervensystems. Typische Kennzeichen sind neben kognitive Störungen, subkortikal verursachte Bewegungsstörungen und Zittern sowie Spastik und Gangstörungen. Schon in der frühen Phase der Erkrankung kann es neben Axonalverlust zum Absterben von Hirngewebe kommen (Kuhlmann & Brück, 2001). Regelmäßige sportliche Übung scheint den Verlauf dieser Neurodegeneration zu drosseln (White & Castellano, 2008). Somit wird der nichtmedikamentösen Therapie, genauer gesagt den bewegungstherapeutischen Maßnahmen ein besonderer Stellenwert zugeschrieben (Hoffmann, 2002; zitiert nach Mayer & Hermann, 2009, S. 158).

Außer vereinzelt Einzelfallstudien oder qualitativen Fallbeschreibungen liegen allerdings bislang keine empirische Wirksamkeitsnachweise vor. Dieser Umstand ist nicht zuletzt darauf

zurückzuführen, dass Patienten, die an Multiple Sklerose erkrankt sind, äußerst heterogene Symptomatik aufweisen. Zudem verläuft der Krankheitsverlauf in Schüben, sodass eine Langzeitdokumentation dadurch zusätzlich erschwert wird. Denkbar ist es Bewegungsvorstellung ergänzend zu bewegungstherapeutischen Maßnahmen zur Aufrechterhaltung und Optimierung der Ausführungssteuerung von Bewegungen ergänzend einzusetzen. Bislang wurde diese Maßnahme allerdings noch nicht empirisch evaluiert. In einer Einzelfallstudie wurde vom Einsatz des Mentalen Gehtrainings (Mayer, 2001) bei einer Patientin im Anfangsstadium der Multiplen Sklerose berichtet (Mayer et al., 2003). Durch das Erarbeiten einer individuellen Gehbewegungsanleitung, die eine Generierung der Vorstellung von der Sollbewegung ermöglichte und dem anschließenden Wechsel zwischen Mentalem und praktischem Training konnte eine zunehmende Gangsicherheit wiederhergestellt werden und Sturzangst reduziert werden. Dies äußerte sich in der besseren Bewältigung kritischer Alltagssituationen und in einer deutlichen Zunahme der Gehstrecken. Für Patienten mit Rückenmarksverletzungen liegen bislang keine empirischen Evidenzen zu einer direkten Verbesserung der motorischen Ausführung durch Mentales Training vor (Dickstein & Deutsch, 2007). Formen der Querschnittslähmung sind Tetraplegie, bei der alle vier Extremitäten betroffen sind, und Paraplegie, definiert als eine totale Lähmung der unteren Extremitäten oder der oberen Extremitäten. Letzere ist das Resultat einer Schädigung des Rückenmarks unterhalb von Zervikalhalswirbel Nr. 4, auf Höhe der Brust- oder Lendenwirbelsäule mit Lähmungen der jeweiligen Muskulatur und Verlust des Empfindungsvermögens. Cramer, Latra, Lacourse und Cohen (2006) verglichen die neuronale Aktivierung bei Bewegungsvorstellung der Zunge und der Fußzehen von zehn Patienten mit Tetra- oder Paraplegie mit der von zehn Gesunden. Bei den Patienten mit Rückenmarksverletzungen beschränkte sich die Verbesserung auf die Funktion der nichtgelähmten Muskeln. Ferner stellten die Autoren eine Aktivierung der kortikalen Netzwerke fest, die kongruent mit den vorgestellten spezifischen Bewegungen sind. Sie schlussfolgern daraus, dass die Funktion des motorischen Systems unabhängig von der bewussten motorischen Kontrolle und der Rückmeldung aus der Peripherie ist und weisen auf das Potenzial der Bewegungsvorstellung als kognitive Strategie für funktionale Erholung hin. Eine Reihe anderer Studien belegen die Aktivierung bewegungsbezogener Areale, die an der Bewegungsvorstellung von Patienten mit Rückenmarksverletzungen beteiligt sind (Alkadhi, Brugger & Boendermaker, 2005; Cramer, Orr, Cohen & Lacourse, 2005). An dieser Stelle sei schließlich darauf hingewiesen, dass man sich auf Bewegungsvorstellung bezogene neuronale Aktivität zunutze machte, um über eine elektroenzephalografisch basierte Schnittstelle von

Gehirn und Computer bei tetraplegischen Patienten Handbewegungen oder Bewegungen einer Neuroprothese zu erzeugen (Müller-Putz et al., 2005, 2006; zitiert nach Dickstein & Deutsch, 2007, S. 944). Offensichtlich kann man auf künftige Entwicklungen in diesem Bereich gespannt sein.

2.3.1 Mentales Training nach Schlaganfall

Im Bereich der neurologischen Rehabilitation ist die Anwendung des Mentalen Trainings nach Schlaganfall, im Englischen *stroke*, mit Abstand am besten dokumentiert. Dies liegt sicherlich u.a. daran, dass Schlaganfall eine der weltweit häufigsten Erkrankungen ist. Jährlich erleiden weltweit mehr als 15 Millionen Menschen einen Schlaganfall (*The atlas of heart disease and stroke*, zitiert nach Zimmermann- Schlatter et al., 2008, S. 2), von denen ca. fünf Millionen mit einer permanenten Einschränkung weiter leben müssen. In Deutschland sind es 150.000-200.000 Betroffene (Diener et al., 2004; zitiert nach Mayer & Hermann, 2009, S. 158).

Schlaganfall wird durch eine zerebrale Blutung oder Durchblutung verursacht und umfasst Hirnschlag, Hirninfarkt, zerebraler Insult und Apoplexie (Berlit; zitiert nach Mayer & Hermann, 2009, S. 158). Eine charakteristische Folge eines Schlaganfalls sind zentralmotorische Ausfälle, die zu Lähmungen einer gesamten Körperhälfte (Hemiparese), aller Extremitäten (Tetraparese), beider Beine oder beider Arme (Paraparese) oder einzelner Extremitäten (Monoparese) führen können. Zur Unterscheidung der Begriffe *Parese* und *Plegie* sei darauf hingewiesen, dass man unter einer *Parese* eine unvollständige Lähmung der Muskulatur, im Gegensatz dazu unter *Plegie* eine vollständige Lähmung der Muskulatur versteht.

Die Behandlung kann sich aus verschiedenen medikamentösen, physiotherapeutische und psychologischen Maßnahmen zusammensetzen (Mayer & Hermann, 2009). Die Rehabilitation nach Schlaganfall sollte möglichst früh nach Auftreten des Schlaganfalls beginnen, um neuronalen Abbau und Erlernen Nichtgebrauch zu verhindern. Hauptziel der Rehabilitation ist, gestörte motorische Funktionen so gut wie möglich wiederherzustellen, um die Alltagskompetenzen der Patienten wieder möglich zu machen. Zu den gängigen physiotherapeutische Verfahren zählen Therapien nach Bobath, Vojta, Perfetti sowie Propriozeptive Neuromuskuläre Fazilitation (Ziemainz et al., 2008). Ziel dieser Stimulationsverfahren ist eine Reaktivierung neuronaler Strukturen, die für die Kontrolle des gelähmten Körperteils zuständig ist. Problematisch erscheint, dass mit einer Lähmung die Einschränkung der Körperwahrnehmung oft einhergeht, sodass die Stimulation unter

Umständen nur eingeschränkt zentral verarbeitet werden kann. Propriozeption wird bei den oben genannten Verfahren vernachlässigt. An diesem Punkt setzt das Mentale Training an, indem es versucht sich über die „Hintertür“, wie es Sharma, Pomeroy und Baron im Titel ihres Reviews (2006) formulieren, „Zugang zum motorischen System“ zu verschaffen. Da die Zeit, die eine Person direkt nach einem Schlaganfall mit physischem Training verbringen kann, beschränkt ist aufgrund von Schwäche, mangelnder Ausdauer und Gleichgewichtsschwierigkeiten, bietet sich das Mentales Training als entlastende und erhaltende Methode an (Malouin et al., 2004).

Studien und Einzelfallberichte zur Anwendung und Wirksamkeit von Mentalem Training in der Rehabilitation nach Schlaganfall sind zahlreich. Darunter lassen sich drei Gruppen mit unterschiedlichem Untersuchungsziel unterscheiden:

- Studien, die Voraussetzungen für die Durchführung von Mentalem Training bei Schlaganfall erforschen
- Studien, die die Wirksamkeit prüfen und
- Reviewartikel, die über Effektstärkenberechnung die Bedeutsamkeit der Effekte prüfen.

Studien zu Voraussetzungen der Durchführung von Mentalem Training versuchen die Frage zu klären, ob Mentales Training bei Schlaganfallpatienten durchgeführt werden kann, genauer gesagt ob die Patienten überhaupt über die Fähigkeit verfügen, sich eine Bewegung vorzustellen, die sie aufgrund einer Lähmung nicht ausführen können. Dazu wird den Patienten auf einem Monitor eine modifizierte Hand-Rekognitions-Aufgabe nach Parsons (s. Abschn. 1.5.1), also eine Abbildung von einer Hand oder einem Fuß in einer bestimmten verdrehten Stellung präsentiert. Die Versuchspersonen müssen so schnell wie möglich die Abbildung nach ihrer Seitigkeit (rechts oder links) bewerten. De Vries et al. (*in prep.*) kontrastierten zudem die Ergebnisse bei dieser Art von Aufgabe mit denen bei einer Rotationsaufgabe mit Buchstaben (zitiert nach Mulder, 2007b, S. 1273). Eine andere Aufgabe besteht darin eine Griffart (Ristgriff oder Kammgriff) zu antizipieren. Bei derartigen Tests wird angenommen, dass Patienten eine Vorstellung von der Bewegung generieren und anwenden (Johnson, 2000). Decety & Boisson (1990; vgl. Abschn. 2.3) konnten zeigen, dass Hemiplegiker ($n = 6$), Tetraplegiker ($n = 2$) und Paraplegiker ($n = 2$) nach Schlaganfall durchaus in der Lage sind sich Bewegungen mit der betroffenen Extremität vorzustellen. Lediglich bei den Hemiplegikern unterschied sich die zeitliche Kongruenz zwischen mental ausgeführter Bewegung mit der Extremität der gesunden Seite und mental ausgeführter Bewegung mit der Extremität der betroffenen Seite, hier dauerte die Bewegung länger (vgl.

Abschn. 1.5.1). Johnson-Frey (2004) bestätigten den Befund, dass Bewegungsvorstellung in der chronischen Phase des Schlaganfalls möglich ist (vgl. Sirgiu et al., 1996) und belegen darüber hinaus, dass dies in der akuten Phase des Schlaganfalls auch zutrifft. Die Autoren weisen allerdings auch darauf hin, dass in Einzelfällen bei bestimmten Läsionen (z.B. bei Störungen der Vorstellungsfähigkeit nach kontralateralen parietalen und prämotorischen Läsionen) Gegenteiliges berichtet wird. Somit kann die Frage, ob Mentales Training bei Schlaganfallpatienten durchgeführt werden kann, letztendlich nur individuell in Abhängigkeit des Läsionsgrades und der Läsionsart beantwortet werden. Vor diesem Hintergrund erscheint es grundsätzlich sinnvoll, Mentales Training als *Tool* in der Rehabilitation von Schlaganfallpatienten einzusetzen, allerdings auch unablässig, vorneweg die Fähigkeit der Bewegungsvorstellung zu überprüfen. An dieser Stelle sei abschließend an den Zusammenhang zwischen Alter und Vorstellungsfähigkeit erinnert (vgl. Abschn. 1.3.4; Mulder et al., 2007b).

Zur Klärung der anwendungsorientierten Frage, ob Mentales Training in der Rehabilitation von Schlaganfallpatienten ein wirksames Verfahren darstellt, wurden Wirksamkeitsstudien durchgeführt, die unterschiedlichen Fokus haben. Dies ist:

- Bewegungsverbesserung der oberen Extremität,
- Bewegungsverbesserung der unteren Extremität,
- Verbesserung der Gehfähigkeit,
- Verbesserung der Alltagskompetenz oder
- Verbesserung des Umgangs mit interaktiven Technologien.

Bei der Durchsicht der bisherigen Publikationen lassen sich eine Vielzahl von Umsetzungsmöglichkeiten in der Art und Weise der Vorstellungsgenerierung sowie der Durchführungsmodalitäten des Mentalen Trainings feststellen. Welche Methode favorisiert werden sollte, lässt sich letztendlich nur im Kontext der Folgen des Schlaganfalls und der verbliebenen Ressourcen und Fähigkeiten der Patienten entscheiden. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich bei Schlaganfallpatienten vorgegebene Instruktionen durch Audiotapes (Page, 2000; Page, Levine, Sisto & Johnston, 2001a, b) oder durch Vorlesen des Therapeuten (Dijkermann, Ietswaart, Johnston & McWalter, 2004) und der Einsatz von Videodarstellungen eines Modells oder des Patienten selbst (Miltner, Simon, Netz & Hömberg, 1999) positiv auf die Durchführung der Zielbewegung auswirken. Taktilkinästhetische, propriozeptive Stimulierung der betroffenen Seite durch den Therapeuten (Miltner et al., 1999), kontralaterale Ausführung (Crosbie, McDonough, Gilmore, & Wiggam, 2004) oder visuelle Stimulation mittels Spiegelvorrichtung können die Generierung der

Bewegungsvorstellung unterstützen (s. Abschn. 2.3.1; Steven & Stoykov, 2003; Miltner et al., 1999; Moseley et al., 2004). Die gemeinsame Erkenntnis vieler klinischen Studien, die verschiedene Interventionsbedingungen vergleichen, ist folgende Rangfolge: Effekte eines kombinierten Ansatzes von praktischem mit Mentalem Training erbringen die größten Verbesserungen motorischer Fähigkeiten, gefolgt von praktischem Training allein, dann die alleinige mentale Intervention, was wiederum keinem Training überlegen ist (Page et al. 2001a, Malouin et al., 2004; vgl. Abschn. 1.3).

Studien zur Bewegungsverbesserung der oberen Extremität erbringen zwei wesentliche Ergebnisse: Erstens führen vierwöchige bis sechswöchige kombinierte Trainingsprogramme aus Mentalem und physischem Training zu einer nachweislichen Optimierung der Bewegungsfähigkeit hinsichtlich Arm- (Miltner et al., 1999) und Handgelenksbeweglichkeit, Greifbewegung (Dijkermann et al., 2004; Miltner, Netz & Hömberg 2000; Weiss et al., 1994) oder Greifstärke; zweitens wird der Nachweis der Wirksamkeit für alle Phasen der Rehabilitation, sowohl für die Phase im Akutkrankenhaus (Liu, Chan, Lee & Hui-Chan, 2004), für den Zeitraum unter einem Jahr nach dem Schlaganfall (Page et al., 2001a, b; Crosbie et al., 2004) als auch im chronischen Stadium der Erkrankung (>1 Jahr; Stevens & Stoykov, 2003; Page, 2000; Dijkermann et al., 2003) erbracht.

Dass hauptsächlich Studien zur oberen Extremität veröffentlicht wurden, veranlasste Malouin et al. (2004) zu einer Untersuchung, die auch die untere Extremität berücksichtigen sollte. Es stellt sich die Frage, ob sich die vorgefundenen positiven Befunde auch bei Aufgaben, wie bspw. Aufstehen und Hinsetzen, die sowohl die Koordination der unteren Extremitäten wie auch des Rumpfes erfordern, replizieren lassen. Verglichen mit gesunden Probanden benötigen Patienten nach Schlaganfall zwischen 25% und 61% mehr Zeit, um aufzustehen und verringerten dabei die Belastung des betroffenen Beines zwischen 20% und 25% (Enghardt & Olsson, 1992; zitiert nach Malouin et al., 2004, S. 73). Der Arbeitskreis um Malouin verglich die Daten von zwölf Patienten mit einseitigen motorischen Einschränkungen nach Schlaganfall mit einer Gruppe von sechs Gesunden. Die Belastung des betroffenen Beines beim Aufstehen und Hinsetzen wurde dreimalig erhoben: unmittelbar vor und nach dem Training, sowie ein Tag später. Mit dem Ziel die motorische Strategie der Patienten dahingehend zu modifizieren, dass sie das betroffene Bein wieder mehr belasteten, wurde ihnen ein Feedback auf einem Monitor präsentiert, dass ihre Gewichtsverteilung im rechts-links Vergleich angab. Das Training bestand aus sieben Blöcken, die jeweils eine physische sowie fünf mentale Wiederholungen beinhalteten. Während der physischen Aufgabe sollten die Patienten auf ein auditives Signal hin aufstehen bzw. sich setzen. Im

Anschluss daran erhielten sie die Instruktion, sich bei geschlossenen Augen das Aufstehen bzw. Hinsetzen vorzustellen und dabei jeweils den Anfang und das Ende der Bewegung verbal zu signalisieren. Diese einzelne Mentale Trainingssitzung kombiniert mit dem physischen Training ergab eine Verbesserung der Belastung beider Beine. Diese Verbesserung konnte auch noch bei der Nachfolgemessung einen Tag später beobachtet werden, was auf einen Lerneffekt hindeutet. Eine Steigerung der Geschwindigkeit wurde damit allerdings nicht erzielt. Künftigen Untersuchungen bleibt vorbehalten ein längeres *Follow-up-Intervall* einzubeziehen und diesem Effekt an einer größeren Stichprobe zu prüfen. Dennoch konnte mit dieser Untersuchung ein weiteres Mal gezeigt werden, dass es sinnvoll ist, weitere Forschungsarbeit in diesem Feld zu investieren.

Zur Verbesserung der Gehfähigkeit entwarfen Dickstein, Dunsky & Marcovitz (2004) ein Trainingskonzept und evaluierten es an einem 69-jährigen Hemiparetiker, dessen Schlaganfall drei Monate zurücklag. Die 15-minütigen Trainingseinheiten fanden dreimal wöchentlich über einen Zeitraum von 6 Wochen statt. Dem Mentalen Training wurden Muskelrelaxationsübungen vorgeschaltet. Die Vorstellung der Gehbewegung erfolgte sowohl aus der external observativen als auch aus der internal observativen Perspektive (s. Abschn. 2.1.1). Die Autoren berichten über eine deutliche Verbesserung der Ganggeschwindigkeit und der Schrittlänge. Dies ist vor dem Hintergrund der Verminderung des Sturzrisikos von Bedeutung. Zudem erreicht der Patient eine bessere Kniegelenksbeweglichkeit. Allerdings wurde keine Verbesserung der Gangsymmetrie festgestellt. Die Autoren weisen darauf hin, dass es dem Patient in der Vorstellung nie gelungen sei eine symmetrische Gehbewegung zu generieren. Als Fazit lassen sich die Ergebnisse dieser Einzelfallanalyse als Anstoß zu weiteren Studien nutzen, bei denen bei einer größeren Stichprobe ein Vergleich mit einer Kontrollgruppe angestrebt werden sollte.

Während in den meisten Evaluationsstudien zum Mentalen Training nach Schlaganfall einfache Greif- und Reichbewegungen Trainingsinhalte darstellen, zielte die Intervention bei Liu et al. (2004) auf die Verbesserung von Alltagskompetenzen beim Kochen, Einkaufen oder im Haushalt. An dieser randomisierten kontrollierten Studie nahmen 46 Schlaganfallpatienten teil, die in einem Krankenhaus in Hong-Kong akut stationär versorgt wurden. Sie übten die Alltagsaufgaben in 15, 60-minütigen Interventionssitzungen über einen Zeitraum von 3 Wochen, in der Kontrollgruppe rein physisch bzw. in der Experimentalgruppe mental. Beim Mentalen Trainingsprogramm wurde zunächst die korrekte Ausführung der Zielaufgabe mittels Videofilm gezeigt. Die Bewegungsvorstellung wurde über Bildersequenzen aufgebaut. Daraufhin wurde die Aufgabe mental und praktisch im Wechsel durchgeführt. Die

Ausführung wurde gefilmt und dem Patienten vorgespielt, sodass individuelle Probleme besprochen werden konnten. Dies wurde so häufig wiederholt, bis die erwünschte Ausführungsqualität erreicht war. Dieses Mentale Trainingsprogramm kombiniert mit der physischen Ausführung ergab im Vergleich mit den Kontrollgruppen eine bedeutsame Verbesserung der Bewegungsausführung. Diese Verbesserung konnte auch noch bei der Nachfolgemessung einen Monat später beobachtet werden. Die Autoren erklären den Lerneffekt mit der Verbesserung der zentral gesteuerten Bewegungsplanung und Bewegungsausführung. Ferner wurde festgestellt, dass die mental trainierenden Patienten die wiedererlernten Fertigkeiten auf nichtgeübte ähnliche Alltagsaufgaben generalisierten.

Einige Untersuchungen zum Mentalen Training zielen auf die Verbesserung des Umgangs mit interaktiven Technologien. Dabei werden Ansätze entwickelt, die den Patienten unabhängig vom Therapeut oder der therapeutischen Institution mit Bewegungsanweisungen und Trainingsplänen versorgen (Morganti et al., 2003; zitiert nach Mayer & Hermann, 2009, S. 163). Die Evaluation dieser computergestützten Intervention steht bislang noch aus.

Vereinzelte Untersuchungen weisen darauf hin, dass das einmal erlernte Mentale Training sich auch ohne derartige Technologien und ohne Supervision zu Hause vom Patienten sehr einfach durchführen lässt (Dijkerman et al., 2004; Page et al., 2001a,b). So hat der Patient direkt die Möglichkeit, unabhängig von der therapeutischen Institution, durch Mentales Training ein gutes Therapieergebnis zu erzielen (Mayer et al., 2003).

Verschiedene Reviewartikel prüfen über Effektstärkenberechnung die Bedeutsamkeit der Effekte von Mentalem Training nach Schlaganfall. Dazu beziehen

- Ziemainz et al. (2008) fünf randomisierte/klinisch-kontrollierte Studien aus dem englischen und deutschen Sprachraum,
- Zimmermann-Schlatter et al. (2008) vier kontrollierte Studien ohne sprachliche Eingrenzung,
- Sharma et al. (2006) fünf Evaluationsstudien sowie sechs auf funktionelle Bildgebung basierende, englischsprachige Studien,
- Braun, Beurskens und Borm (2006) fünf randomisierte/klinisch-kontrollierte Studien (Klasse I) sowie zwei Untersuchungen ohne Kontrollgruppe (Klasse II) bzw. drei Einzelfallstudien (Klasse III) in Englisch, Deutsch, Französisch und Holländisch ein.

Braun et al. (2008) konnten in ihrem Review zeigen, dass die vorliegenden Studien erste Hinweise dafür liefern, dass Schlaganfallpatienten von zusätzlichem Vorstellungstraining

mehr profitieren als von alleiniger Physiotherapie. Die nachfolgende Tabelle 7 zeigt im Überblick die fünf einbezogenen Klasse-I-Studien und verdeutlicht ihre methodische Qualität.

Tabelle 7
Klasse-I-Studien im Review von Braun et al. (2006)

Studie	Patienten	Therapie	Dauer	Ergebnisse
Page (2000)	N = 2x8, chronisch, randomisierte KG	adaptiertes Mentales Training (vs. generelle Schlaganfall-Info), per Kassette	4 Wochen	Prä-post-Vergleich, signifikante Unterschiede (FMA)
Page et al. (2001a)	N = 8&5, subakut, randomisierte KG	standardisiertes Mentales Training (vs. generelle Schlaganfall-Info), per Kassette	6 Wochen	2 mal prä- vs. posttherapeutisch, verminderte Funktionseinschränkung (FMA), verbesserte Armfunktion (ARAT)
Dijkerman et al. (2004)	N = 10&5&5, chronisch, kontrollierte klinische KG	Mentales Training durch Beobachtung, dann Visualisierung (vs. visuelle Aufgabe vs. keine Imagination)	4 Wochen	Prä-post-Vergleich, keine inter-/intraindividuelle Haupteffekte in Motorik (<i>pegboard</i> , Dynamometer, ADL) oder der Aufmerksamkeitskontrolle (RLOC, TOEA)
Liu et al. (2004)	N = 26&20, akut, randomisierte KG	Mentales Training über Selbstregulation & Imagination (vs. kein supplementäres Training)	3 Wochen	Prä-post-Vergleich und <i>follow-up</i> , verbesserte Kompetenz (Haushalt, Einkauf, Kochen), keine Unterschiede in Motorik (FMA) oder der Aufmerksamkeitskontrolle (CTT)
Page, Levine & Leonard (2005)	N = 6&5, chronisch, randomisierte KG	Mentales Training (vs. Entspannungsübungen), per Kassette	4 Wochen	Prä-post-Vergleich, verbesserte Armfunktion (ARAT) & vermehrter Armeinsatz (MAL)

Anmerkungen.

Darin sind: N = Fallzahl, KG = Kontrollgruppe, ADL: *Activities of Daily Living*, RLOC: *Recovery Locus of Control Scale*, ARAT: *Action Research Arm Test*, CTT: *Color Trail Test*, FMA: *Fugl-Meyer Assessment*, MAL: *Motor Activity Log*, TOEA: *Test of Everyday Attention*.

Das gemeinsame Fazit der oben genannten Reviewartikel ergibt aufgrund mittlerer ($ES_{\text{kor}} > 0,5$) bis hoher Effektstärken ($ES_{\text{kor}} > 0,8$, nach Ziemainz et al., 2008) die Empfehlung, Mentales Training in der Rehabilitation von Schlaganfallpatienten als Zusatzbehandlung zu herkömmlichen bewegungstherapeutischen Maßnahmen einzusetzen.

Folgende Erkenntnisse lassen sich aus der Betrachtung der Studien zu Mentalem Training in der neurologischen Rehabilitation (s. Abschn. 2.3) zusammenfassen:

- Die (publizierten) Studien bestätigen einvernehmlich, dass auch im Bereich der Rehabilitation die größte Effektivität bei der Kombination von körperlichem

Training und Mentalem Training entsteht (Jackson et al., 2001; vgl. Abschn.1.3.1 und 2.1). Mentales Training erzielt seine größte Wirkung, wenn motorische Übungseinheiten direkt an kognitive anschließen (Ziemainz et al., 2008).

- Mentales Training kann jedoch nicht uneingeschränkt bei allen neurologischen Patienten eingesetzt werden (Überblick bei Mulder, 2007b). Wenn bspw. durch kontralaterale parietale oder prämotorische Läsionen die Fähigkeit sich Bewegungen vorzustellen abhanden gekommen ist (Johnson-Frey, 2004), stellt Mentales Training eine sinnlose Intervention dar. Daher wird vor dem Einsatz des Mentalen Trainings die Erfassung der Vorstellungsfähigkeit empfohlen (Schott, 2004). Zudem kann die Akkuratheit sowie die zeitliche Kopplung der Bewegungsvorstellung (*chaotic motor imagery*, Sharma et al., 2006) gestört sein. Im Einzelfall kann jedoch trotz einer solchen Funktionsstörung mental trainiert werden (Sharma et al. 2006, 2009).

Bleibt also festzuhalten, dass im Bereich der neurologischen Rehabilitation der zusätzliche Einsatz des Mentalen Training bei einer Vielzahl von Erkrankungen diskutiert und evaluiert wird.

- Bei Erkrankungen wie Parkinson, Chorea Huntington, Multiple Sklerose und Rückenmarksverletzungen (s. Abschn. 2.3) liegen bislang fast nur Einzelfallberichte vor, sodass noch keine Empfehlung für oder wider den Einsatz von Bewegungsvorstellung formuliert werden kann.
- Bei Motorischer Ungeschicklichkeit (DCD: *Developmental Coordination Disorder*), Neglekt und beim komplexem regionalem Schmerzsyndrom (CRPS: *Complex Regional Pain Syndrome*; Morbus Sudeck, s. Abschn. 2.3) hat sich Mentales Training in Kombination mit anderen therapeutischen Maßnahmen in Evaluationsstudien als effektives Mittel erwiesen. Somit kann die Einschätzung abgegeben werden, dass Mentales Training einen positiven Beitrag zur Verbesserung der Bewegungssituation der Patienten zu leisten vermag.
- Bei Schlaganfallpatienten (s. Abschn. 2.3.1) sprechen die vorliegenden, empirisch gut gesicherten Befunde, eindeutig für die Anwendung des Mentalen Trainings: „*We believe that the main question is no longer whether mental practice can help in the rehabilitation of neurologic patients, but rather, what is the best way to implement this cost-efficient technique into current practice*“ (zitiert nach Jackson et al., 2001, S. 1139).

Perspektivisch müssen Messinstrumente weiterentwickelt und validiert werden, um minimale Funktionsveränderungen besser erfassen zu können (Jackson et al., 2001). Ferner sind Auswahlkriterien für gute Responder und Ausschlusskriterien zu bestimmen sowie Richtlinien zu erarbeiten (Jackson et al., 2001; Dickstein et al., 2007). Wünschenswert sind Richtlinien zum Einsatz des Mentalen Trainings bzgl. des optimalen Zeitpunkts der Intervention sowie bzgl. des genauen Vorgehens und der Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Therapiemodulen.

Im nachfolgenden Abschnitt wird eine solche Kopplung von Therapieverfahren vorgestellt. Es handelt sich hierbei um die Spiegeltherapie. Diese Methode wird dem Abschnitt 2.3 zugeordnet, weil ihre Wirksamkeit in erster Linie an neurologischen Patienten, genauer gesagt an Schlaganfallpatienten bislang evaluiert wurde. Befunde zur Kombination von Spiegeltraining und Mentalem Training existieren bislang allerdings nur vereinzelt.

2.3.2 Exkurs: Spiegeltraining

Im nachfolgenden Abschnitt werden das Grundprinzip und die praktischen Aspekte bei der Anwendung des Spiegeltrainings, neurophysiologische Erklärungsansätze der Wirkung sowie empirische Befunde vorgestellt. Dabei wird in erster Linie auf den Einsatz des Verfahrens bei Lähmung nach Schlaganfall eingegangen, ergänzend wird die Verwendung bei Phantomschmerz und anderen Schmerzerkrankungen, die mit gestörtem afferenten sensorischen Input zusammenhängen, beschrieben. Abschließend wird auf Untersuchungen eingegangen, die die Kombination von Mentalem Training und Spiegeltraining thematisieren. Die Schilderung des theoretischen, empirischen wie praktischen Hintergrunds des Verfahrens ist notwendig, um den Einsatz des Spiegeltrainings in den Evaluationsstudien mit Knieendoprothesepatienten (vgl. Kap. 3) nachvollziehen zu können (s. Abschn. 3.1.3).

Das Spiegeltraining (*mirror visual feedback*; Ramachandran, 2005) ist ein relativ junges Therapieverfahren für neurologische Patienten mit einer Hemiparese bzw. einer Hemiplegie (vgl. Abschn. 2.3.1), bspw. nach einem Schlaganfall (Dohle, Kleiser, Seitz & Freund, 2005a; Laible et al., 2008). Auch andere Schädigungen des Gehirns, wie Tumore oder Blutungen, können ähnliche Symptome verursachen. In der neurologischen Rehabilitation werden zur Therapie dieses Störungsbildes verschiedene etablierte Konzepte wie bspw. Bobath, Perfetti, Propriozeptive neuromuskuläre Fazilitierung, Affolter oder Vojta eingesetzt (Dohle, Nakaten, Püllen, Roeitz & Karbe, 2005b). Ziel dieser Stimulationsverfahren ist eine Reaktivierung neuronaler Strukturen, die für die Kontrolle des betroffenen Körperteils zuständig ist. Problematisch erscheint, dass mit einer Lähmung oft die Einschränkung der

Körperwahrnehmung einhergeht, sodass die Stimulation unter Umständen nur eingeschränkt zentral verarbeitet werden kann. Propriozeption und visuelle Körperwahrnehmung werden bei den oben genannten Verfahren vernachlässigt oder durch Schließen der Augen bewusst verhindert. An diesem Punkt setzt die Spiegeltherapie an, indem sie sich visuelle Reizaufnahme zunutze macht.

Das Grundprinzip der Spiegeltherapie besteht darin, dass die Kombination von selbst initiiertes Bewegung und spezifischer visueller Stimuli eine Aktivierung der betroffenen Hemisphäre bewirkt. Die nachstehende Abbildung 19 zeigt die Anwendung der Spiegeltechnik bei einem linksseitig gelähmten Patienten.



Abbildung 19

Spiegeltraining eines linksseitig gelähmten Patienten (Dohle, 2005b, S.59).

Ein Spiegel wird in der Körpermitte des Patienten sagittal auf einem Tisch platziert. Die betroffene Extremität wird hinter dem Spiegel gelagert, sodass der Patient im Spiegelbild seine nicht betroffene Extremität sieht, jedoch den Eindruck hat es wäre die betroffene.

Für die Ausführung des Spiegeltrainings gibt es verschiedene Durchführungsmodalitäten, die sich bzgl. der Aufgabe für die nicht betroffene Extremität und bzgl. der Aktivität der betroffenen Extremität unterscheiden (Dohle et al., 2005a). Die Handlungsanweisung für die nicht betroffene Extremität bestimmt das visuelle Perzept bei der Durchführung der Aufgaben. Dabei kann entweder die Extremität an sich bewegt werden oder es erfolgt eine Objektmanipulation, bspw. eine Greifbewegung, das Kneten eines Igelballs oder das Streichen über eine Bürste. Beide Bewegungstypen scheinen kortikal unterschiedlich repräsentiert zu sein (Hanna-Pladdy, 2001; zitiert nach Dohle et al., 2005a S. 60). Der Einsatz von Objekten bewirkt zusätzliche Aktivierungen im parietalen Kortex. Greifbewegungen erfordern zudem mentale räumliche Koordinaten-Transformationen (Ramachandran, Ruskin, Cobb & Rogers-Ramachandran, 1994), deren Bewältigung kann für den Patienten eine zusätzliche Schwierigkeit darstellen. Die Handlungsanweisung für die betroffene Extremität bestimmt das kinästhetische Perzept bei der Durchführung der Aufgaben. Hierbei werden drei

Bewegungstypen unterschieden: erstens passive Bewegung der betroffenen Extremität in gleicher Weise wie die nicht betroffene Extremität, zweitens aktive Bewegung der betroffenen Extremität nach dem Motto „so gut wie möglich“ und drittens keine Bewegung der betroffenen Extremität. Bei aktiver und passiver Bewegung ergibt sich ein größerer positiver Effekt, weil bilaterale Bewegung und gespiegelte visuelle Rückkopplung zusammenkommen.

Zur Erklärung der Wirkung des Spiegeltrainings werden im Wesentlichen zwei neurophysiologische Ansätze diskutiert. Erstens scheint die Spiegelung der visuellen Rückkopplung bei der Ausführung von Bewegung eine Aktivierung der jeweils kontralateralen Hemisphäre zu bewirken. Zweitens scheint durch dieses Verfahren der Erlernte Nichtgebrauch der betroffenen Extremität „durchbrochen“ werden zu können. Die Befundlage zur Aktivierung der jeweils kontralateralen Hemisphäre bei Umkehrung der visuellen Rückkopplung bei der Ausführung von Bewegung scheint eindeutig zu sein. Ausgangspunkt des ersten Erklärungsansatzes zur Wirkung des Spiegeltrainings ist die Annahme, dass neuronale Aktivierungsmuster bei der Ausführung von Bewegung denen der reinen Bewegungsbeobachtung (Buccino et al., 2001), der Bewegungsimitation (Iacoboni et al., 1999) oder der Bewegungsvorstellung (vgl. Abschn. 1.4.3) ähneln (Jeannerod, 1994; vgl. Metaanalyse von Grèzes & Decety, 2001). Die visuelle Konfiguration einer Hand scheint zudem streng in der kontralateralen Hemisphäre repräsentiert zu sein (Parsons et al., 1998). Der Leistungszuwachs des Spiegeltrainings wird darauf zurückgeführt, dass auch dann eine einseitige Aktivierung stattfindet, wenn bspw. eine Hand sich bewegt, aber gespiegelt wahrgenommen wird (Dohle, Kleiser, Seitz & Freund, 2004).

Die Abbildung 20 verdeutlicht das experimentelle Design und die resultierende Aktivierung zweier Studien (Dohle et al., 2004, 2002). Einen zusätzlichen Beleg liefert der Befund des zweiten Experiments, dass auch bei einer vom Probanden beobachteten computergrafischen Repräsentation eines menschlichen Armes einseitige Aktivierung beobachtet wird (Dohle et al., 2002). Die Ergebnisse legen folglich nahe, dass die zusätzliche Aktivierung der geschädigten Hirnhälfte zu einer Verbesserung der geschädigten Funktionen führen müsste.

Der zweite Erklärungsansatz zur Wirkung des Spiegeltrainings geht davon aus, dass durch dieses Verfahren der *Erlernte Nichtgebrauch* der betroffenen Extremität „durchbrochen“ werden kann (van Cranenbrugh, 2007). Durch die Vernachlässigung einer spastisch gelähmten Extremität kann sich das Bild des Erlernen Nichtgebrauchs entwickeln. Im Gehirn bereitstehende Bewegungsmuster werden dadurch quasi „eingefroren“. Bei längerem Nichtgebrauch führt dies beim Patienten zum Verlust der Kontrolle über die Extremität. Die

Verwendung wird sozusagen „entlernt“. Wird dem Gehirn über den Spiegel Bewegung der gelähmten Extremität, die in Realität gespiegelte Bewegung der intakten Extremität ist, „vorgegaukelt“, kann das Erstarren der Bewegungsmuster aufgehoben werden bzw. tauchen dann bereits erstarrte Bewegungsmuster wieder auf. Dadurch kann die aktive Bewegungsfähigkeit der betroffenen Extremität wieder gesteigert werden.

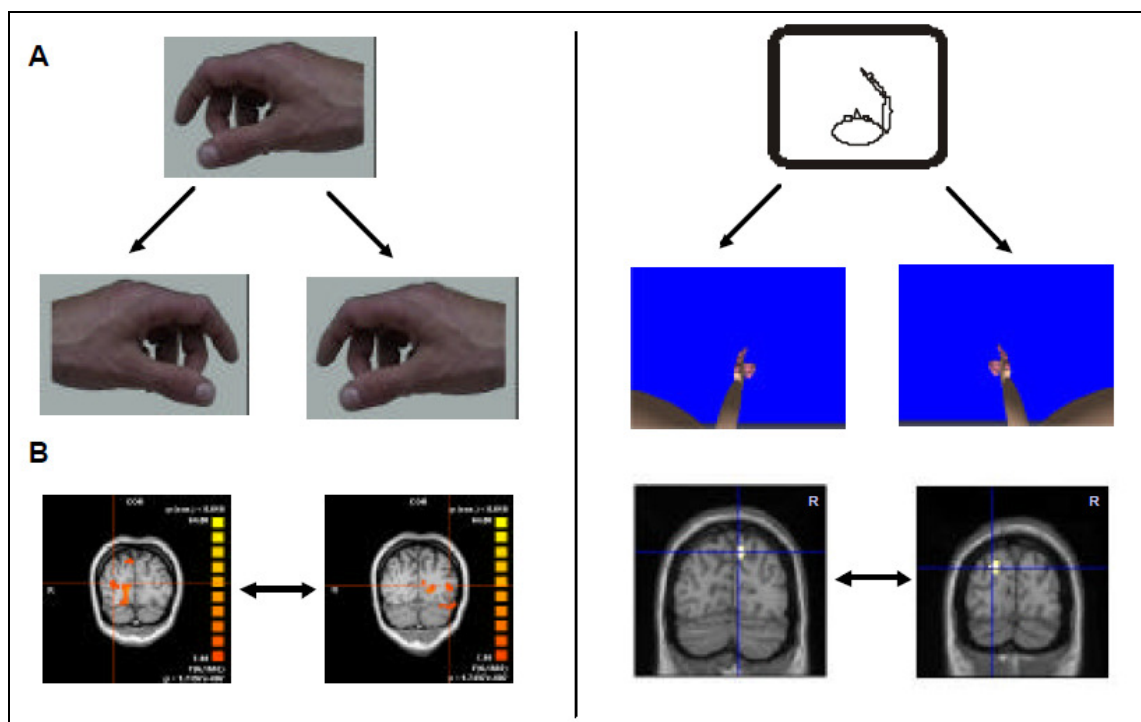


Abbildung 20

Aktivierung der kontralateralen Hemisphäre bei Spiegeltraining (Dohle et al., 2004, S. 2378; Dohle et al., 2002, S. 1).

Die Arbeitsgruppe um Dohle herum erstellte in einer Serie von Experimenten ein Paradigma zur Überprüfung der Aktivierung der kontralateralen Hemisphäre bei Spiegeltraining.

Linke Seite: Experiment 1 (fMRT-Studie mit Videobild der Hand der Versuchsperson; Dohle et al., 2004, S. 1).

Rechte Seite: Experiment 2 (PET-Studie mit computergrafische Abbildung eines Arms; Dohle et al., 2004, S. 1),

A: In den oberen Teilen der Abbildungen ist die statische, tatsächlich eingenommene Handposition zu sehen (Experiment 1: rechte Hand der Versuchsperson, Experiment 2: rechte computergrafische Abbildung). Im unteren Teil von A befindet sich die Abbildung, die die Versuchsperson über einen Videokanal in den Scanner zu sehen bekommt. Diese entspricht im Experiment 1 links der Bedingung mit gespiegeltem visuellem Feedback, rechts der nichtgespiegelten Abbildung. In Experiment 2 sind rechts die Bedingung mit gespiegeltem visuellem Feedback und links die nichtgespiegelte Bedingung zu sehen.

B: Der unterste Teil der Abbildung zeigt die Aktivierungsmuster der beiden Bedingungen. Hieraus wird ersichtlich, dass sich die Aktivierung streng auf die kontralateral zur beobachteten Hand beschränkt (Unterschiede in der Lateralität der Schichtbilder ergeben sich aus Unterschieden in den Analyseprogrammen).

Das Spiegeltraining wurde ursprünglich als Therapieverfahren zur Behandlung von Phantomschmerzen nach Amputation von Vilayanur S. Ramachandran in den USA Mitte der 90er Jahre entwickelt. Phantomschmerz ist ein neurogener Schmerz, der in Beziehung zu

zentralen oder peripheren Neuronen steht und meist nach Verlust einer Extremität oder eines Teils einer Extremität auftritt. Obwohl der Patient den betroffenen Körperteil nicht mehr besitzt, verspürt er dort dennoch Schmerzen. Bei ca. 80% der Amputierten äußern sich solche Schmerzen als Stechen, Klopfen, Brennen oder Krampfen der nicht mehr vorhandenen Gliedmaßen.

Für die Entstehung von Phantomschmerzen werden im Wesentlichen drei Erklärungsansätze diskutiert (Ramachandran & Blakeslee, 2007). Erstens wird auf peripherer Ebene Schmerzentstehung im Rahmen der Nervenregeneration und der Erregung blinder Nervenenden durch lokale Reiz- und Entzündungsprozesse begründet. Zweitens wird auf psycho-somatischer Ebene Phantomschmerz als Reaktion auf ungelösten Kummer über die verlorene Extremität in Verbindung mit einer prämorbidem Persönlichkeit erklärt. Die dritte und plausibelste Erklärung bieten zentrale Faktoren. Reorganisation (vgl. Abschn. 1.4.1.) im somatosensorischen Kortex soll die Entstehung von Phantomschmerzen bedingen (Ramachandran & Rogers-Ramachandran, 1996; vgl. auch Flor, Elbert & Birbaumer, 1996). Jede Region unseres Körpers hat im primär motorischen, wie im primär sensorischen Kortex sein Gegenstück. Der Homunkulus bildet diese Repräsentationsareale ab (vgl. Abschn. 1.4.1 und Abb. 7). Wird nun bspw. die Hand eines Menschen amputiert, entsteht im Kortex eine „Leere“. Diese hat jedoch nur für kurze Zeit Bestand, denn die benachbarten Areale wandern innerhalb von Minuten und Stunden in den deafferenzierten Kortexabschnitt ein (Schwarzer et al., 2007). Solch eine Reorganisation kann mit Schmerzen einhergehen. Dabei wird angenommen, dass die Größe der Verlagerung, z.B. der Mundrepräsentation in die Zone der vorher amputierten Extremität, der Hand oder des Armes, mit der Stärke des Phantomschmerzes positiv korreliert. Abbildung 21 bildet kortikale Reorganisation nach Amputation der linken Hand ab.

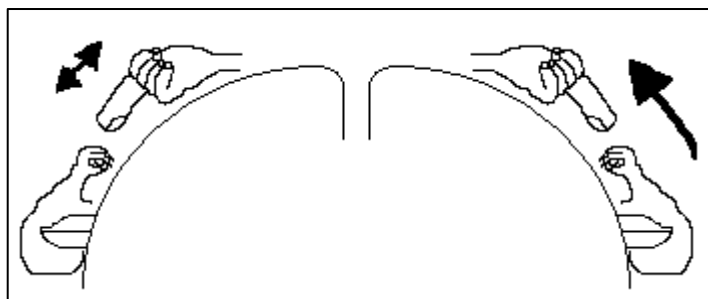


Abbildung 21

Kortikale Reorganisation nach Amputation der linken Hand.

In der intakten linken Hemisphäre findet eine Vergrößerung des Areals der rechten Hand statt, da diese nach Amputation der linken Hand vermehrt eingesetzt wird (zweiseitiger Pfeil). In der rechten Hemisphäre, findet eine Verschiebung statt: Das Lippenareal wandert in die Zone des Handareals ein (einseitiger Pfeil).

Es liegt also nahe die ursprüngliche Topografie im Kortex wiederherstellen zu wollen. Mittels Spiegeltraining versucht man dieses Ziel der Wiederherstellung vormaliger kortikaler Strukturen bei durch Amputation fehlendem bzw. veränderten afferentem Input zu erreichen (Schwarzer et al., 2007). Bisherige empirische Befunde demonstrieren das Potenzial des Verfahrens (Brodie, White & Waller, 2003; Moseley et al., 2006; Ramachandran & Rogers-Ramachandran, 1996). Im Rahmen einer Pilotstudie mit zehn Patienten nach (Teil-)Amputation der oberen Gliedmaße führte der Einsatz des Spiegelverfahrens (Ramachandran, 1996) zu sensiblen Wahrnehmungen der Patienten (vgl. auch Ramachandran & Cobbs, 1995). Ferner konnten neun der zehn Patienten erlernen den „Phantomarm“ zu bewegen. Acht der zehn Patienten gaben im Anschluss an das Spiegeltraining an schmerzfrei zu sein. Die Intervention war allerdings nicht standardisiert, so war die Häufigkeit der 15-minütigen Sitzungen von Patient zu Patient unterschiedlich.

Auch im Bereich der neurologischen Rehabilitation nach Schlaganfall stammt eine der Pionierstudien aus dem Arbeitskreis um Ramachandran (Altschuler et al., 1999). Die prinzipielle Wirksamkeit der Spiegeltherapie konnten an neun chronischen Patienten mit Halbseitensymptomatik gezeigt werden. Trotz der geringeren zerebralen Plastizität chronischer Patienten konnte durch die Spiegeltherapie eine Verbesserung des klinischen Zustandsbildes erzielt werden. Ein Mangel dieser Publikation ist die fehlende Spezifizierung bezüglich des Vorgehens sowie die fehlende statistische Analyse (Dohle et al., 2005a).

Um 2000 herum wurden nachfolgend einige Einzelfallstudien zum Einsatz des Spiegeltrainings bei Schlaganfallpatienten publiziert (Steven & Stoykov, 2003, 2004; Sathian, Greenspan & Wolf, 2000). Genauere Aussagen zur Intervention und der Art der zu erzielenden Effekten geben groß angelegte empirische Untersuchungen aus jüngster Zeit (Dohle et al., 2007; Laible et al., 2008; Sütbeyaz, Yavuzer, Sezer & Koseoglu, 2007; Wanschura et al., 2008).

Im Bereich der neurologischen Rehabilitation nach komplexem regionalem Schmerzsyndrom (vgl. Abschn. 2.3.1) weisen einige wenige Studien (McCabe et al., 2003; Moseley et al., 2005) positive Befunde durch Spiegeltherapie nach.

Vereinzelt wurde in der neurologischen Rehabilitation die Wirksamkeit eines kombinierten Verfahrens aus Spiegeltraining und Mentalem Training untersucht. Stevens und Stoykov (2003) berichten darüber in zwei Einzelfallanalysen von Hemiparetikern der oberen Extremität nach Schlaganfall. Das Trainingsprogramm erstreckte sich über einen vierwöchigen Zeitraum, in dem 12 einstündige Interventionssitzungen stattfanden. In einem ersten Schritt beobachtete der Patient eine Videosequenz von der Zielbewegung und wurde

dann aufgefordert diese Bewegung in der Vorstellung zu erzeugen. Die Zielbewegungen waren Flexions- und Pronation/Supinations-Aufgaben. In einem zweiten Schritt beobachtete der Patient die Ausführung der Bewegungen im Spiegel. Der Schwierigkeitsgrad der Übungen wurde gesteigert indem komplexe Objektmanipulationsaufgaben, bspw. mit einem Stift geometrische Figuren zeichnen, hinzu kamen. Die Spiegeltechnik zielte darauf ab den Prozess der Generierung der Bewegungsvorstellung zu erleichtern. Die Studie ergab eine Verbesserung der Handgelenksfunktion sowie der Bewegungsausführung und eine Abnahme der Zeiten für die Ausführung der Bewegungen. Nachhaltigkeitstests belegen eine stabil bleibende Verbesserung. Die Autoren schließen daraus, dass Mentales Training kombiniert mit Spiegeltraining auf kognitiver Ebene der Handlungsverarbeitung Wirkung hat und sich die Effekte der Intervention in den Parametern der beobachtbaren Bewegungsausführung widerspiegeln (vgl. Stevens, Stoykov & Roth, 2004).

Miltner et al. (1999) entwickelten und evaluierten einen komplexen kognitiven Therapieansatz zur Optimierung von Greifbewegungen bei chronischen Hemiparetikern. Die neun Patienten der Pilotstudie durchliefen ein vierwöchiges Trainingsprogramm, das 20 20-minütige Trainingssitzungen umfasste. Bestandteile des Trainingsprogramms waren neben dem Einsatz der Spiegeltechnik taktil-kinästhetisch, propriozeptive Stimulation, die Besprechung der Bewegungsausführung anhand individueller Videoaufnahmen sowie Bewegungsvorstellung kombiniert mit visueller Vorstellung und Beobachtung. Die spiegeltherapeutische Methode wurde mit dem Ziel eingesetzt, die Generierung der Bewegungsvorstellung zu erleichtern. Während der Patient im Spiegel die Armbewegung beobachtete, wurde der betroffene Arm hinter dem Spiegel vom Therapeuten geführt, was einer zusätzlichen taktil-kinästhetischen, propriozeptiven Stimulation entsprach. Damit wurde visuelles Feedback und propriozeptiver Eindruck gleichgeschaltet. Das Pilotprojekt ergab neben Verbesserungen in mehreren klinischen Parametern eine funktionelle Verbesserung der Greifbewegung. In der Hauptstudie (Miltner et al., 2000) mit 23 Hemiparetikern sowie 14 Patienten nach Schädel-Hirn-Trauma konnten die Ergebnisse repliziert werden. Die empirische Absicherung anhand eines Kontrollgruppendesigns steht noch aus.

Bei der Behandlung von Schmerzen aufgrund des Komplexen regionalen Schmerzsyndroms, setzt Moseley (2004) Bewegungsvorstellungen kombiniert mit Spiegeltraining ein, um die kortikalen Gebiete der betroffenen Extremität zu aktivieren. Die Studienbeschreibung erfolgte bereits im Abschnitt zu den Wirkungsweisen des Mentalen Trainings in der neurologischen Rehabilitation, Unterabschnitt *Komplexes Regionales Schmerzsyndrom* (vgl. Abschn. 2.3).

Der Arbeitskreis um Moseley (2006) versuchte diesen Befund auch bei Patienten mit Phantomschmerzen zu replizieren. Dabei untersuchten sie 51 Patienten, die entweder an Phantomschmerz oder an dem Komplexen regionalen Schmerzsyndrom erkrankt waren. Auch in dieser Untersuchung ergaben sich signifikante Treatment-Effekte. Innerhalb der Experimentalgruppierungen nahmen die Schmerzen ab, die Funktion der Gliedmaßen nahm im Vergleich zu den Kontrollgruppen zu (vgl. Abschn. 2.3).

Beim jetzigen Stand der Forschung lassen sich die nachfolgenden Aussagen zur Spiegeltherapie zusammenfassen:

- Effekte des Spiegeltrainings zeigen sich besonders bei solchen Symptomen, bei denen traditionelle Therapieverfahren nur schwer eine Aktivierung der betroffenen Hemisphäre erreichen (vgl. Dohle et al., 2005a). Hierzu zählen vor allem Schlaganfallpatienten, insbesondere schwer betroffenen Patienten mit ausgeprägtem sensorischen Defizit. Spiegeltherapie wird in der Frühphase nach Schlaganfall als eine geeignete Methode zur Unterstützung der Ausbildung von distalen Funktionsansätzen bei initial plegischen Patienten zur Förderung sensibler Defizite sowie zur Reduktion von Hemineglekt propagiert (Dohle 2006, Schwarzer, Glaudo & Maier, 2007). Somit kann Spiegeltherapie den Übergang in andere Therapien bahnen.
- Auch Patienten, bei denen Verbindungen der Schmerznerve zum Kortex unterbrochen sind und die folglich an Deafferenzierungsschmerz leiden, scheinen von dem Spiegelverfahren zu profitieren. Zu solchen Erkrankungen zählen Phantomschmerzen, Plexusläsionen, d.h. stumpfe Nervenabtrennungen in der Schulter nach Unfällen und Nervenwurzelverletzungen (vgl. Giroux, Sirgiu, Schneider & Dubernard 2001; Mulder, 2007a) sowie das Komplexe Regionale Schmerzsyndrom (McCabe et al., 2003; Moseley et al., 2005). Zu den positiven Effekten zählen neben der Schmerzreduktion die verbesserte Kontrolle der betroffenen Extremität (vgl. Schwarzer et al., 2007, Reviewartikel).
- Fazit aller Studien ist, dass der Einsatz der Spiegeltherapie ideal im Kanon anderer Verfahren ist. In der neurologischen Rehabilitation weisen vereinzelte Einzelfallanalysen und Evaluationsstudien ohne Kontrollgruppe auf das Potenzial eines kombinierten Verfahrens von Mentalem Training mit Spiegeltraining hin.

Ausgehend von diesen Befunden und den Erklärungsansätzen zur Wirkung des Spiegeltrainings wird in den vorliegenden Evaluationsstudien zur orthopädischen Rehabilitation nach Knieendoprothetik die Spiegeltechnik als eine Komponente des

Trainingsprogramm angewendet (vgl. Abschn. 3.1.3 und 3.4.2.2). Beim Einsatz der Spiegeltechnik bei Patienten in der Rehabilitation nach Implantation einer Knieendoprothese werden ähnliche Wirkmechanismen wie bei Patienten in der Rehabilitation nach Schlaganfall angenommen.

2.4 Wirkungsweisen des Mentalen Trainings in der orthopädischen Rehabilitation

Der Einsatz des Mentalen Trainings in der orthopädischen Rehabilitation ist bislang im Vergleich zur neurologischen Rehabilitation weniger differenziert untersucht worden. Vor dem Hintergrund der stetig zunehmenden Inzidenz von chronisch-degenerativen Erkrankungen, wie bspw. Rückenschmerz, Knie- oder Hüftgelenksarthrose, nimmt die Thematik der Erhaltung der Selbstständigkeit älterer Menschen und Vermeidung von Pflegebedürftigkeit an Bedeutung zu. Im Mentalen Training findet sich ein Ansatz, der in der Rehabilitation zusätzlich zur herkömmlichen Physio-/Physikalischen Therapie die Wiedererlangung der Beweglichkeit und damit der Mobilität unterstützen kann. Eine Übertragbarkeit des Mentalen Trainings in die orthopädische Rehabilitation scheint gerade deshalb sinnvoll, weil Patienten, bspw. durch Phasen der Immobilisation oder nach Operationen, nur bis zu einem gewissen Grad in der Lage sind physisch zu trainieren. Mentales Training bietet sich daher als zusätzliche Methode an, um Trainingszeiten zu erhöhen. In der Folge werden Studien zur Wirkungsweise des Mentalen Trainings in der orthopädischen Rehabilitation erläutert. Zur Systematisierung der Befunde bietet sich eine Einteilung nach orthopädischen Erkrankungen an (s. Abb. 22). Der therapeutische Nutzen von Mentalem Training wurde bislang bei Rückenschmerzen, in Bezug auf die obere Extremität bei Immobilisation sowie hinsichtlich der unteren Extremität bei Kreuzbandruptur/Meniskusläsion, bei Amputation und bei Hüftendoprothetik untersucht.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Rückenschmerzen• Immobilisation• Kreuzbandruptur/Meniskusläsion• Amputation• Hüftendoprothetik |
|--|

Abbildung 22 Einsatzgebiete des Mentalen Trainings in der orthopädischen Rehabilitation.

Bereits 1993 versuchten Fairweather und Sidaway mit einer Kombination von Mentalem und praktischem Training Rückenschmerzen zu behandeln. Nach einer neunmaligen Intervention

in einer dreiwöchigen Therapiephase wiesen Patienten, die mental trainierten gegenüber einer Kontrollgruppe eine verbesserte Körperhaltung und eine Abnahme der Schmerzen auf.

Die Ergebnisse der Studie von Yue & Cole (1992), bei der sich durch Mentales Training eine Zunahme der Muskelkraft erreichen ließ, führten zu einem vermehrten Interesse bei Mediziner und Physiotherapeuten, Mentale Trainingsprogramme in die Therapie verletzter und immobilisierter bzw. operierter Patienten einzusetzen. Die häufigste menschliche Fraktur, die zur Immobilisation, einer sogenannten Ruhigstellung durch Gips führt, ist die des distalen Radius (DiMonaco, Vallero, DiMonaco, Mautino & Cannava, 2003). Ein erste Untersuchung von Gesunden, deren Unterarm immobilisiert wurde, prüfte den Zusammenhang zwischen Bewegungsvorstellung und Greifkraft (Newsom, Knight & Balnave, 2003). Während die Kontrollgruppe kein Training erhielt, stellte sich die Experimentalgruppe dreimal am Tag für fünf Minuten vor, einen Gummiball mit der immobilisierten Hand zu drücken. Die Experimentalgruppe konnte nach einem zehn-tägigen Training ihre Ausgangskraft vor der Immobilisation nahezu erhalten und wies im Vergleich zur Kontrollgruppe einen signifikant geringeren Kraftverlust auf.

Gestützt auf weitere Untersuchungen, die die Kräftigung der Muskulatur durch die Vorstellung von Muskelkontraktionen belegen (Herbert, Dean & Gandevia, 1998; Raganathan, Siemionow, Liu, Sahgal & Yue, 2004; Reiser et al., 2005) und auf Studien, die sogar kontralaterale Effekte eines einseitigen Krafttrainings aufzeigen (Munn, Herbert & Gandevia, 2004), wurde auch in einem deutschen Pilotprojekt die Wirkung von Bewegungsvorstellung im Kontext der Immobilisation untersucht. Die Umsetzbarkeit und die Effektivität des Therapieverfahrens wurden zunächst bei gesunden Probanden mit immobilisiertem Handgelenk/Unterarm evaluiert. Die Ruhigstellung durch Gips erfolgte über einen Zeitraum von 3 Wochen. Durch den Einsatz des Mentalen Trainings konnte im Vergleich zur Warte-Kontrollgruppe signifikant weniger Bewegungseinschränkung sowie eine signifikant verringerte Muskelatrophie erreicht werden (Schneider, 2006). Die Wirkung des Mentalen Trainings wurde auch auf neuronaler Ebene mittels fMRT dokumentiert (Herzig, 2007). Die signifikante Zunahme der Aktivierung des Gyrus frontalis in der Experimentalgruppe wurde als Verbesserung der Koordinationsabläufe gedeutet. Die signifikante Aktivierungsabnahme im Nucleus Kaudatus in der Experimentalgruppe wurde dadurch erklärt, dass die mentale trainierende Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe weniger Bewegungsplanung benötigte. Zwischen der Verbesserung der Muskelatrophie und den Beeinflussungen auf die für die Handgelenksbeweglichkeit verantwortlichen Gehirnareale bestanden statistisch signifikante Korrelationen. In einem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Nachfolgeprojekt führen wir momentan eine Replikation dieser Befunde mit Patienten durch, die tatsächlich eine distale Radiusfraktur erlitten haben. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Mentales Training ein sinnvolles Verfahren zu

sein scheint, um den durch Immobilisation hervorgerufenen Veränderungen der Beweglichkeit und der Kraft entgegenzuwirken.

Im Bereich von Verletzungen der unteren Extremität wurde die Wirkung eines mentalen Trainingsprogramms bislang bei zwei typischen Sportverletzungen bei vorderer Kreuzbandruptur und bei Meniskusläsion untersucht. Cupal & Brewer (2001) konnten bei Kreuzbandruptur bedeutsame Effekte nachweisen. Im Vergleich zu einer Kontrollgruppe wies die Experimentalgruppe eine bessere Kraft bei Flexion und *Extension* des Kniegelenks sowie weniger Angst vor Wiederverletzung und vor der Schmerzwahrnehmung. Ross & Berger (1996) behandelten Patienten mit Meniskusläsion mit einem kombinierten Verfahren, das neben einem Vorstellungstraining auch ein Stressimpfungstraining enthielt. Patienten der Experimentalgruppe hoben sich von denen der Kontrollgruppe durch weniger Schmerzen, weniger Angst und kürzeren Rehabilitationszeiten ab.

Für die Anwendung des Mentalen Trainings bei Amputation liegen bisher lediglich eine qualitative Einzelfalldarstellung bei einem Patienten nach Oberschenkelamputation und Prothesenversorgung (Mayer et al., 2003) vor sowie eine Evaluationsstudie mit gesunden Versuchspersonen, die mit einer Oberschenkelprothese gehen lernten (s. Abb. 23; Gassner, Einsiedel, Linke, Görlich & Mayer, 2007).



Abbildung 23

Mentales Trainings nach Amputation, Oberschenkelprothese für Gesunde (aus Gassner et al., 2007, S. 673-674).

Der Lerneffekt mittels Mentalem Training war Untersuchungsthema in der randomisierten Kontrollgruppenstudie mit Messwiederholung.

Linke Abbildung: Die Prothese ist mit einem Schafthaken ausgestattet, der es ermöglichte, sie an einem zu 90° angewinkelten Knie anzupassen.

Rechte Abbildung: Proband beim motorischen Gehtraining mit der Prothese.

Kontrollgruppe und Experimentalgruppe erhielten über einen Zeitraum von 3 Wochen drei Mal 30 Minuten Übungszeit mit der Prothese. Bei der Experimentalgruppe wurden davon zehn Minuten für das Mentale Training verwendet. Die mental und praktisch trainierende Experimentalgruppe zeigte im Vergleich zu einer lediglich praktisch übenden Kontrollgruppe, in allen Kriterien einer computergestützten und observativen Ganganalyse signifikant

schnellere Lernfortschritte obwohl sie bedingt durch das zusätzliche Mentale Training, weniger Zeit als die Kontrollgruppe zum praktischen Üben zur Verfügung hatte.

Bei der Interpretation muss berücksichtigt werden, dass zum einen die Studienteilnehmer Studenten waren, die andere Voraussetzungen erfüllen als die eigentliche Zielgruppe der Patienten und dass zum anderen das einmalige Üben pro Woche im Therapiekontext praxisfern erscheint. Die Replikation dieser Befunde an einer großen Stichprobe von Patienten nach Oberschenkelamputation und Prothesenversorgung steht noch aus. Insgesamt sprechen auch diese bisherigen Befunde für den Einsatz des Mentalen Trainings in der orthopädischen Rehabilitation.

Wegbereitend für den Transfer des Mentalen Trainings (Eberspächer, 1990) in die orthopädische Rehabilitation waren die Arbeiten von Prof. Jan Mayer. Er modifizierte das Mentale Training nach Kriterien der Systemtheorie und des Gesundheitsmodells der Salutogenese (Antonovsky, 1979) zum Mentalen Gehtraining (Mayer et al., 2003).

Im Vordergrund des Mentalen Gehtrainings nach Mayer steht das Ziel vieler Patienten in der Rehabilitation: die Fähigkeit wieder normal gehen zu können. Der Schwerpunkt des Therapieverfahrens ist der Aufbau und das Training einer zweckmäßigen Bewegungsvorstellung. Patienten lernen sich diese Gehbewegung intensiv vorzustellen und überwinden so Schonhaltungen und Gehfehler. Die Anwendbarkeit des Konzepts bei ganz unterschiedlichen Krankheitsbildern wurde anhand mehrerer explorativer Einzelfallstudien, bspw. nach Schenkelhalsfraktur, Amputation oder Bandscheibenvorfall, aufgezeigt (Mayer, 2001). Der empirische Beleg für die Wirksamkeit des Therapieverfahrens erfolgte im Kontext der Anschlussheilbehandlung nach Hüftendoprothetischem Gelenkersatz. In der Evaluationsstudie trainierten die 67 Patienten über einen Zeitraum von 3 Wochen, neun mal 30 Minuten. Mit einem Drei-Gruppen-Design konnten im Vergleich zu einem rein motorischen Gehtraining positive Effekte des Mentalen Gehtrainings, nicht nur auf die Bewegungsausführung sondern auch auf die Krankheitsverarbeitung nachgewiesen werden (Mayer, 2001).

Eine weitere Evaluationsstudie mit 24 Hüftprothesepatienten in der Anschlussheilbehandlung, die in der Regel 2 Wochen nach der Operation beginnt, konnte diese Effekte bestätigen (Mayer, Bohn, Görlich & Eberspächer, 2005). Dazu wurden Patienten die zusätzlich zur gängigen Physiotherapie Mentales Training erhielten und die einer Kontrollgruppe ohne zusätzliches Training in den Evaluationskriterien Gehgeschwindigkeit, Schrittlänge und Standphasenanteil verglichen. Die Patienten der Experimentalgruppe erhielten innerhalb der Anschlussheilbehandlung über einen Zeitraum von 3 Wochen neun mal 30 Minuten Mentales Gehtraining. Die Auswertung der Gangdaten ergab signifikant positive Effekte zugunsten der

mental trainierenden Gruppe in den Variablen *Gehgeschwindigkeit* sowie in der Faktorvariablen *Kinematik*. Beide Gruppen erzielten eine Verringerung des Standphasenanteils.

Die in Kapitel 2 vorgestellten Untersuchungen zeigen, dass neben der Rehabilitation verletzter Spitzensportler und der neurologischen Rehabilitation auch die orthopädische Rehabilitation als vielversprechendes Anwendungsfeld für das Mentale Training eingeschätzt werden kann. Als Fazit für die Praxis lassen die dargestellten Ergebnisse tendenziell den Schluss zu, dass das Mentale Training in der orthopädischen Rehabilitation als Verfahren zur Bewegungsoptimierung effektiv eingesetzt werden kann.

Weitere Evidenz dafür sollen die im folgenden Kapitel vorgestellte Evaluationsstudien liefern, die den Einsatz des Mentalen Trainings bei Patienten mit Kniegelenksendoprothetik untersuchen.

Kapitel 3 *Evaluationsstudien*

Zu Anfang dieses Kapitels werden Rahmenbedingungen der Untersuchung erläutert. Ausgehend von *Vorbemerkungen zum Untersuchungsgegenstand* (Abschn. 3.1), folgt eine Fokussierung auf zentrale Aspekte und damit einhergehend die Formulierung der *Fragestellung* (Abschn. 3.2). Im Anschluss werden *Erste Projektphase: Pilotstudien* (Abschn. 3.3) sowie *Zweite Projektphase: Hauptstudien* (Abschn. 3.4) erläutert. Dem Abschnitt *Zusammenfassung der Ergebnisse* (3.5) schließt sich eine kritische Auseinandersetzung bezüglich der *Methodik* (Abschn. 3.6) an. Abschließend erfolgt eine ausführliche *Diskussion* (Abschn. 3.7).

In Kapitel 3 werden vier anwendungsorientierte Untersuchungen im Längsschnittdesign vorgestellt. Die Wirkung des Mentalen Trainingsprogramms auf den Genesungsprozess wird bei Patienten Zustand nach Knieendoprothetik in zwei Pilot- und zwei Hauptstudien evaluiert. Interne Repräsentanzen der Kniegelenksbewegungen und des Gehens sollen durch Mentales Training aufgebaut und gestärkt werden, wodurch die Rehabilitation optimiert werden soll. Aktuelle neurowissenschaftliche Erkenntnisse zu Bewegungsvorstellungen beim Bewegungs-(wieder-)lernen stützen diese Annahme (vgl. Abschn. 1.4 und 1.5). Weiterhin soll der Einsatz der Spiegeltechnik (*mirror visual feedback*, Ramachandran, 2005; vgl. Abschn. 2.3.2 und 3.1.3) erprobt werden.

Eine genaue Einordnung der Studien in die empirische Forschung verdeutlicht die dabei verfolgten Ziele genauer. Das Annahmengerüst der Simulationstheorie (Jeannerod, 1994; vgl. Abschn. 1.4.3) dient als forschungsbegleitende Heuristik für die Hypothesen der Untersuchungen. An dem Ergebnis dieser *wissenschaftlichen Theorie* mit Schwerpunkt auf dem neurophysiologischen Modell der Funktionalen Äquivalenz von Jeannerod setzen *technologische Theorien* (Hermann, 1979) an. Die vorliegenden Untersuchungen beabsichtigen nicht die Gültigkeit der wissenschaftlichen Theorie im Sinne empirischer Grundlagenforschung zu prüfen. Sie dienen dazu konkrete Handlungsanweisungen im Sinne technologischer Theorien abzuleiten. Die Evaluationsstudien (vgl. Bortz & Döring, 2006) wurden mit der Absicht durchgeführt die neu entwickelte Therapiemaßnahme mit Schwerpunkt auf Mentalem Training in der frühen Rehabilitation nach Knieendoprothetik wissenschaftlich zu begleiten. Die Bewertung des Konzepts und dessen Implementierung

hinsichtlich Wirksamkeit und Anwendbarkeit soll die Ableitung von neuem operativem Handlungswissen ermöglichen.

Die Studien wurden im Rahmen des Kooperationsprojektes *Mentales Training in der Rehabilitation nach Knieendoprothetik* durchgeführt. Psychologen, Ärzte und Physiotherapeuten bildeten ein interdisziplinäres Team. Beteiligt waren zwei Institutionen: die ehemals von Prof. Dr. Hans Eberspächer geleitete Abteilung *Sportpsychologie* des *Institut für Sport und Sportwissenschaft* der *Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg* und die *ATOS-Praxisklinik* in Heidelberg mit Prof. Dr. med. Hajo Thermann als operierender Arzt. Die Durchführung der Untersuchung fand im Zentrum für Knie- und Fußchirurgie der *ATOS-Praxisklinik* statt. Prof. Dr. Jan Mayer von der *Hochschule für Gesundheit und Sport* in Berlin wirkte bei der Koordination der Untersuchung mit. Die Planung und Realisierung wurde von der Autorin als Versuchsleiterin durchgeführt. Die Psychologiestudentinnen Sylvia Hermann, Verena Freiberger und Anne Kurle sowie der Student der Sportwissenschaft Sven Koritnik waren an der Interventionsdurchführung und der Datenerhebung beteiligt.

Die Realisation des Kooperationsprojektes erfolgte über einen Zeitraum von 2 Jahren in zwei Schritten: In einer ersten Projektphase wurde das Therapiekonzept entwickelt, in zwei Pilotstudien umgesetzt und evaluiert; anschließend wurden daraus optimierte Maßnahmen abgeleitet, sodass in einer zweiten Projektphase die beiden Hauptstudien stattfinden konnten. Alle Untersuchungen evaluieren die Ergebnisse des neu entwickelten Therapieverfahrens in der Rehabilitation. Mittels einer dreiteiligen kognitiven Intervention mit Schwerpunkt auf Mentalem Training sollte festgestellt werden, ob eine Verbesserung der Kniegelenksbeweglichkeit sowie eine Bewegungsoptimierung beim Gehen und eine schnellere sowie nachhaltigere Genesung erreicht werden kann.

3.1 Vorbemerkungen zum Untersuchungsgegenstand

Im nachfolgenden Abschnitt 3.1.1 zur *Knieendoprothetik* wird die sozialmedizinische Relevanz knieendoprothetischer Eingriffe aufgezeigt. Ausgehend von den anatomischen und biomechanischen Grundlagen zum Kniegelenk, wird der Begriff Endoprothetik geklärt. Gonarthrose als eine der häufigsten Ursachen für Gelenkersatz und die Bedeutung der Rehabilitation nach Implantation einer Knieendoprothese werden näher erläutert. Im Anschluss wird im Abschnitt 3.1.2 eine *Heuristik zum Mentalen Training nach Implantation einer Knieendoprothese* konzipiert und in 3.1.3 der zusätzliche Einsatz der *Spiegeltechnik nach Implantation einer Knieendoprothese* begründet.

3.1.1 Knieendoprothetik

Das Kniegelenk ist das größte menschliche Gelenk und besteht aus drei Gelenkanteilen: dem lateralen, dem medialen Gelenkkompartiment sowie dem Femoropatellargelenk (Niethard & Pfeil, 2005). Die miteinander in Verbindung stehenden Gelenkanteile sind von einem begrenzt regenerationsfähigen, hyalinen Knorpel überzogen (Höhner, 2007). Das Kniegelenk (s. Abb. 24) weist eine komplexe Beweglichkeit auf (Niethard & Pfeil, 2005). Bewegung zwischen dem Femur und der Tibia erfolgt nach dem Roll-Gleitprinzip. Gut funktionierende aktive Stabilisatoren, also die Muskulatur und passive Stabilisatoren, nämlich Bänder, Kapsel und Menisken sind aufgrund geringer knöcherner Führung von großer Wichtigkeit.

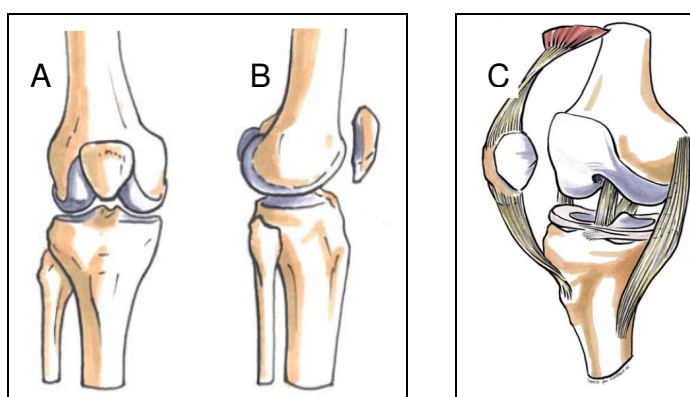


Abbildung 24 *Knochenanatomie und Bandapparat eines rechten Kniegelenks (Schabus & Bosina, 2007, S. 5 und S. 8).*
Das Kniegelenk besteht aus Femur (Oberschenkelknochen), Tibia (Schienbein), Fibula (Wadenbein) und Patella (Kniescheibe).
A: Ansicht von ventral.
B: Ansicht von lateral.
C: Bandapparat mit den Hauptstabilisatoren (Kreuz- und Seitenbänder).

Unter Endoprothetik versteht man den Ersatz von Gelenken, Gelenkoberflächen oder Anteilen von Gelenkoberflächen (Oehlert, 2007). Ziel der knieendoprothetischen Behandlung ist in erster Linie Schmerzen zu beheben, die meist durch Arthrose ausgelöst werden. Ferner werden durch den operativen Eingriff eine Wiederherstellung der Kniegelenksfunktion, eine Verzögerung des Fortschreitens der Arthrose sowie eine Besserung der Mobilität angestrebt (Buckup, 2005a). Zudem bewirkt die Implantation einer Knieendoprothese einen deutlichen Gewinn in der Lebensqualität der kranken Menschen (Jerosch & Floren, 2003; Grifka & Krämer, 2002).

Bei der Arthrose handelt es sich um eine degenerative Erkrankung des Gelenkknorpels. Der Gesundheitsbericht für Deutschland von 1998 (Schneider, 2007) spricht bei Arthrose im Allgemeinen auch von einer „Volkskrankheit“ und nennt dabei ungefähr 35 Millionen

Menschen, die in Deutschland die ersten Anzeichen von Arthrose aufzeigen. Die Zahl der Arthroseerkrankungen hat steigende Tendenz (s. Abb. 25).



Abbildung 25 *Entwicklung der Arthrose in Deutschland (Statistisches Bundesamt, 1998).* 1990 waren 5 Millionen Deutsche (6% der Gesamtbevölkerung) von der chronisch-degenerativen Erkrankung betroffen, 2000 nahm die Zahl auf 7,5 Millionen zu (9%), die Schätzung für das Jahr 2010 beläuft sich auf 16,6 Millionen (20%).

Bei den unter 30-Jährigen nur jeder Zwanzigste an Arthrose erkrankt, bei den über 60-Jährigen schon jeder Zweite. Da mit steigendem Alter die Inzidenz dieser Erkrankung stark zunimmt, kommt ihr eine hohe sozialmedizinische Bedeutung zu.

Gonarthrose, die Arthrose im Kniegelenk, ist eine der häufigsten degenerativen orthopädischen Erkrankungen (Niethard & Pfeil, 2005). Populationsbasierte Studien nennen bei über 60-Jährigen eine hohe Prävalenzrate, die allerdings von Studie zu Studie zwischen 30% und 90% schwankt (Grifka & Krämer, 2002).

Einschneidende Auswirkungen für die Betroffenen ergeben sich je nach Schwere, Lokalisation und Stadium der Gonarthrose (Hackenbroch, 2002; s. Abb. 26). Sie äußern sich bei alltäglichen Verrichtungen sowie in Einschränkungen der Mobilität, z.B. Gehen mit Hilfsmitteln, Rollstuhlabhängigkeit, Beschränkung auf die eigene Wohnung bis hin zur Bettlägerigkeit (vgl. Oehlert, 2007). Weitere Beispiele von Einschränkungen sind: Hilfsbedürftigkeit beim Anziehen oder bei der Körperhygiene und Abhängigkeit von Dritten im Haushalt. Die Auswirkungen, eine Erwerbsminderung oder die Notwendigkeit für Hilfsmittel, Transporte und Pflege zu aufzukommen, haben häufig schwerwiegende soziale Folgen. Oft kommt es, bedingt durch die Einschränkung von Freizeitaktivitäten, zum Verlust von sozialen Kontakten sowie zur Vereinsamung, was schließlich in einer Depression münden kann.

Für das arthrotische Kniegelenk gibt es zahlreiche Behandlungsmöglichkeiten (Grifka & Krämer, 2002). Wenn konservative Behandlungen, in Form von medikamentöser Therapie, physikalischer Therapie oder orthopädischer Hilfsmittel, Therapieresistenz nicht zum Ziele führen, bieten sich eine Reihe operativer Verfahren an, mit denen gute Ergebnisse erzielt werden können. Endoprothetische Maßnahmen zählen zu den gängigsten Operationsverfahren (Bäthis et al., 2005).

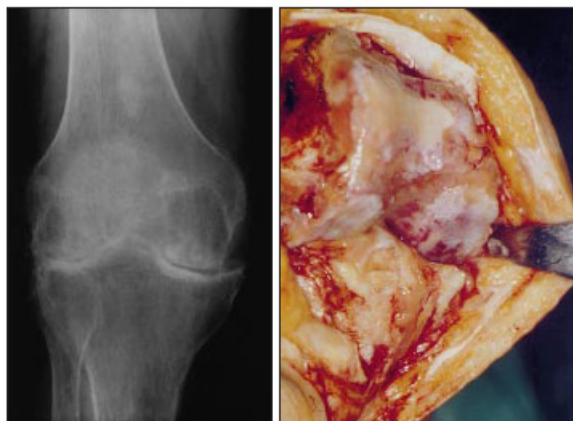


Abbildung 26 *Röntgenbild und intraoperativer Befund eines Kniegelenks bei einer deutlichen Gonarthrose (Jerosch, et al., 1997, S. 449).*

Knieendoprothesen werden vor dem Hintergrund der steigenden Lebenserwartung heutzutage bis ins hohe Alter eingesetzt (Buckup, 2005a). Die Zahl der Endoprotheseoperationen steigt kontinuierlich (Jerosch et al., 1997, Bäthis et al., 2005). In Deutschland bspw. werden jährlich ca. 80.000 Knieendoprothesen implantiert, mit einer jährlichen Zuwachsrate von 8% (Herre, Kongress *Medizin 2006*). 119.000 knieendoprothetische Eingriffe werden für das Bezugsjahr 2005 im "Bericht zur medizinischen Ergebnisqualität" (Blase et al., 2006) genannt. Der Bericht basiert auf von der Bundesgeschäftsstelle für Qualitätssicherung gelieferten Daten zur Behandlungsqualität von rund 1.500 deutschen Krankenhäusern. Elf Jahre zuvor, im Jahr 1994, waren es lediglich ca. 14.000 Eingriffe (Jerosch et al., 1997).

Zwei Prothesentypen werden bevorzugt eingesetzt: die unikondyläre Schlittenprothese und die bikondyläre Totalendoprothese (s. Abb. 27). Unikondylär bedeutet, dass ein Kondylus, also ein Gelenkkopf des Knochens bzw. das hälftige, meist medial gelegene Gelenk ersetzt wird. Mit einer Totalendoprothese werden beide Kondylen ersetzt. Ein starker Zuwachs der Versorgung fortgeschrittener Gonarthrose mit Totalendoprothese und im Vergleich dazu Rückgang der Schlittenprothesen wird berichtet (Bäthis et al., 2005). Diese Tendenz spiegelte sich auch in den Daten der Evaluationsstudien wieder.

Die Indikationskriterien für Schlitten- oder Totalendoprothesen sind abhängig vom Alter, der Aktivität und besonderen anatomischen Verhältnissen des Patienten. Der Befall der Gelenkkompartimente (s. Abb. 26), das Ausmaß der verbliebenen Beweglichkeit, die eingetretene Bandinstabilität sowie der Knochendefekt machen eine individuelle Auswahl des Kunstgelenks notwendig (Jerosch et al., 1997).

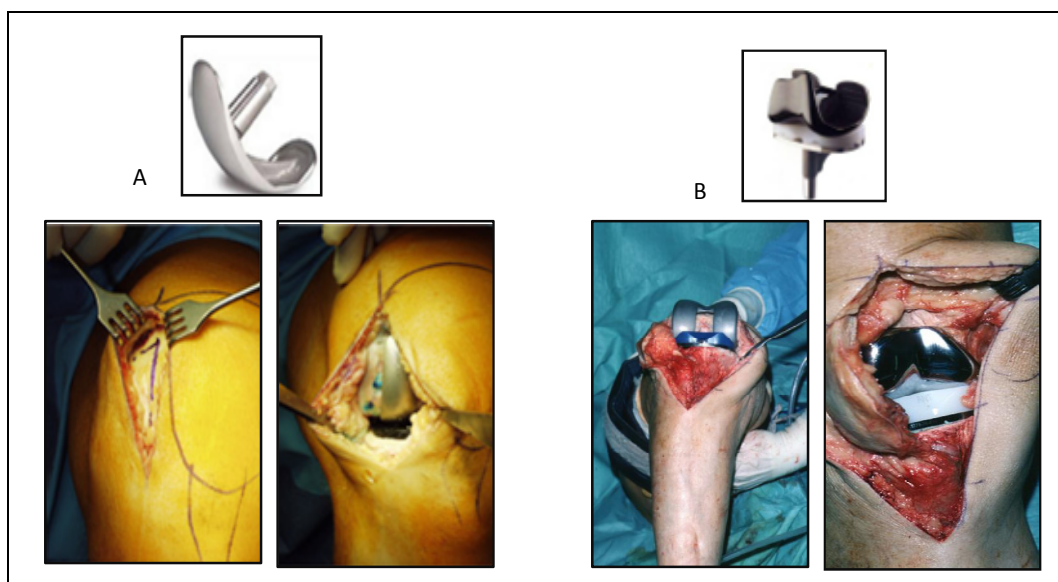


Abbildung 27 *Implantation einer Schlittenprothese bzw. einer Totalendoprothese (Thermann, 2005b, S. 132).*

A: Kleiner Hautschnitt zur Implantation einer medialen Schlittenprothese.

B: Der chirurgische Eingriff bei der Implantation einer Totalendoprothese ist im Vergleich zum Einsetzen einer Schlittenprothese massiver.

Die unikondyläre Schlittenprothese (s. Abb. 27, A) kann nur bei einem umschriebenen Arthrosebefall zur Anwendung kommen und ersetzt nur diesen befallenen Gelenkanteil. In der Regel behält der Patient bei dieser Vorgehensweise mindestens 80% seines ursprünglichen Gelenks. Das vordere Kreuzband muss intakt sein, auch dürfen keine nennenswerten Schäden der Patella vorliegen. Ein wesentlicher Vorteil dieser Prothesenart besteht in einem relativ geringen Knochenverlust, so dass bei Verschleiß der Prothese ein eventueller Wechsel der Prothese einfacher ist. Die Wechselrate liegt in einer schwedischen Studie bei 2,5% nach 7 Jahren (Knutson, Lewold, Robertsson & Lindgren, 1994). Um die Prothese einzubringen wird ein kleiner Schnitt, ohne Spaltung des Oberschenkelmuskels gemacht (s. 06, A). Dieser geht mit einem geringeren Risiko an Komplikationen sowie einer kurzen Rehabilitationsdauer mit vollständigem Erreichen der normalen Beweglichkeit des Kniegelenks einher (Keblish, 2004; Thermann, 2005a).

Eine Totalendoprothese (s. Abb. 27, B) kann ungekoppelter oder teilgekoppelter Art sein (Jerosch et al., 1997). Ungekoppelte Prothesen erfordern ein intaktes hinteres Kreuzband und

bieten den Vorteil der geringeren femoralen Knochenresektion, teilgekoppelte Prothesen gleichen die Insuffizienz des hinteren Kreuzbandes aus.

Beim Einsatz einer Totalendoprothese (s. Abb. 27, B) behält der Patient gerade mal 20% der eigenen Gelenkanteile. Obwohl moderne Instrumentiersysteme auch bei der Implantation von Totalendoprothesen eine minimal-invasive Vorgehensweise ermöglichen, wird einsichtig, dass dieser chirurgische Eingriff der weitaus massivere ist (s. Abb. 27, B) und dass damit eine längere Genesungsphase verbunden ist.

Die Bedeutung der Phase der Rehabilitation ist zentral für den Erfolg nach der Implantation einer Knieendoprothese (Bizzini & Boldt, 2004; Mayer, 2001, Mayer et al., 2003). Eine ausgedehnte postoperative Immobilisation der Patienten ist kontraindiziert, vielmehr muss eine frühzeitige Mobilisation des Kniegelenks erfolgen (Buckup, 2005b).

Als Ziele der unmittelbar postoperativen Rehabilitation (Heisel, 2005) gelten die Wiederherstellung der Beweglichkeit und der Aufbau des umgebenden Muskelgewebes zur Stabilisierung des neuen Gelenkes. Aus dem jahrelangen Leiden an Arthrose resultieren oft Fehlbelastungen, Gangstörungen und Muskelatrophie. Eingeschränkte Aktivität und damit einhergehendes Übergewicht verschlechtern oft die Situation. Daher hat Rehabilitation auch die Funktion diese Veränderungen rückgängig zu machen. Nach der Operation müssen die Patienten zunächst das Gehen mit Unterarmgehstützen erlernen, dann muss der Einsatz der Gehhilfen wieder gezielt abtrainiert werden. Eine systematische Gehschule sowie praktische Tipps für Aktivitäten des täglichen Lebens, wie z.B. den Toilettengang, das Anziehen oder auch für sportliche Betätigungen, sind unabdingbar. Erst diese Maßnahmen sichern den Erfolg der Operation und verhindern künftige Erkrankungen. Dies wiederum entspricht auf gesundheitsökonomischer Ebene einer langzeitigen Kosteneinsparung, denn eine wiedererlangte Mobilität vermeidet Pflegebedürftigkeit.

Ein Rehabilitationsprogramm zur postoperativen Versorgung wird in der Folge (s. Abb. 28) anhand des klinikinternen Rehabilitationsprogramms der ATOS-Praxisklinik in Heidelberg vorgestellt (s. Abb. 28). Dieses Trainingsprogramm wurde ausgesucht, weil es in den Evaluationsstudien sowohl von den Experimentalgruppen als auch von den Kontrollgruppen durchlaufen wurde.

Buckup (2005b) weist darauf hin, dass die Art der Gestaltung des Rehabilitationsprogrammes Ursache für eine verzögerte Rehabilitation durch Mobilisierungsprobleme sein kann. Versucht man bestehende Konzepte zu vergleichen, scheint die Vielfalt der Empfehlungen breit gefächert und in Bezug auf die Inhalte von gegensätzlichen Theorien geprägt zu sein (vgl. auch Bizzini & Boldt, 2004). Konzepte reichen von unbeaufsichtigtem Gehen bis zu

komplexen Instruktionen für funktionale Aktivitäten und spezifischen Übungen. Auffällig ist des Weiteren, dass manche Rehabilitationsprotokolle eher auf Erfahrungswerten als auf empirisch überprüftem Wissen zu beruhen scheinen. Um eine adäquate Therapie anbieten zu können und um ein allgemein standardisiertes Vorgehen zu erreichen, ist es also unabdingbar Rehabilitationsprogramme wissenschaftlich zu evaluieren.

Klinikinterenes Therapieprogramm für die Rehabilitation nach Knieendoprothese

Mobilisationsziel: Hyperextension/Extension/Flexion: 0°-0°-120°, Rotation frei

1. Tag nach der Operation

- Kontraktionsübungen des Quadrizeps,
- Resorptionsförderung des Gelenkergusses,
- Aufstehen und evtl. kurze Gehstrecke mit Gehstützen im 3-Punkte Gang,
- Lagerung in größtmöglicher Extension, Detonisieren der Flexoren und Aktivieren der Extensoren (die volle Knieextension soll baldmöglichst erreicht werden)

2. Tag, wie erster Tag, zusätzlich:

- Gangschule,
- Kräftigung der Extensoren und Flexionsmobilisation, angrenzende Gelenke werden mit behandelt: durch präoperative Beinachsenabweichungen entstandene muskuläre Dysbalancen ausgleichen,
- manuelle Therapie für Fuß, Fußgewölbe stabilisieren

3. – 7. Tag, wie erster und zweiter Tag, zusätzlich:

- Flexion bei 70°-90° und Stabilisierung der Extension,
- Aktivieren der Propriozeptoren,
- Beinachsentraining

Ab 2. Woche:

- Gangschule im 2-Punkte-Gang (Treppensteigen),
- Intensivierung der Übungen durch neue Ausgangstellungen,
- medizinische Trainingstherapie für den Oberkörper, später für die unteren Extremitäten

Ab 3. Woche:

- Freies Gehen und Koordinationstraining

Ab 4. Woche:

- Muskelkräftigungsübungen und isometrische Übungen,
- Aquajogging/Wassertreten

Ab 6. – 8. Woche:

- Streckung gegen Widerstand

Abbildung 28 *Klinikinternes Therapieprogramm für die Rehabilitation nach Knieendoprothese (ATOS-Klinik).*

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage mit welchen zusätzlichen Rehabilitationsmaßnahmen man die oben genannten Ziele der postoperativen Rehabilitation schneller erreichen kann.

3.1.2 Heuristik zum Mentalen Training nach Implantation einer Knieendoprothese

In der Rehabilitation nach operativem Kniegelenkersatz steht im Mittelpunkt das Wiedererlernen der Gehbewegung (vgl. 3.1.1). Die in der therapeutischen Praxis etablierte Gehschule versucht dieses Ziel umzusetzen (vgl. Beckers & Deckers, 1997). Die Phasen der gängigen Gehschule können wie folgt (s. Abb. 29) grafisch zusammengefasst werden (Mayer, Görlich & Eberspächer 2003, S. 82).

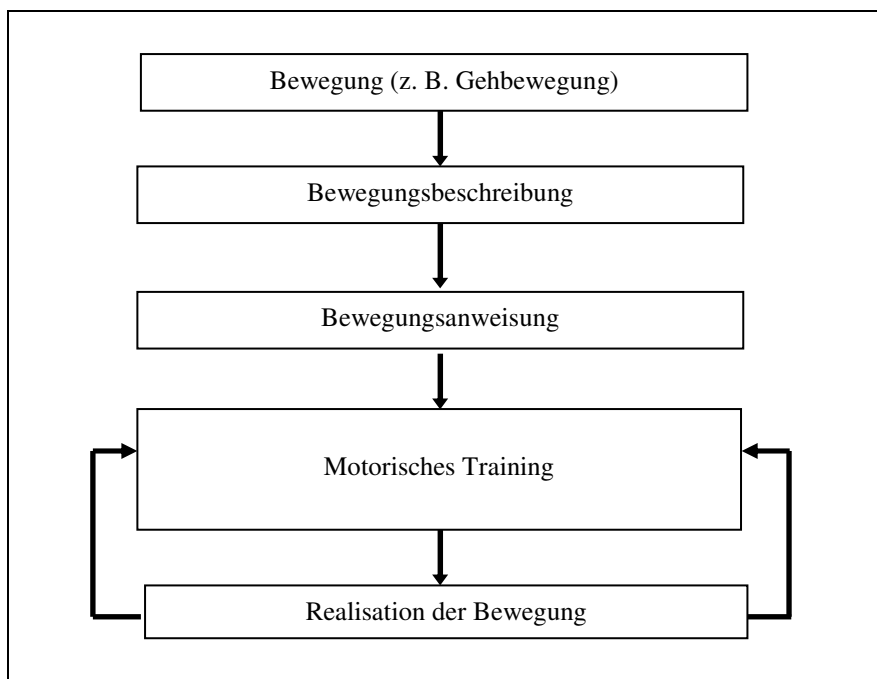


Abbildung 29 *Phasen der herkömmlichen Gehschule in der Rehabilitation (mod. nach Mayer, et al., 2003, S. 82).*

Ein pathologisches Gangbild wird vom Therapeuten auf Grundlage der biomechanischen Beschreibung des Ganges analysiert. Dieses oft implizite Wissen teilt der Therapeut dem Patienten nicht mit, sondern leitet daraus eine Bewegungsanweisung ab, die er für geeignet hält um unzuweckmäßiges Bewegungsverhalten vorzubeugen. Im Mittelpunkt der Gehschule steht dann das motorische Training. Ziel ist dabei die Realisation der optimalen Gehbewegung.

Mayer, Görlich & Eberspächer (2003) erweiterten dieses herkömmliche Verfahren um die Komponente des Mentalen Trainings (vgl. Abschn. 2.1.1). Eine weitere grundlegende Veränderung besteht darin, dass Mentales Training die Umsetzung der salutogenen Prinzipien nach Antonovsky (1979) möglich macht. Die therapeutische Behandlung wird im Sinne der Kohärenz für den Patienten verstehbar, handhabbar und bedeutsam. Somit vollzieht sich auch eine Veränderung in der Therapiekonstellation. Der Patient mit seinem individuellen Erleben ist stärker in den Mittelpunkt gerückt.

Das Konzept des Mentalen Gehtrainings (vgl. Abschn. 2.4) wurde erstmalig bei der Schulung des Ganges von Hüft-Totalendoprothese-Patienten empirisch abgesichert (Mayer, 2001). Es

folgte unter anderem eine empirische Evaluation im Kontext der Rehabilitation bei Immobilisation nach distaler Radiusfraktur (Schneider, 2006; s. Abschn. 2.4). In der vorliegenden Arbeit wurde das Mentale Gehtraining auf die Bedürfnisse der Knieendoprothesepatienten modifiziert und in den Evaluationsstudien angewendet. In der Folge wird das Konzept des Mentalen Trainings daher am Beispiel der Knieprothetik zunächst grafisch (s. Abb. 30) dargestellt.

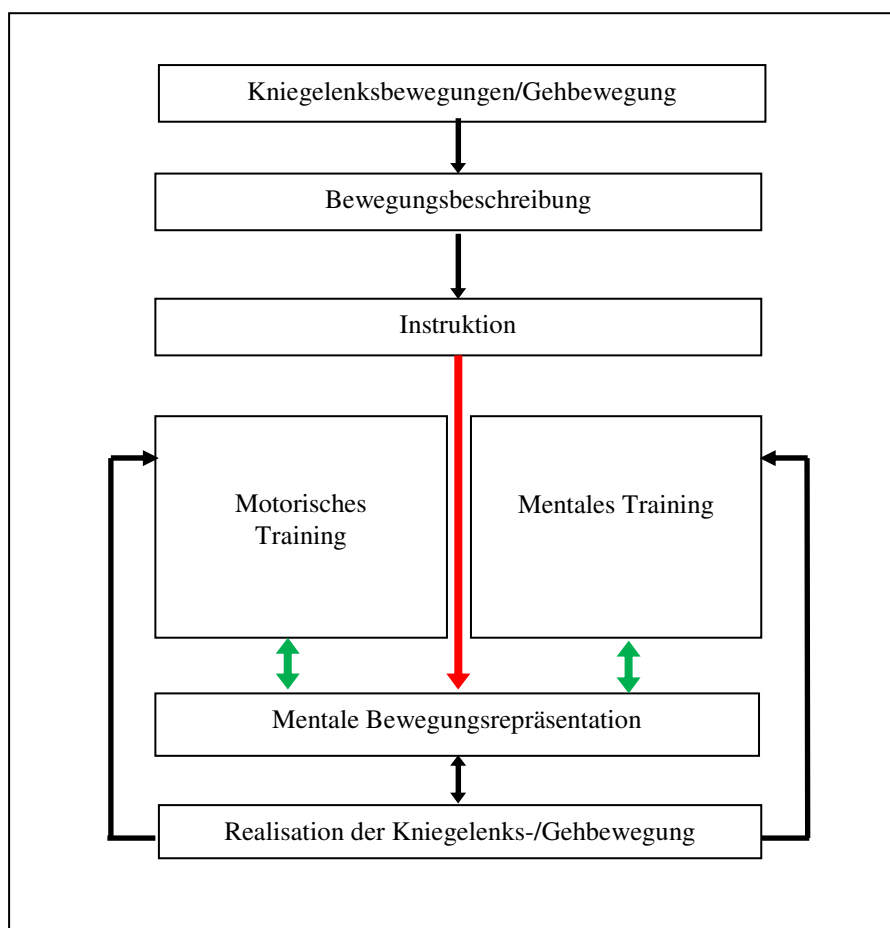


Abbildung 30 *Heuristik zum Einsatz des Mentalen Trainings nach Knieendoprothetik (mod. nach Mayer et al., 2003).*

Die Heuristik zeigt auf, wie Mentales Training auf den Prozess der Internalisierung einer adäquaten handlungsleitenden Repräsentation von Kniegelenksbewegungen und der Gehbewegung gezielt einwirkt. Mentales Training beginnt mit der Festlegung der Übungen. Dem folgt ihre Beschreibung. Adäquate Instruktionen werden formuliert. Die Instruktionen wirken systematisch auf die subjektive mentale Bewegungsrepräsentation (s. roter Pfeil). Mentales und motorisches Training im Wechsel führen so zu einer Differenzierung und Stabilisierung der mentalen Bewegungsrepräsentation (s. grüne Pfeile). Diese hat die Funktion einer Steuerinstanz und bildet einen qualitätsbestimmenden Faktor bei der Realisation der Kniegelenksbewegungen und der Gehbewegung. Die Pfeile mit zwei Spitzen stellen einen wechselseitigen Einfluss dar.

Patient und Therapeut besprechen in einem einführenden Gespräch das Ziel der Therapie. Der Patient beurteilt zunächst sein Gangbild und beschreibt seine angewöhnten Schon- oder Fehlhaltungen. Der Therapeut unterstützt diese Analyse indem er Hilfsfragen stellt oder

ergänzt. Ausgehend davon formuliert der Patient die angestrebten Veränderungen im Laufe der Gehschule in Form eines „Therapieauftrages“. Die Arbeiten von Hermann (2009) und Freiberger (2009) verdeutlichen die salutogenen Aspekte des Mentalen Trainings bei Knieendoprothesepatienten.

Ausgangspunkt der therapeutischen Intervention ist die zu trainierende Zielbewegung. Bei den Knieendoprothesepatienten werden zunächst Teile der Gehbewegung isoliert geübt. Die Komplexität der Bewegungen des Kniegelenks wird nach und nach gesteigert und ergibt schließlich die Gehbewegung. Auf die Auswahl der Übungen und den Aufbau der Interventionssitzungen wird in Abschnitt 3.4.2.2 genauer eingegangen.

In der Phase der Bewegungsbeschreibung wird die Zielbewegung an einem objektivierbaren Modell beschrieben. Hierzu dient der Therapeut, alternativ werden Abbildungen und Fotoaufnahmen der Zielbewegung unterstützend hinzugezogen. Die Bewegungsbeschreibung ermöglicht dem Patienten die Auseinandersetzung mit seiner Bewegung und den Vergleich der Momentaufnahme der Bewegung mit dem individuell optimalen Sollwert.

In einem nächsten Schritt erarbeitet der Proband die Bewegungsanweisung um diese optimale Bewegung zu erreichen. Diese Bewegungsinstruktion stellt die individuelle, aktivierte Bewegungsvorstellung in Form von Knotenpunkten (vgl. Abschn. 2.1.1) dar. Bei der Ausführung der Zielbewegung mit dem nichtoperierten Bein wird der Patient durch begleitendes Sprechen seiner Bewegungsanweisung die Bewegung intensiver nachempfinden. Die Übungsphase erfolgt im Wechsel zwischen motorischem Training am nichtoperierten Bein und Mentalem Training mit der operierten Extremität.

Unter motorischem Training versteht man das planmäßig wiederholte, praktische Durchführen einer Bewegung. Zur genaueren Differenzierung der mentalen Bewegungsrepräsentation eignet sich die Variation von Umweltbedingungen, die Variation der Wahrnehmung und der Bewegung. Motorisches Training unter Modifikation der Umwelt fordert einen abwechslungsreichen Trainings- und Übungsraum sowie eine Anpassung an den alltäglichen Lebens- und Wohnraum des Patienten. Motorisches Training unter Modifikation der Wahrnehmung variiert die Sinnesmodalitäten bei den Bewegungen und führt damit zu einer bewussteren Propriozeption. Motorisches Training unter Modifikation der Bewegung variiert Komplexität, Dauer, Richtung sowie Ausführungsart der Bewegung.

Durch motorisches Training soll der Patient stärker für seine Körper- und Bewegungswahrnehmung sensibilisiert werden. Bevor der Patient eine Kniegelenksübung mental durchführt, muss er am nichtoperierten Bein erfahren wie sich diese Bewegung anfühlt (vgl. 2.1.1). Erst auf dieser Grundlage kann eine adäquate Bewegungsvorstellung des

operierten Beines aufgebaut werden. Eine „Kontrolle“, ob der Patient „zielgerecht“ empfindet kann dadurch vorliegen, dass der Patient anhand eines standardisierten Versuchsleiterhandbuches (s. Anh. A.2) befragt wird, wie sich die Bewegung anfühle und der Therapeut gegebenenfalls individuelle Hilfestellung leistet.

Kurz nach der Implantation eines künstlichen Kniegelenks sind Patienten körperlich eingeschränkt und können nicht beliebig viele motorische Trainingsdurchgänge vollziehen. Durch Mentales Training haben sie die Möglichkeit trotzdem weiter zu üben und die Bewegung zu automatisieren. Ziel des mentalen Trainierens ist die Bewegungsvorstellung systematisch und geleitet zu stabilisieren und somit schneller zu einer Bewegungsautomatisierung zu gelangen. Bei einer stabilen Bewegungsvorstellung fällt es dem Patienten leicht die Details eines Bewegungsablaufes, sowohl aus observativer als auch aus ideomotorischer Perspektive zu beschreiben (vgl. Abschn. 2.1.1). Er berichtet zudem über klare, lebhaft und störungsfreie Vorstellung (vgl. Abschn. 1.5.4).

Durch die Kombination von motorischem und Mentalem Training wird also die mentale Bewegungsrepräsentation optimiert. Erst eine differenzierte und stabile interne Repräsentation der Bewegung hat die Funktion einer adäquaten internen Steuerinstanz. Diese ermöglicht dem Patienten seine Bewegung zu regulieren und nicht in alte Fehlbewegungsmuster zurückzufallen. Die optimierte interne Bewegungsrepräsentation spiegelt sich somit in der Verbesserung der Realisation, also der praktischen Durchführung der Bewegung wider.

3.1.3 Spiegeltraining nach Implantation einer Knieendoprothese

Bei der Konzeption der Studien stellte sich die Frage, wie zusätzlich zum motorischen und Mentalen Training der Aufbau der Bewegungsvorstellung erleichtert werden und das Bewegungsgefühl erhalten werden könnte. Eine Möglichkeit bietet die mentale Simulation der Bewegungen mittels Spiegeltechnik, die das externe visuelle Feedback mit kinästhetischem Feedback verbindet (vgl. Abschn. 2.3.2 und Abb. 19).

Beim Einsatz der Spiegeltechnik bei Patienten in der Rehabilitation nach Implantation einer Knieendoprothese werden ähnliche Wirkmechanismen angenommen, wie bei Patienten in der Rehabilitation nach Schlaganfall, bei denen dem *Erlernen Nichtgebrauch* vorgebeugt werden soll (vgl. Abschn. 2.3.2; Cranenburgh, 2007; Miltner et al. 1999, 2000; Moseley et al. 2004, 2006; Stevens & Stoykov, 2003): Durch die Vernachlässigung des frisch operierten Knies könnten im Gehirn Bewegungsmuster „eingefroren“ werden. Bei längerer Immobilität oder Schonung kann dies zum Verlust der Kontrolle über die Extremität führen. Die Verwendung des Beines wird sozusagen „entlernt“. Wird dem Gehirn über den Spiegel Bewegung des

operierten Knies, die in Realität gespiegelte Bewegung der intakten Extremität ist, „vorgegaukelt“, kann das Erstarren der Bewegungsmuster aufgehoben werden bzw. tauchen bereits erstarrte Bewegungsmuster wieder auf. Dadurch wird die aktive Bewegungsfähigkeit der betroffenen Extremität wieder gesteigert. Die nachstehende Abbildung 31 zeigt die Anwendung der Spiegeltechnik bei einem Knieendoprothesepatienten.

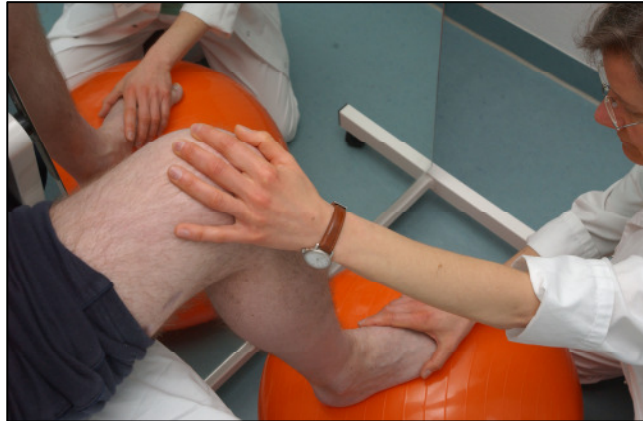


Abbildung 31 *Spiegeltechnik zum Aufbau der Bewegungsvorstellung bei einem Knieendoprothesepatient (Mayer & Hermann, 2009, S. 148).*

Bei dieser Maßnahme (s. Abschn. 2.3.2) sitzt der Patient, hält einen Spiegel zwischen seinen Beinen und schaut in den Spiegel. Der Patient bewegt sein gesundes Kniegelenk und sieht durch den Spiegel die Reflexion dieses gesunden Beines, hat jedoch das Empfinden, dass sich sein gerade operiertes Knie bewegt. Dies erklärt sich durch das visuell-sensorische Feedback beim Anblick des vermeintlich erkrankten Knies.

Der Patient erlernt im Wechsel mit aktivem, motorischem Bewegungstraining des nicht-operierten Beins das Bewegungsempfinden in dem ruhiggestellten Bein nachzuvollziehen. Beim ideomotorischen Training, der effektivsten Form des Mentalen Trainings (s. Abschn. 2.1.1), ist der möglichst lebhafteste Nachvollzug der Bewegung entscheidend. Der Therapeut muss demnach versuchen die Qualität des Mentalen Trainings durch Anregung zu möglichst lebhaften Vorstellungsbildern, verbunden mit intensiven kinästhetischen Empfindungen, zu optimieren. Das motorische Training mit dem nicht-betroffenen Bein soll also die kinästhetischen Erfahrungen vermitteln und so den mentalen Bewegungsvollzug erleichtern. Der Therapiespiegel wird hinzugezogen um diesen Transfer zu stützen.

Der Aufbau der Bewegungsvorstellung wurde in den Evaluationsstudien durch mentale Simulation dieser Bewegungen mittels Spiegeltechnik und durch Übungen der nichtoperierten Extremität in den ersten 2 Wochen nach der Operation, während des stationären Aufenthalts in der ATOS-Praxisklinik unterstützt.

3.2 Fragestellung der Pilot- und der Hauptstudie

Schlechte klinische Ergebnisse trotz suffizienter Knochenheilung stellen ein zentrales Problem nach Implantation einer Knieendoprothese dar (vgl. Abschn. 3.1.1). Ursachen hierfür sind in erster Linie:

- Kraftverlust der Beinmuskulatur ,
- Verlust der Koordination und Geschicklichkeit und
- Bewegungseinschränkung des Kniegelenkes.

Aktive Übung, um den oben genannten Erscheinungen vorzubeugen, ist nach Implantation einer Knieendoprothese unerlässlich. Somit stehen in der Rehabilitation folgende Ziele (s. Abschn. 3.1.1) im Vordergrund:

- Wiederherstellung der Kniegelenksfunktion,
- Verbesserung der Mobilität und
- Beheben der Schmerzzustände.

Vor dem Hintergrund dieser komplexen Problematik wird vermehrt nach innovativen Ansätzen gesucht, die zusätzlich zur herkömmlichen Physio-/Physikalischen Therapie, die Wiedererlangung der Beweglichkeit und damit der Mobilität unterstützen.

Mit der vorliegenden Arbeit soll für das Mentale Training und für die Spiegeltherapie ein klinisch und ökonomisch hochrelevanter Transfer grundlagenwissenschaftlicher Befunde in einen rehabilitativen Therapieansatz geleistet werden. In der orthopädischen Rehabilitation wurde ein Trainingsprogramm für Patienten nach Knieendoprotheseoperation entwickelt und im Längsschnittdesign evaluiert.

Durch die Evaluationsstudien soll geklärt werden, ob ein zusätzliches Mentales Trainingsprogramm ergänzt durch Spiegeltraining bessere Behandlungsergebnisse als das herkömmliche Therapiekonzept im Rehabilitationsprozess bei Patienten mit Knieendoprothese hervorruft. Folgende Fragestellung steht folglich bei den Pilot- und Hauptstudien im Vordergrund:

Stellt das zusätzliche Mentale Trainingsprogramm ergänzt durch Spiegeltraining eine wirksame Erweiterung der Therapie zur Bewegungsoptimierung in der frühen Rehabilitation nach Knieendoprothetik dar?

Aus den Vorbemerkungen zum Untersuchungsgegenstand (s. Abschn. 3.1) ergeben sich zwei Studienziele: Erstens soll geprüft werden, ob der Bewegungsumfang im Kniegelenk sich durch Mentales Training (Eberspächer, 1990) ergänzt mit Spiegeltraining (Ramachandran, 2005) verbessern lässt, was sich auch in einer Optimierung der Gangbildkriterien

niederschlagen könnte. Zweitens wird der Einsatz der Spiegeltechnik erprobt. Das Beobachten gespiegelter Kniegelenksbewegungen liefert perzeptuelle Hinweisreize, die wiederum eine klare, kontrollierte Bewegungsvorstellung begünstigen (vgl. Abschn. 2.3.2 und Abschn. 3.1.3).

3.3 Erste Projektphase: Pilotstudien

Die erste Projektphase verfolgte vier zentrale Ziele.

- 1) Die Implementierbarkeit und Akzeptanz des Mentalen Trainingsprogramms sollte an einer kleinen überschaubaren Gruppe bewertet werden.
- 2) Die Pilotstudien erfüllten eine Optimierungsfunktion. Ziel war es Erkenntnisse über Eigenschaften und Wirkungen des neuen Therapieverfahrens zu sammeln. Sie sollten Antworten auf folgende Fragen liefern:
„Wo liegen Stärken der Intervention im Hinblick auf die Interventionsziele und wie lassen sie sich ausbauen?“ (Bortz & Döring, 2006, S. 97) und
„Wo liegen Schwächen der Intervention und wie lassen sie sich beseitigen?“ (Bortz & Döring, 2006, S. 97).
- 3) Sie dienten der genauen Hypothesengenerierung (s. Abschn. 3.4.1).
- 4) Die verwendeten Operationalisierungen sollten abgesichert werden.

In den nachfolgenden Abschnitten werden um Redundanz zu vermeiden nur die Hauptstudien ausführlich vorgestellt. Die Pilotstudien untersuchten 16 Patienten (8 mit Schlittenprothese, 8 mit Totalendoprothese) im Alter von durchschnittlich 64 Jahren ($SD = 7,6$). Sie folgten dem gleichen methodischen Aufbau. Eine Diskussion der Ergebnisse der Pilotstudien bietet die Arbeit von Hermann (2009). Unterschiede zwischen Pilot- und Hauptstudie werden in Abschnitt 3.4.2.4 explizit dargelegt.

3.4 Zweite Projektphase: Hauptstudien

Ausgehend von den *Hypothesen* (3.4.1) der Untersuchung, wird die *Methodik* (3.4.2) beschrieben: Mit der Absicht einzelne Untersuchungsabschnitte nachvollziehbar zu machen, folgen Stichprobenbeschreibung (s. Abschn. 3.4.2.1), die Vorstellung des Untersuchungsablaufes und des Untersuchungsplanes (s. Abschn. 3.4.2.2) sowie der Evaluationskriterien und Messinstrumente (s. Abschn. 3.4.2.3). Der Ergebnisteil der Arbeit beginnt mit einer Zwischenbilanz der Pilotstudien und sich daraus ergebende Neuerungen in den Hauptstudien

(s. Abschn. 3.4.2.4). Der Abschnitt Umstrukturierung der Variablen und statistische Analysen (s. 3.4.2.5) verdeutlicht das Vorgehen im sich anschließenden Ergebnisteil (s. Abschn. 3.4.3).

3.4.1 Hypothesen

Aus den theoretischen Überlegungen zur Fundierung des Mentalen Trainings (s. Abschn. 1.2 und Abschn. 1.4) sowie den bisherigen empirischen Befunden rehabilitationsspezifischer (vgl. Kap. 2) und neurowissenschaftlicher Studien (s. Abschn. 1.5) lassen sich mehrere inhaltliche Untersuchungshypothesen ableiten.

Durch den Vergleich von Experimental- mit Kontrollgruppe zu mehreren Messzeitpunkten konnte die kurz- und langfristige Wirkung des Mentalen Trainings in der Rehabilitation nach Knieendoprothetik evaluiert werden. Als Vergleichsgruppe dienten Patienten, die die gleichen Trainingsinhalte, im gleichen Umfang übten, jedoch rein physisch. Diese Trainingsinhalte waren in allen Gruppen ein *Add-on-Modul* zur herkömmliche klinikinternen Rehabilitation (vgl. Abschn. 3.1.1 und Abb. 28). Der Schwerpunkt lag hierbei auf der Physiotherapie mit den Zielen der Mobilisation des Kniegelenks, der Dehnung und Kräftigung der Muskulatur, der Verbesserung der Stabilität und der Koordination (vgl. Abschn. 3.2). Ferner erhielten die Patienten nach medizinischer Indikation manuelle Therapie und Lymphdrainage.

Allgemeine Hypothese

 Patienten nach Knieendoprothetik, die zusätzlich zum klinikinternen herkömmlichen Rehabilitationsprogramm mit einem kognitiv-verhaltenstherapeutischen Programm, dem Mentalen Training, behandelt werden, erzielen in definierten Zeitintervallen durchschnittlich größere, umfänglichere und nachhaltigere Erfolge als entsprechende Kontrollgruppen.

Es wird erwartet, dass bei der genaueren Betrachtung der Merkmale im Vergleich des ersten mit dem zweiten Messzeitpunkt (1 Tag vor der Operation mit 2 Tagen postoperativ) noch keine Unterschiede zwischen der Experimental und Kontrollgruppe auftreten werden. Die größten Gruppenunterschiede sollten im Vergleich des ersten mit dem dritten Messzeitpunkt beobachtbar sein. Nachhaltige Effekten wären dann gegeben, wenn die Gruppenunterschiede zugunsten der Experimentalgruppe auch noch im Vergleich des ersten mit dem vierten Messzeitpunkt gegeben wären.

Spezifische Hypothesen

a) Bewegungsumfang im Kniegelenk

H₁: Der Bewegungsumfang im Kniegelenk, operational definiert über die Messung der Merkmale *Flexion*, *Extension* und *Hyperextension*, wird in definierten Zeitintervallen bei der mit Mentalem Training zusätzlich behandelten Patientengruppe durchschnittlich größer (*Flexion*), kleiner (*Extension*), näher am Normalwert von 5° (*Hyperextension*) und stabiler bleibend sein als bei der mit ihr verglichenen Kontrollgruppe.

H1₀: Der Bewegungsumfang im Kniegelenk, operational definiert über die Messung der Merkmale *Flexion*, *Extension* und *Hyperextension*, wird in definierten Zeitintervallen bei der mit Mentalem Training zusätzlich behandelten Patientengruppe durchschnittlich nicht oder nur zufällig größer (*Flexion*), kleiner (*Extension*), näher am Normalwert von 5° (*Hyperextension*) und nicht oder nur zufällig stabiler bleibend sein als bei der mit ihr verglichenen Kontrollgruppe.

Die postoperativ erreichbare maximale Flexionsfähigkeit gilt als eine wesentliche Zielgröße (Käfer, 2005). In Absprache mit den Ärzten, Physiotherapeuten und Psychologen wurde die Variable *Flexion* vorab als Hauptzielkriterium definiert.

b) Gehfähigkeit

H2₁: Die Gehfähigkeit, operational definiert über die Messung der Merkmale: *Gehgeschwindigkeit*, und *Standphasenanteil* und *Symmetrie*, wird in definierten Zeitintervallen bei der mit Mentalem Training zusätzlich behandelten Patientengruppe durchschnittlich besser, was sich in der Erhöhung der *Gehgeschwindigkeit*, der Verringerung des *Standphasenanteils* sowie einer verbesserten *Symmetrie* äußert und stabiler bleibend sein als bei der mit ihr verglichenen Kontrollgruppe.

H2₀: Die Gehfähigkeit, operational definiert über die Messung der Merkmale: *Gehgeschwindigkeit*, *Standphasenanteil* und *Symmetrie*, wird in definierten Zeitintervallen bei der mit Mentalem Training zusätzlich behandelten Patientengruppe durchschnittlich nicht oder nur zufällig besser, was sich nicht in der Erhöhung der *Gehgeschwindigkeit*, der Verringerung des *Standphasenanteils* sowie einer verbesserten *Symmetrie* äußert und nicht oder nur zufällig stabiler bleibend sein als bei der mit ihr verglichenen Kontrollgruppe.

c) Symptome und physische Funktionseinschränkungen

H3₁: Die Symptome und physische Funktionseinschränkungen, operational definiert über die Messung der Merkmale: *Funktion*, *Steifigkeit* und *Schmerz*, werden in definierten Zeitintervallen bei der mit Mentalem Training zusätzlich behandelten Patientengruppe durchschnittlich geringer, was sich in einer kleineren Einschränkung der physischen *Funktionsfähigkeit*, geringeren *Schmerzen* und einer geringeren *Steifigkeit* äußert, und stabiler bleibend sein als bei der mit ihr verglichenen Kontrollgruppe.

H3₀: Die Symptome und physische Funktionseinschränkungen, operational definiert über die Messung der Merkmale: *Funktion*, *Steifigkeit* und *Schmerz*, werden in definierten Zeitintervallen bei der mit Mentalem Training zusätzlich behandelten Patientengruppe durchschnittlich nicht oder nur zufällig geringer, was sich nicht in einer kleineren Einschränkung der physischen *Funktionsfähigkeit*, nicht geringeren *Schmerzen* und nicht einer geringeren *Steifigkeit* äußert, und nicht oder nur zufällig stabiler bleibend sein als bei der mit ihr verglichenen Kontrollgruppe.

d) Krankheitsbewältigung

H4₁: Die Krankheitsbewältigung, operational definiert über die Messung der Merkmale *Depressive Verarbeitungstendenz* und *Tendenz zu Aktiv problemorientiertem Coping*, werden in definierten Zeitintervallen bei der mit Mentalem Training zusätzlich behandelten Patientengruppe durchschnittlich effektiver, was sich in geringerer *Depressiven Verarbeitungstendenz* und *Aktiv problemorientiertem Coping* äußert, und stabiler bleibend sein als bei der mit ihr verglichenen Kontrollgruppe.

H4₀: Die Krankheitsbewältigung, operational definiert über die Messung der Merkmale: *Depressive Verarbeitungstendenz* bzw. *Tendenz zu Aktiv problemorientiertem Coping*, wird in definierten Zeitintervallen bei der mit Mentalem Training zusätzlich behandelten Patientengruppe durchschnittlich nicht oder nur zufällig effektiver, was sich nicht in geringerer *Depressiven Verarbeitungstendenz* und *Aktiv problemorientiertem Coping* äußert, und nicht oder nur zufällig stabiler bleibend sein als bei der mit ihr verglichenen Kontrollgruppe.

e) Patientenzufriedenheit

H5₁: Die Patientenzufriedenheit, operational definiert über die Messung des Merkmals *generelle Zufriedenheit* mit der Behandlung und stationären Versorgung in der ATOS-Praxisklinik, wird in definierten Zeitintervallen bei der mit Mentalem Training zusätzlich behandelten Patientengruppe größer sein als bei der mit ihr verglichenen Kontrollgruppe.

H₅₀: Die Patientenzufriedenheit, operational definiert über die Messung des Merkmals generelle Zufriedenheit mit der Behandlung und stationären Versorgung in der ATOS-Praxisklinik, wird in definierten Zeitintervallen bei der mit Mentalem Training zusätzlich behandelten Patientengruppe nicht oder nur zufällig größer sein als bei der mit ihr verglichenen Kontrollgruppe.

Statistische Hypothesen

Im Anschluss lassen sich die inhaltlichen Unterschiedshypothesen in statistische Mittelwerthypothesen (H1 – H5) umwandeln. In der Folge werden die spezifischen Hypothesen als gerichtete Nullhypothesen sowie als Alternativhypothesen aufgelistet. Bei den resultatsorientierten Hypothesen stehen die fünf Evaluationskriterien a) bis e) im Vordergrund.

a) Bewegungsumfang im Kniegelenk

Für das Extensionsmaß zum Zeitpunkt t_{V1} :

$$H1_0: \mu_{EG(ext)tV1} = \mu_{KG(ext)tV1}$$

$$H1_1: \mu_{EG(ext)tV1} > \mu_{KG(ext)tV1}$$

Für das Extensionsmaß zum Zeitpunkt t_{N1} :

$$H1.1_0: \mu_{EG(ext)tN1} = \mu_{KG(ext)tN1}$$

$$H1.1_1: \mu_{EG(ext)tN1} > \mu_{KG(ext)tN1}$$

Korrespondierende Hypothesen lassen sich analog für die restlichen Evaluationskriterien und Zeitpunkte auflisten.

3.4.2 Methodik

Den Kern des psychologischen Konzepts der Untersuchung bildete das Modell zum Aufbau der Bewegungsvorstellung von Eberspächer (2004) (vgl. Abschn. 2.1.2 und Abb. 16). Die Planung des Untersuchungsablaufes basierte auf den durch empirische Studien belegten mentalen Trainingsprinzipien (vgl. Abschn. 2.1.1). In Bezug auf die Therapiesitzungen fanden salutogene Therapieprinzipien (vgl. Abschn. 3.1.2) Anwendung.

3.4.2.1 Stichprobe

Untersuchungsteilnehmer waren 66 Knieendoprothesepatienten im Alter zwischen 41 und 86 Jahren (mittleres Alter = 63,29, $SD = 9,04$; 30 weiblich/36 männlich). In Tabelle 8 werden Angaben getrennt nach Studien und Bedingungen dargestellt.

Ferner wurden *Beruf, beruflicher Status (selbstständig/Angestelltenverhältnis/in Rente bzw. Pension/Hausfrau bzw. Hausmann), Arbeitslosigkeit/Arbeitsunfähigkeit, Bildungsstand, Sportgewohnheiten (in der Jugend/im Erwachsenenalter/in den letzten Jahren vor der Operation), bisherige Erkrankungen* (vgl. Abschn. Ausschlusskriterien), *Erst- oder Folge-*

Operation und eventuelle *Vorerfahrungen mit Entspannungsverfahren oder Mentalem Training* erhoben.

Tabelle 8
Stichprobenbeschreibung hinsichtlich Alter und Geschlecht in de Hautstudien 1 und 2

<i>N = 66 Patienten</i>	<i>Gruppe</i>	<i>Alter</i>		<i>Geschlecht</i>	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>m.</i>	<i>w.</i>
Studie 1:	EG	63,91	6,30	6	7
Schlittenprothese	KG	65,21	9,15	7	6
Studie 2:	EG	64,41	9,81	9	11
Totalendoprothese	KG	60,67	9,46	14	6

Folgende medizinische sowie psychologische Ein- und Ausschlusskriterien wurden a priori nach Rücksprache mit den Medizinern und Physiotherapeuten festgelegt:

Einschlusskriterien

- Erstimplantation einer Schlittenprothese oder Totalendoprothese,
- Ausführliche medizinische Untersuchung des allgemeinen Gesundheitszustand und Aufnahme früherer Verletzungen im Bereich der unteren Extremität durch das Ärzteteam der Gemeinschaftspraxis Dr. Thermann/Dr. Pässler der ATOS-Klinik,
- Beginn des stationären Aufenthalts: einen Tag vor der Operation,
- Durchführung der Operation: Prof. Dr. med. Thermann und
- Vorliegen des schriftlichen Einverständnisses des Probanden nach Aufklärung und Beantworten eventueller Rückfragen.

Ausschlusskriterien

- Fortgeschrittene chronisch-degenerative Vorerkrankungen am operierten Knie,
- Starke Arthrose am kontralateralen Bein (ICRS-Wert ≥ 2),
- Übergewicht (BMI ≥ 30),
- Multimorbide Zustände (u. a. Rückenschmerzen, Diabetis, Herzkrankheiten oder Krebs),
- Alkoholabhängigkeit, Depression, Einnahme von Psychopharmaka,
- Nicht-Beherrschung der deutschen Sprache und
- Schlechtes Hörvermögen.

Verweigerer

Probanden, die die Einschlusskriterien erfüllten, aber die Teilnahme an der Studie verweigerten, wurden hinsichtlich medizinischer und soziodemografischer Merkmale dokumentiert mit dem Ziel mögliche Verzerrungen der Stichprobe erfassen zu können. Gründe für eine Absage waren *Besorgnis bzgl. des Operationsverlaufes* (8 Patienten), *Desinteresse an der Studienteilnahme/Studieninhalte* (3 Patienten) und *Explizite Vorbehalte gegenüber Mentalem Training* (1 Patient). Diese Patienten wurden in die Berechnung der statistischen Kennwerte in Tabelle 8 nicht einbezogen.

Untersuchungsteilnehmern, die im Laufe der Evaluationsstudien ausschieden wurden ebenfalls dokumentiert. Auch hier wurde eine mögliche Selektivität der Stichprobe analysiert, um das Ergebnis sicher interpretieren zu können. Diese Analyse ergab keine Auffälligkeiten.

Abbruchquote

Von den 66 Untersuchungsteilnehmern mussten drei Probanden die Untersuchung aus gesundheitlichen Gründen (starke Schmerzen, verbunden mit beeinträchtigender Medikamentengabe) nach dem zweiten Messzeitpunkt abrechnen. Diese Patienten von denen lediglich die Daten zu zwei Messzeitpunkten vorlagen, wurden von den statistischen Berechnungen ausgeschlossen. Zwei davon nahmen an der Studie 1 teil, ein Patient an Studie 2. Alle drei Probanden gehörten den Experimentalgruppen an. Demnach ergaben sich für die Auswertung der Daten bei Patienten mit Schlittenprothese die nachfolgenden Fallzahlen zum ersten Messzeitpunkt (s. Tab. 9).

Tabelle 9
Fallzahlen zum ersten Messzeitpunkt in der Studie 1 bei Patienten mit Schlittenprothese

	Beweglichkeit (Goniometer)	Gangbild (Video)	Funktionseinschränkungen (WOMAC)	Patientenzufriedenheit (ZUF)	Nachhaltigkeit (Eigener Fragebogen)	Vorstellungskompetenz (MIQ)	Selbstwirksamkeitserwartung (SWE)
n_{EG}	11	9	11	11	11	11	11
n_{KG}	13	10	13	13	13	-	13

Anmerkungen.

Die Fallzahlen in Bezug auf die Evaluationsdimension *Gangbild* reduzierten sich durch äußere Umstände (Kamera inklusive Filmmaterial wurden aus der Klinik entwendet, bevor die Daten gesichert werden konnten) auf 9 von 11 Probanden in der EG und 10 von 13 in der KG.

Die nachfolgende Tabelle 10 veranschaulicht die Fallzahlen zum ersten Messzeitpunkt in Studie 2 bei Patienten mit Schlittenprothese.

Tabelle 10
Fallzahlen zum ersten Messzeitpunkt in der Studie 2 bei Patienten mit Totalendoprothese

	Beweglichkeit (Goniometer)	Gangbild (Video)	Funktionseinschränkungen (WOMAC)	Patientenzufriedenheit (ZUF)	Nachhaltigkeit (Eigener Fragebogen)	Vorstellungskompetenz (MIQ)	Selbstwirksamkeitserwartung (SWE)
n_{EG}	19	17	19	19	19	19	19
n_{KG}	20	18	20	20	20	-	20

Anmerkungen.

Die Fallzahlen in Bezug auf die Evaluationsdimension *Gangbild* reduzierten sich durch äußere Umstände (Kamera inklusive Filmmaterial wurden aus der Klinik entwendet, bevor die Daten gesichert werden konnten) auf 17 von 19 Probanden in der EG und 18 von 20 in der KG.

Dropout

Die Gründe für den Ausfall im Verlauf der Untersuchungen werden in den Abschnitten zur Deskriptivstatistik (3.4.3.1 und 3.4.3.2) für jede einzelne Variable im Anschluss an die tabellarische Auflistung der statistischen Kennwerte beschrieben. Nachfolgend fasst Tabelle 11 den *Dropout* zusammen.

Tabelle 11
Dropout in Studie 1 und Studie 2

Variable		Beweglichkeit				Gangbild			Restliche Evaluationskriterien					
Messzeitpunkt		t_{V1}	t_{N1}	t_{N2}	t_{N3}	t_{V1}	t_{N2}	t_{N3}	t_{V1}	t_{N1}	t_{N2}	t_{N3}	t_{N4}	
Studie 1: Schlitten- prothese	<i>Dropout</i> (H)	EG	2	2	3	7	0	0	6	2	2	2	4	3
		KG	0	0	0	2	0	0	4	0	0	0	1	2
	<i>Dropout-rate</i> (in %)	EG	18	18	27	64	0	0	67	18	18	18	36	27
		KG	0	0	0	15	0	0	44	0	0	0	8%	15
Studie 2: Totalendo- prothese	<i>Dropout</i> (H)	EG	0	0	1	7	2	2	8	0	0	1	4	8
		KG	0	0	0	2	2	4	11	0	0	0	2	9
	<i>Dropout-rate</i> (in %)	EG	0	0	5	37	11	11	42	0	0	5	21	42
		KG	0	0	0	10	10	40	55	0	0	0	20	45

Anmerkungen.

Die Prozentzahlen sind auf ganze Zahlen abgerundet. 100% entsprechen in Studie 1 in der EG $n = 11$, KG $n = 13$, in Studie 2 in der EG $n = 19$, KG $n = 20$.

Die Teilnahme erfolgte auf freiwilliger Basis (Patienteneinwilligungserklärung s. Anh. B) und wurde nicht vergütet. Die erste Kontaktaufnahme zu den Patienten fand telefonisch statt, drei Tage vor Beginn ihres Klinikaufenthaltes. Nach Aufklärung über die Inhalte der Untersuchung wurde ihnen die Teilnahme an der Studie angeboten und ein erstes Treffen am Tag der Einweisung auf die Station vereinbart.

Im Rahmen dieser ersten Interventionssitzung (s. Abschn. 3.4.2.2) erhielten die Probanden die schriftlich fixierte Patienteninformation und unterschrieben die Freiwilligkeitserklärung (s. Anh. C). Allen Teilnehmern des Forschungsprojektes wurde Datenschutz gewährt. Dies wurde ebenfalls schriftlich festgehalten und zusätzlich mit der Unterschrift des Versuchsleiters vor Ort bestätigt. In den Arbeiten von Koritnik (2008) und Kurle (2009) bieten Einzelfallanalysen mehrerer Patienten der Kontroll- und Experimentalgruppen.

3.4.2.2 Untersuchungsplan und Untersuchungsablauf

Der nachfolgende Abschnitt soll das komplexe Vorgehen vorzustellen. Er ist fünfteilig aufgebaut:

- Untersuchungsplan,
- Anordnung der Interventionssitzungen und Trainingsinhalte,
- Art der Interventionssitzungen in den Experimentalgruppen,
- Art der Interventionssitzungen in den Kontrollgruppen sowie
- Allgemeiner Ablauf der Interventionssitzungen.

Untersuchungsplan

Evaluationsforschung zielt in erster Linie darauf ab den Erfolg einer Interventionsmaßnahme messbar zu machen (Bortz & Döring, 2006). Eine wissenschaftlich legitimierte therapeutische Intervention muss besonders dem Patienten, aber auch der Gesellschaft gegenüber begründet werden. Der Nachweis einer Überlegenheit neuer Formen der Intervention gegenüber etablierter Maßnahmen erfordert daher ein Untersuchungsplan, der den Vergleich mit einer Kontrollgruppe über mehrere Messzeitpunkte hinweg ermöglicht (Baumann & Reinecker-Hecht, 1991). Die nachfolgende Abbildung 32 legt die Anordnung der Messzeitpunkte dar.

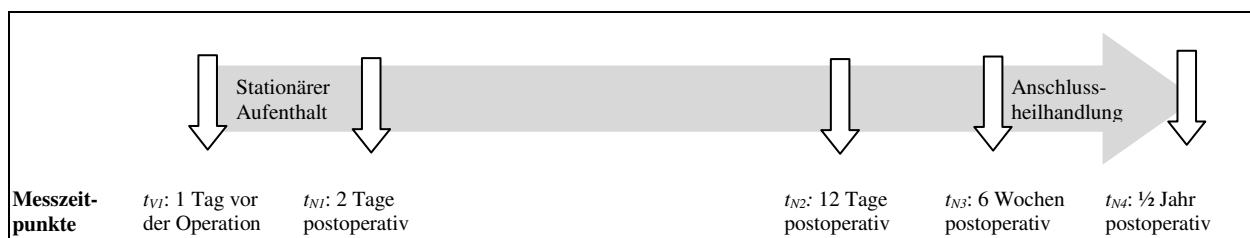


Abbildung 32 *Messzeitpunkte in den Hauptstudien.*

Der Therapieverlauf der Knieendoprothesepatienten wurde an sechs Messzeitpunkten über 1/2 Jahr hinweg dokumentiert. Die Patienten reisten 1 Tag vor der Operation an. Der stationäre Aufenthalt in der ATOS-Praxisklinik in Heidelberg dauerte durchschnittlich 2 Wochen. Dem folgte als Anschlussheilbehandlung ein stationärer Aufenthalt in einer Klinik ihrer Wahl, die in der Regel in der Nähe des Wohnortes des Patienten lag. 6 Wochen nach der Operation stellten sich die meisten Patienten zu Nachsorgeuntersuchung vor.

Die Termine für die Messzeitpunkte waren:

- zu Beginn des stationären Aufenthalts, ein Tag vor dem chirurgischen Eingriff,
- zwei Tage nach der Operation,
- zum Zeitpunkt der Entlassung aus der Klinik, also zwölf Tage nach der Operation,
- zum Zeitpunkt der Nachsorgeuntersuchung in der Klinik, also 6 Wochen nach dem chirurgischen Eingriff sowie
- ein halbes Jahr nach der Operation.

Die Daten zum letzten Messzeitpunkt wurden auf postalischem Weg erfasst.

Die Untersuchung bestand aus zwei Teilen, die sich nach Art der Knieprothese (vgl. Abschn. 3.1.1) unterschieden. Schlittenprothese-Patienten wurden in Studie 1 (s. Tab. 12) untersucht.

Tabelle 12
Untersuchungsplan der Studie 1, Schlittenprothese

	Interventionsart (zusätzlich zur herkömmlichen Therapie)				
	Mentales Training ergänzt durch Spiegeltraining		Physisch aktives Training		
Studie 1: Unikondyläre Schlittenprothese	EG 1 (<i>n</i> = 13)		KG 1 (<i>n</i> = 13)		
Messwiederholung	t_{V1}	t_{N1}	t_{N2}	t_{N3}	t_{N4}

Anmerkungen.

Es handelt sich hierbei um einen randomisierten, zweifaktoriellen Zwei-Gruppen-Versuchsplan mit Messwiederholung.

Totalendoprothese-Patienten wurden in der zeitgleich ablaufenden Studie 2 (s. Tab. 13) untersucht. Beiden Studien lag die gleiche Art des Versuchsplans zu Grunde.

Tabelle 13
Untersuchungsplan der Studie 2, Totalendoprothese

	Interventionsart (zusätzlich zur herkömmlichen Therapie)				
	Mentales Training ergänzt durch Spiegeltraining		Physisch aktives Training		
Studie 2: Bikondyläre Totalendoprothese	EG 1 (<i>n</i> = 20)		KG 1 (<i>n</i> = 20)		
Messwiederholung	t_{V1}	t_{N1}	t_{N2}	t_{N3}	t_{N4}

Anmerkungen.

Es handelt sich hierbei um einen randomisierten, zweifaktoriellen Zwei-Gruppen-Versuchsplan mit Messwiederholung.

Die Einteilung der Probanden in Experimental- oder Kontrollbedingung der jeweiligen Studie erfolgte nach dem Zufallsprinzip im Losverfahren ohne Zurücklegen. Es herrschte ein Blindversuch (Bortz & Döring, 2006) vor, da die Probanden über Gruppenplan und Untersuchungshypothesen, mithin über Trainingsmethoden in der Bedingung, der sie nicht angehörten keine Kenntnis hatten.

Experimental- wie Kontrollgruppen durchliefen die gleichen Trainingsinhalte. Diese wurden als *Add-on-Verfahren* zum klinikinternen herkömmlichen Rehabilitationsprogramm durchgeführt. Gruppenunterschiede bestanden lediglich hinsichtlich der Art der Intervention: Die Experimentalgruppen übten das Trainingsprogramm mental und mit Spiegel, die Kontrollgruppen übten die gleichen Übungen, im gleichen Zeitumfang und Intensität, hingegen lediglich rein physisch. Primäres Ziel der Auswertung war der Vergleich zwischen Experimental- und Kontrollgruppe einer Studie.

Anordnung der Interventionssitzungen und Trainingsinhalte

Interventionszeitpunkte werden anhand des Zeitstrahls in Abbildung 33 verdeutlicht.

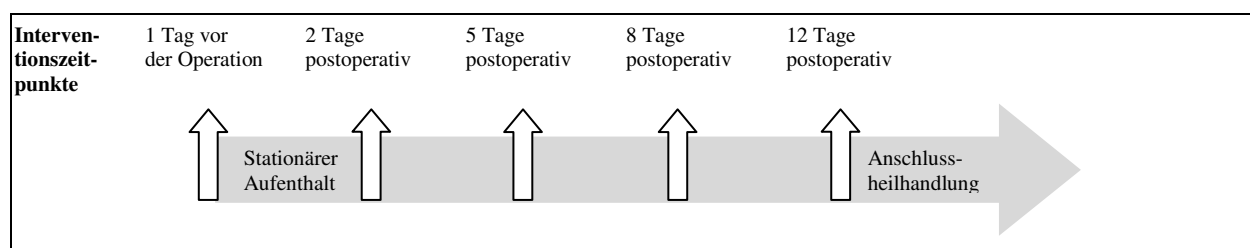


Abbildung 33

Interventionszeitpunkte in den Experimental- und Kontrollgruppen.

Die Intervention umfasste fünf betreute Interventionssitzungen von 45-60 Minuten Dauer und wurde von den Experimental- wie den Kontrollgruppen durchlaufen. Diese fanden in einem Zwölf-tageszeitraum, in dem sich die Patienten in stationärer Behandlung in der ATOS-Praxisklinik in Heidelberg befanden, statt. Die erste Sitzung erfolgte einen Tag vor der endoprothetischen Operation, also am Tag der Aufnahme. Weitere Treffen folgten zwei, fünf und acht Tage nach dem operativen Eingriff. Die letzte Interventionssitzung fand am zwölften Tag, also am Tag vor der Entlassung statt.

Die Interventionssitzungen, wie auch die Datenerhebung, wurden von der Autorin und von weiteren drei Studenten durchgeführt. Jede Person behandelte und erhob Untersuchungsteilnehmer. Die Schulung der Studenten erfolgte zentral durch die Autorin dieser Arbeit. Dem selbstständigen Erheben ging eine Phase der Hospitation voraus. Untersuchungsbedingungen und Versuchsleiterverhalten wurden standardisiert indem Instruktionen und Vorgehen in einem Versuchsleiterhandbuch (s. Anh. A.2) festgehalten wurden. Somit konnte eine Einschränkung der internen Validität auf ein Minimum reduziert werden (Bortz & Döring, 2006).

Die in den Interventionssitzungen erarbeiteten Inhalte wurden verpflichtend von allen Untersuchungsteilnehmern täglich 15 Minuten lang selbstständig geübt. Die Patienten wurden dazu angehalten, die einmal erlernten Zielbewegungen (vgl. Tab. 14) auch über den vierwöchigen Zeitraum der Anschlussheilbehandlung, bis zum Nachuntersuchungstermin (vgl. Abb. 32) täglich zu trainieren. Zur Kontrolle führten die Patienten ein Trainingstagebuch, in dem sie Datum und Dauer des Trainings notierten (vgl. Abschn. 3.4.2.3 und Tab.16; s. Anh. D).

Trainingsinhalte der Interventionssitzungen waren funktionale Bewegungen des muskuloskeletalen Abschnittes „Unterschenkel/Kniegelenk/Oberschenkel“. Hierzu wurden sechs Übungsgruppen (s. Tab. 14) nach Rücksprache mit dem operierendem Arzt und den Physiotherapeuten der ATOS-Praxisklinik ausgewählt. Alle Übungen sind gleichzeitig regulärer Bestandteil des klinikinternen Rehabilitationsprogrammes.

Tabelle 14
Trainingsinhalte der Interventionssitzungen in den Experimental- und Kontrollbedingungen

Zu erlernende Zielbewegungen	Zeitpunkt der Sitzungen
1. Basisbewegung <ul style="list-style-type: none"> • <i>Flexion-Extension im Liegen</i> 	Int _{N2} : 2. Tag postoperativ
2. Basisbewegung <ul style="list-style-type: none"> • <i>Flexion-Extension im Stehen mit Teilbelastung</i> 	Int _{N2} : 2. Tag postoperativ / Int _{N3} : 5. Tag postoperativ
3. Basisbewegung <ul style="list-style-type: none"> • <i>Beinbelastung: „Hacke-Spitze“</i> 	Int _{N3} : 5. Tag postoperativ / Int _{N4} : 8. Tag postoperativ
4. Gehbewegung <ol style="list-style-type: none"> <i>mit Stützen 3-Punkte-Gang,</i> <i>mit Stützen 2-Punkte-Gang,</i> <i>ohne Stützen</i> 	Int _{N4} : 8. Tag postoperativ / Int _{N5} : 12. Tag postoperativ
5. Treppensteigen <ol style="list-style-type: none"> <i>kleiner Treppenblock,</i> <i>Stufen</i> 	Int _{N4} : 8. Tag postoperativ / Int _{N5} : 12. Tag postoperativ
6. Alltagsbewegung aus der eigenen Biografie: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Socken, an/aus, Kupplung treten ...</i> 	Int _{N5} : 12. Tag postoperativ

Das Trainingsprogramm ist progressiv aufgebaut und beinhaltet drei Basisbewegungen zur Verbesserung der *Extension* und *Flexion*, Aufgaben zur Schulung des Gehens, des Treppensteigens und einer individuell ausgesuchten „Alltagsbewegung“. Der Zeitpunkt für Teil- bzw. Vollbelastung des operierten Beines wurde entsprechend der medizinischen Indikation ausgesucht.

Art der Interventionssitzungen in den Experimentalgruppen

Das systematisierte Mentale Training stand im Mittelpunkt des Trainingsprogramms. Zu Beginn einer jeden Interventionssitzung sowie eines jeden selbstständigen Trainings durchlief der Proband zunächst eine fünf- bis 10-minütige angeleitete Entspannung (vgl. Abschn. 2.1.1, s. Anh. A.2). Diese verband Elemente der Atementspannung mit solchen der progressiven Muskelentspannung nach Jacobson (1934, 1990; Eberspächer, 2007).

Im selbstständigen Training setzten die Patienten die Audioaufnahme ein. Alternativ konnten sie die Prinzipien der Entspannung im Trainingshandbuch für Patienten (s. Anh. A.1) nachlesen. Diese „Patientenfibel“ enthält eine genaue Beschreibung und Begründung des Konzepts sowie Fotos zu den entsprechenden Übungen.

Das angeleitete dreiteilige Trainingsprogramm, aus den Ausführungen in den Abschnitten 3.1.1 bis 3.1.3 abgeleitet, besteht aus kontralateralem motorischem Training, motorischem Spiegeltraining und Mentalem Training. Die nachstehende Abbildung 34 fasst das umgesetzte Konzept und das Endziel grafisch zusammen.

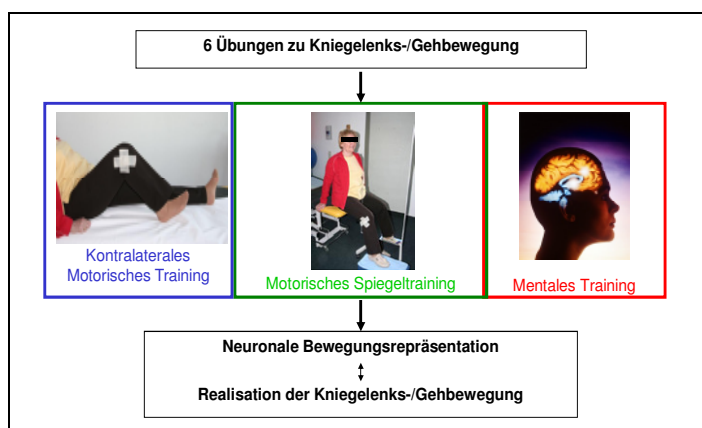


Abbildung 34 *Komponenten des Trainingsprogramms in den Experimentalgruppen.*

Die Basisübungen, das heißt die ersten drei Übungen (s. Tab. 14) wurden nach diesem Muster aufgebaut. In einer ersten Übungssequenz wurde die Bewegung motorisch, mit der nicht-operierten Extremität, mit offenen Augen zwei bis drei Mal erprobt. Die Sensibilisierung auf kinästhetische Aspekte der Bewegung erfolgte indem die Augen bei zweimaliger Ausführung der Bewegung geschlossen wurden. In der zweiten Phase führte die Untersuchungsperson die Übung mit der Spiegeltechnik aus. Somit waren die notwendigen Vorbedingungen für die mentalen Übungsdurchgänge geschaffen. Im dritten und wichtigsten Schritt führte der Patient diese Bewegung zwei bis drei Mal mental mit der operierten Extremität aus. In Tabelle 15 werden die Grundzüge des Vorgehens veranschaulicht.

Die mentale Trainingskomponente wurde nach dem Modell zum Aufbau der Bewegungsvorstellung in fünf Schritten nach Eberspächer (2004) (s. Abschn. 2.1.2 und Abb. 16) umgesetzt.

In der Folge werden die Details der Behandlung exemplarisch anhand der ersten Basisbewegung verdeutlicht. Der Patient sitzt bei 45 Grad geneigter Rückenlehne im Bett, die Beine sind gestreckt. Den Ausgangspunkt bildet die Beschreibung der Zielbewegung durch den Versuchsleiter (Schritt 1). Diese lautet: *„Wir üben zunächst am nichtoperierten Bein. Ziehen Sie bitte die Zehen heran und bauen Sie eine Spannung im Bein auf. Winkeln Sie das Knie so weit wie möglich an, spüren die Spannung in der Kniekehle und strecken Sie das Bein langsam wieder aus. Achten Sie dabei darauf, dass die Ferse die Matratze nicht verlässt.“*

Der Patient führt diese Bewegung mehrmals aus und hat dabei die Augen zunächst geöffnet. Der Patient wird dabei aufgefordert auf das Gefühl in Knie, Gesäß und Ferse zu achten und sich die kinästhetischen Empfindungen beim Bewegen des nichtoperierten Beines zu verinnerlichen.

Tabelle 15
Übungsaufbau in den Experimentalgruppen

Zu erlernende Zielbewegungen	Modalität
1. Basisbewegung: <i>Flex-Ex im Liegen</i>	2-3 Mal mit offenen Augen ¹ 2 Mal mit geschlossenen Augen 2-3 Mal im Spiegel betrachten ² 2-3 Mal MENTAL, Bewegungsanweisung wird mitgesprochen ³
2. Basisbewegung <i>Flex-Ex im Stehen mit Handtuch</i>	Analog 1. Basisbewegung
3. Basisbewegung <i>Beinbelastung: „Hacke-Spitze“</i>	Analog 1. Basisbewegung
4. Gehbewegung <i>a. mit Stützen 3-Punkte-Gang, b. mit Stützen 2-Punkte-Gang, c. ohne Stützen</i>	aktiv – MENTAL im direkten Wechsel
5. Treppensteigen <i>a. kleiner Treppenblock, b. Stufen</i>	aktiv – MENTAL im direkten Wechsel
6. Alltagsbewegung aus der eigenen Biografie <i>Socken, an/aus, Kupplung treten ...</i>	aktiv – MENTAL
Ziel: Bewegungen 1-6 je fünf Mal mental durchlaufen	

Anmerkungen.

Darin sind: ¹ „Kontralaterales“ motorisches Training, nicht-operiertes Knie,

² Vor dem Spiegel motorisches Training des nicht-operiertes Knie, trainiert operiertes Knie und

³ Mentales Training, operiertes Knie.

Schließlich ist er in der Lage den Bewegungsablauf in eigenen Worten zusammenzufassen (Schritt 2). Im nächsten Schritt erfolgt die Internalisierung des Bewegungsablaufes, indem sich der Patient die Bewegung immer wieder im Selbstgespräch vorsagt (Schritt 3). Schließlich legen Patient und Therapeut gemeinsam die Knotenpunkte der Bewegung fest (Schritt 4). Bei der ersten Basisbewegung sind dies der Aufbau der Spannung durch Anziehen der Zehen, das Anwinkeln und das Strecken im Kniegelenk. Im letzten Schritt wurden diese Schlüsselstellen individuell mit Kurzformeln symbolisch markiert (Schritt 5). Daraus ergibt sich z.B. „spann“ für das Zehenanziehen, „ran“ für das Anwinkeln des Kniegelenks und „weg“ für die Streckung. Bei den nachfolgenden drei Durchgängen mit geschlossenen Augen werden diese Kurzformeln mitgesprochen. Im Anschluss daran wird die Bewegung mit dem gesunden Bein in fünf Übungsdurchgängen mit einem Spiegel vertikal zwischen den Beinen durchgeführt. Der Patient erhält die Instruktion, dabei ausschließlich das Spiegelbild anzuschauen. Zum Schluss führt der Patient die Übung mental mit dem operierten Knie durch. Er erhält dabei folgende Instruktion: *„Schließen Sie bitte die Augen. Sprechen Sie ihre individuelle Bewegungsanweisung mit. Versuchen Sie die Innenperspektive einzunehmen. Gehen Sie in Gedanken folgende Fragen durch: Haben Sie sich von außen gesehen oder haben Sie die Bewegung ihres Körpers gespürt? Hatten Sie eine klare und lebendige Vorstellung? Bitte bedenken Sie, dass bei der Bewegungsvorstellung das Gefühl des Bewegungsendes, also der Druck und Zug wichtig ist und nicht die Vorstellung, dass das Bein räumlich gebeugt und gestreckt wird.“*

Die Spiegeltechnik kam nur in den Interventionssitzungen zum Einsatz um die konkrete Bewegungsvorstellung leichter zu erarbeiten. Im selbstständigen Training übten die Patienten im Wechsel die Zielbewegung motorisch-kontralateral und mental.

Inhalte der Interventionssitzungen in den Kontrollgruppen

Die Kontrollgruppen trainierten in den fünf Interventionssitzungen nicht mental, sondern durchliefen das Therapieprogramm ausschließlich motorisch. Alle Gruppen führten die gleichen standardisierten Physiotherapieübungen zu den funktionalen Bewegungen des muskulo-skeletalen Abschnittes „Unterschenkel/Kniegelenk/Oberschenkel“ aus (vgl. Tab. 14) und hielten den Trainingsverlauf im Trainingstagebuch fest.

Allgemeiner Ablauf der Interventionssitzungen

Inhalt der ersten Interventionssitzung war die genaue Vereinbarung der Rehabilitationsziele in Form eines „Therapieauftrages“ (Mayer & Hermann, 2009). Ferner wurden die Fragen der

Patienten zum Aufbau und der Funktion des Kniegelenks sowie zum Sollbild des Gangs beantwortet und die Maßnahmen zur Optimierung des Gehens geklärt. In den Experimentalgruppen führte der Versuchsleiter die Technik des Mentalen Trainings anhand eines dreiminütigen Films (SWR, Sendung *BW-Landesschau*) ein. Dieser zeigte das Vorgehen exemplarisch an zwei Fällen, dem eines Sportlers und dem eines Hüftendoprothesepatienten, auf. Die Rolle der Entspannung und die Wirkmechanismen der Spiegeltechnik wurden erklärt. Der Untersuchungsteilnehmer erhielt alle Informationen ebenfalls in schriftlicher Form in dem Trainingshandbuch (s. Anh. A.1).

In einer jeden Interventionssitzung erlernten und übten die Probanden die Trainingsinhalte (vgl. Tab. 14 und Abb. 34). Am ersten Tag vor, am zweiten und am zwölften Tag nach dem chirurgischen Eingriff fielen Interventions- und Messzeitpunkt auf den gleichen Termin. In diesem Fall maß der Versuchsleiter zunächst die Beweglichkeit im Kniegelenk mit dem Goniometer, im Anschluss folgte die Intervention und am Ende der Sitzung die Datenerhebung mittels Fragebogen und Videokamera (s. Abschn. 3.4.2.3). Die mündliche Instruktion zu den einzelnen Übungsausführungen, festgehalten im Versuchsleiterhandbuch (s. Anh. A.2), erfolgte standardisiert. Die Tabelle im Versuchsleiterhandbuch gibt Auskunft über das genaue Vorgehen in den Interventionssitzungen, indem die Art der Übungsausführung genau beschrieben und der Zeitpunkt für jede einzelne Übung aufgelistet wird. Mögliche Schwierigkeiten bei der Bewegungsausführung wurden antizipiert und Instruktionen zur Optimierung vorgeschlagen.

Der Ort der Interventionssitzungen war unmittelbar nach der Operation das Zimmer des Patienten, später der Physiotherapieraum der stationären Abteilung der ATOS-Praxis-Klinik. Die meisten Patienten waren in Einzelzimmern untergebracht. Manche Patienten wurden in der ersten Woche nach der Operation mit einem Rollstuhl zum Physiotherapieraum befördert. Patienten die auf diesem Stockwerk untergebracht waren, liefen teilweise mit Hilfe von Gehstützen dorthin. Die Interventionssitzungen fanden in der Regel am späten Nachmittag statt.

3.4.2.3 Evaluationskriterien und Messinstrumente

Die Wirkung des Mentalen Trainingsprogramms auf den Genesungsprozess wurde mittels einer Vielzahl von abhängigen Variablen evaluiert. Die Evaluationskriterien waren objektiver, subjektiver oder moderierender Art. Zu den objektiven Variablen zählten Maße der *Beweglichkeit im Kniegelenk*, sowie Merkmale des *Gangbildes*. Subjektive Maße waren *Symptome und physische Funktionseinschränkungen, Krankheitsbewältigung*, die

Patientenzufriedenheit sowie die *Nachhaltigkeit der Intervention*. Als Kontrollvariablen galten *Vorstellungskompetenz*, *Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung*, *Sportgewohnheiten*, *Vorerfahrungen mit Entspannungsverfahren/Mentalem Training* und der tägliche *Zeitaufwand für physiotherapeutische Übungen*.

Die Evaluationskriterien und Messinstrumente (s. Tab. 16) werden in der Folge genauer vorgestellt. Zur Erfassung wurden Instrumente ausgesucht, die zufriedenstellende Gütekriterien aufweisen und in der Therapieevaluation anerkannt und etabliert sind.

Tabelle 16
Evaluationskriterien und Messinstrumente

	Evaluationskriterien	Messinstrument	Erläuterungen
Objektive abhängige Variablen	Beweglichkeit im Kniegelenk: (<i>Flexion, Extension, Hyperextension</i>)	Goniometer	Normwerte Gesunder: 120-150°/0°/0-10°
	Merkmale des Gangs (<i>Gehgeschwindigkeit, Standphasenanteil, Gangsymmetrie</i>)	Auswertung mit Videoschnittsoftware <i>Adobe Premiere Pro CS</i>	Verbesserung Gangbild: <i>Gehgeschwindigkeit > Standphasenanteil < Symmetrie Richtung 0%</i>
Subjektive abhängige Variablen	Symptome und physische Funktionseinschränkungen (<i>Funktion, Schmerz, Steifigkeit</i>)	WOMAC-Skalen (<i>Western-Ontario-and-McMaster-Universities-Athrose-Index</i>)	3 Skalen mit je 5/5/2 Items, Wertebereich 0-10
	Subjektive Krankheitsbewältigung (<i>Depressive Verarbeitung, Aktives problemorientiertes Coping</i>)	FKS-LIS-SE (<i>Freiburger Fragebogen z. Krankheitsverarbeitung</i>)	2 Skalen mit je 10 Items, Wertebereich 1-5
	Patientenzufriedenheit	Adaptierte Version des ZUF-8 (<i>Zufriedenheitsfragebogen</i>)	1 Skala mit 8 Items, Wertebereich 1-6
	Nachhaltigkeit der Intervention und Aspekte des Therapieprozesses	Eigener Fragebogen	
Kontrollvariablen	Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung	SWE (<i>Selbstwirksamkeitserwartung</i>)	10 Items, Wertebereich 1-4
	Vorstellungsfähigkeit (<i>Lebhaftigkeit, Kontrollierbarkeit</i>)	MIQ-R (<i>Movement Imagery Questionnaire-Revised</i>)	2 Skalen mit je 4 Items, Wertebereich 1-7
	Täglicher Zeitaufwand für physiotherapeutische Übungen	Trainingstagebuch	Häufigkeit und Dauer in Minuten

In der Marginalen der Tabelle 17 werden die Messzeitpunkte für die einzelnen Variablen spezifiziert.

Tabelle 17
Messzeitpunkte aller Evaluationskriterien

	Evaluationskriterien	Messzeitpunkt
Objektive abhängige Variablen	Beweglichkeit im Kniegelenk: (<i>Flexion, Extension, Hyperextension</i>)	$t_{V1} - t_{N3}$
	Merkmale des Gangs: (<i>Gehgeschwindigkeit, Standphasenanteil, Gangsymmetrie</i>)	t_{V1}, t_{N2}, t_{N3}
Subjektive abhängige Variablen	Symptome und physische Funktionseinschränkungen (<i>Funktion, Schmerz, Steifigkeit</i>)	$t_{V1} - t_{N4}$
	Subjektive Krankheitsbewältigung (<i>Depressive Verarbeitung, Aktives problemorientiertes Coping</i>)	$t_{V1} - t_{N4}$
	Patientenzufriedenheit	$t_{N2} - t_{N4}$
	Nachhaltigkeit der Intervention und Aspekte des Therapieprozesses	$t_{N2} - t_{N4}$
Kontrollvariablen	Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung	$t_{V1} - t_{N4}$
	Vorstellungsfähigkeit (<i>Lebhaftigkeit, Kontrollierbarkeit</i>)	$t_{V1} - t_{N4}$
	Täglicher Zeitaufwand für physiotherapeutische Übungen	$t_{V1} - t_{N3}$

Die Beweglichkeit im Kniegelenk wurde gemäß der Neutral-Null-Methode (s. Abb 35) mit Hilfe eines Goniometers erfasst.

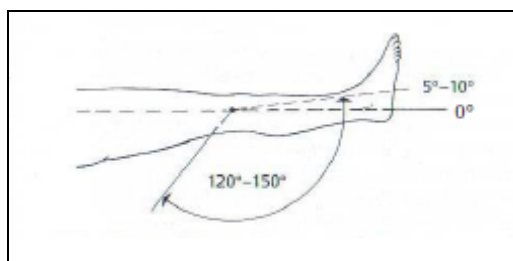


Abbildung 35 *Neutral-Null-Methode zur Messung des Bewegungsumfangs im Kniegelenk (Buckup, 2005, S. 189).*

Die Werte gesunder Personen laufen sich auf 5°-10° *Hyperextension*, 0° *Extension* und 120°-150° *Flexion*. Mobilisationsziel nach Knieendoprothetik ist: *Hyperextension/Extension/Flexion* von 0°-0°-120° (vgl. Abschn. 3.1.1 und Abb. 28).

Gemessen werden jeweils die *Flexion, Extension* und *Hyperextension*. Je größer der Wert der *Flexion*, desto besser die Leistung in diesem Kriterium. Die postoperativ erreichbare maximale Flexionsfähigkeit gilt nach Knieendoprotheseoperation als die wesentliche Zielgröße (vgl. Käfer, 2005). In Absprache mit den Ärzten, Physiotherapeuten und Psychologen wurde die Variable *Flexion* vorab als Hauptzielkriterium definiert (vgl. Abschn. 3.4.1).

Das Gangbild (s. Abb. 36) der Patienten wurde auf Video zu drei Messzeitpunkten, unmittelbar vor der Operation, vor der Entlassung aus dem Krankenhaus 12 Tage nach der Operation sowie 6 Wochen später, festgehalten. Die Bearbeitung der Videobänder erfolgte mit der Videoschnittsoftware *Adobe Premiere Pro CS*. Grundlegende Merkmale des objektiven Gangbildes, *Gehgeschwindigkeit*, *Standphasenanteil* und *Symmetrie des Gangbildes* wurden berechnet.



Abbildung 36 *Patienten bei der Aufnahme des Gangbildes.*
Die Patienten liefen eine standardisierte 6m lange Strecke vier Mal ab und wurden dabei zwei Mal von der Seite sowie ein Mal von vorne und ein Mal von hinten aus 5m Abstand gefilmt.

Symptome und Funktionseinschränkung im Kniegelenk wurden mit dem arthrosespezifischen Patientenfragebogen Western-Ontario-and-McMaster-Universities-Athrose-Index (WOMAC), einer für den deutschen Sprachraum adaptierte Fassung von Stucki et al. (1996) erhoben. Die drei WOMAC-Subskalen *Funktion*, *Schmerz* und *Steifigkeit* umfassen insgesamt zwölf Items mit einer elfstufigen Ratingskala (von 0 = *keine* bis 10 = *extreme Funktion/Schmerzen/Steifigkeit*). Der Begriff *Funktion* steht für die Funktionsfähigkeit des Kniegelenkes bei bestimmten Alltagsaufgaben wie bspw. *Socken anziehen, vom Bett aufstehen*. Der Wert der Variablen spiegelt somit Schwierigkeiten bei der Ausführung dieser Aufgaben wieder. Cronbachs α , als Maß für die interne Konsistenz, lag zwischen .80 und .96, die Test-Retest-Reliabilität zwischen .55 und .74. Hinsichtlich der Validierung berichten die Autoren deutliche Zusammenhänge mit dem Ausmaß der radiologisch festgestellten Arthrose sowie der Kniegelenkbeweglichkeit (Stucki et al., 1996).

Zur Erfassung der subjektiven Krankheitsbewältigung wurden die Subskalen *Depressive Verarbeitung* und *Aktives problemorientiertes Coping* des FKV-LIS (Freiburger Fragebogen zur Krankheitsverarbeitung, Muthney, 1989) gewählt. Die Subskalen umfassen je fünf Items mit einer fünfstufigen Ratingskala (von 1 = *gar nicht* bis 5 = *sehr stark*).

Die Skala *Depressive Verarbeitung* setzt sich aus folgenden Items zusammen:

- *Ungeduldig und gereizt auf andere reagieren* (Item 4)
- *Sich selbst bemitleiden* (Item 7)
- *Ins Grübeln kommen* (Item 8)
- *Mit dem Schicksal hadern* (Item 9)
- *Sich von anderen Menschen zurückziehen* (Item 10).

Sie subsummiert eine emotional negativ geprägte Art der Bewältigung, die sich im Gegensatz zum aktiven, überwiegend positiv ausgerichteten Copingverhalten durch passives Verhalten in Form von Hadern oder Suchen von Schuld auszeichnet.

Die Skala *Aktives problemorientiertes Coping* setzt sich aus folgenden Items zusammen:

- *Informationen über Erkrankung und Behandlung suchen* (Item 1)
- *Aktive Anstrengungen zur Lösung der Probleme unternehmen* (Item 2)
- *Einen Plan machen und danach handeln* (Item 3)
- *Sich vornehmen intensiver zu leben* (Item 5)
- *Entschlossen gegen die Krankheit ankämpfen* (Item 6).

Diese Skala umfasst verschiedene Strategien bezüglich der aktiven Bewältigung einer schweren Erkrankung auf kognitiver, aber auch auf emotionaler Ebene.

Die Zuordnung der Items zu den Skalen wurde faktoranalytisch an einer Stichprobe von 947 Patienten gewonnen, die zu etwa je einem Drittel aus Dialyse-, Herzinfarkt- und MS-Patienten bestand. Cronbachs α , als Maß für die Reliabilität, liegt bei .77 für die Depressive-Verarbeitungs-Skala und .73 für die Coping-Skala. Hierbei ist kritisch anzumerken, dass die Reliabilitäten jeweils nur für die hinsichtlich der Art der Erkrankung heterogene, weil zusammengesetzte Gesamtstichprobe, genannt werden, jedoch nicht für die einzelnen Substichproben. Bezüglich der Validität treffen die Autoren nur die Aussagen, dass die inhaltliche Validität für die einzelnen Skalen angenommen wird, da sie aus theoretisch fundierten Coping-Konstrukten abgeleitet wurden (Muthny, 1989).

Zur Erfassung der subjektiven Krankheitsbewältigung wurden nur zwei von fünf Subskalen des Messinstruments FKV-LIS ausgesucht. Diese Entscheidung begründet sich neben dem Ökonomieaspekt, unter anderem aus inhaltlichen Erwägungen, so interessierte bspw. die Skala *Religiosität und Sinnsuche* im Kontext der vorliegenden Untersuchung nicht. Ferner ergab die jüngste Überprüfung der Subskalenreliabilität (Hardt et al., 2003) nur für die Bewältigungsdimensionen *Depressive Verarbeitung* (Cronbachs α in den verschiedenen Substichproben zwischen .71 und .81) und *Aktives problemorientiertes Coping* (Cronbachs α zwischen .63 und .70) hinreichend psychometrische Kennwerte.

Die Auswertung des FKV-LIS erfolgt entweder durch Bildung der einzelnen Skalenmittelwerte oder durch Addition der Rohwerte aller Skalen und Bildung von Summenscores bzw. durch die Bildung von Mittelwerten aller Skalen. In der vorliegenden Arbeit wird die erstgenannt Auswertungsstrategien angewendet.

Die Patientenzufriedenheit mit der Behandlung und stationären Versorgung in der ATOS-Praxisklinik wird 2 Wochen, 6 Wochen nach der Operation sowie ½ Jahr später mittels einer adaptierten Kurzform des Zufriedenheitsfragebogens (ZUF-8) von Schmidt et al. (1989) erfasst. Der Fragebogen enthält acht als Fragen formulierte Items mit einer vierstufigen Ratingskala (*1 = schlecht bis 4 = ausgezeichnet*).

Zwar ist der ZUF-8 nicht normiert, jedoch wurde er an über 6800 Patienten erprobt und überprüft. In dieser Stichprobe lag Cronbach's α als Maß für die interne Konsistenz bei .92. Im Hinblick auf die faktorielle Validität wurde ein Hauptfaktor gefunden, der für ein globales Zufriedenheitsmaß spricht und 64% der Varianz aufklärt.

Der eigens entwickelten Fragebogen zur Erfassung der Nachhaltigkeit der Intervention und der spezifischen Aspekte des Therapieprozesses enthält therapiebezogene Fragen zu vier Bereichen: zur *Nachhaltigkeit*, zur Einschätzung der *aktuellen Gehfähigkeit*, zur Evaluation der *Therapieinhalte* sowie zur Erfassung des *Gesundheitszustandes* und der damit verbundenen *beruflichen Funktionsfähigkeit*. Der Fragebogen enthält 23 als Fragen formulierte Items mit einer vierstufigen Ratingskala (*1 = eindeutig nein/half nicht bis 4 = eindeutig ja/half sehr*). Der Fragebogen kam zum dritten, vierten und fünften Messzeitpunkt, also 12 Tage, 6 Wochen und ½ Jahr nach der Operation zum Einsatz. Die Evaluation der *Therapieinhalte* bezieht sich zum dritten Messzeitpunkt auf die postoperative Rehabilitation in der ATOS-Praxisklinik, zum vierten auf die Rehabilitation in der Anschlussheilbehandlung in der Rehabilitationsklinik ihrer Wahl und zum fünften Messzeitpunkt auf die sich anschließende Rehabilitation am Wohnort der Patienten.

Fragen um das Thema *Nachhaltigkeit* beinhalten folgende Items auf einer vierstufigen Ratingskala (*1 = eindeutig nein bis 4 = eindeutig ja*) zusammen:

- *Bewertung der Alltagtauglichkeit der Übungen und der Tipps aus der ATOS-Praxisklinik* (Item 10).

Die Skala *Nachhaltigkeit i.e.S.* setzt sich aus drei Items zusammen:

- *Aktuelle Rolle im Alltag der Inhalte aus der Rehabilitation* (Item 11)
- *Aktuelle Rolle im Alltag des Gehtrainings* (Item 17)
- *Aktuelle Rolle im Alltag des Mentalen Gehtrainings* (Item 18).

Zur Prozesswirkung werden zwei Items erhoben:

- *Erreichen der Rehabilitationsziele allgemein* (Item 9)
- *Erreichen der Rehabilitationsziele in Bezug auf die Gehfähigkeit* (Item 19).

Die Skala zur Einschätzung der *aktuellen Gehfähigkeit* setzt sich aus folgenden Items auf einer vierstufigen Ratingskala (1 = *oft* bzw. *eindeutig nein* bis 4 = *nie* bzw. *eindeutig ja*) zusammen:

Zur subjektive Einschätzung des Istzustands der Gehbewegung:

- *Unsicherheit beim Gehen* (Item 13)
- *Gehfehler/Schonhaltungen* (Item 14).

Zum Wissen über den Sollzustand der Gehbewegung:

- *Verbalisierbarkeit der Bewegungsanweisung zum Gehen* (Item 15)
- *Vorstellung der optimalen Bewegungskausführung zum Gehen* (Item 16).

Die Skala zur Evaluation der *Therapieinhalte* erfragt die Teilnahme an bestimmten Behandlungsmethoden und deren Bewertung auf einer vierstufigen Ratingskala (1 = *half nicht* bis 4 = *half sehr*). Sie setzt sich aus Items zusammen in Bezug auf:

- *Entspannungstherapie* (Item 12a)
- *Krankengymnastik* (Item 12b)
- *Physikalische Anwendungen* (Item 12c)
- *Gehtraining (KG)/Mentales Gehtraining (EG)* (Item 12d)
- *Muskelaufbautraining* (Item 12e)
- *Aquajogging* (Item 12f)
- *Individuelle Nennung weiterer Behandlungsmethode* (Item 12g).

Die Skala zur Erfassung des *Gesundheitszustandes* und der damit verbundenen *beruflichen Funktionsfähigkeit* setzt sich aus folgenden Items zusammen:

- *Derzeitige berufliche Situation (berufstätig mit x Stunden/Woche; Hausfrau/Hausmann; Rentner/In bzw. Pensionär/In; Sonstiges)* (Item 20)
- *Beruflicher Status vor der Operation (berufstätig mit „x“ Stunden/Woche; Hausfrau/Hausmann; Rentner/In bzw. Pensionär/In; Sonstiges)* (Item 21)
- *Arbeitslosigkeit (ja/nein)* (Item 22)
- *Arbeitsunfähigkeit (Grund: Knieerkrankung/Sonstiges)* (Item 23).

Das Instrument zur Erfassung der Nachhaltigkeit der Intervention und der spezifischen Aspekte des Therapieprozesses wurde als pilotierendes Verfahren entwickelt, um die studienspezifischen Bedingungen besser beleuchten zu können. Die damit gewonnenen Daten haben daher lediglich beschreibenden Charakter. Die lehrbuchgerechte Entwicklung und

Validierung eines Messinstruments zur Erfassung der Nachhaltigkeit sollte Thema weiterer Untersuchungen werden.

Vorstellungskompetenz, als die Fähigkeit innere Bilder lebhaft und kontrolliert zu generieren gilt als Grundvoraussetzung für Mentales Training (vgl. Abschn. 1.5.4). Da ein moderierender Zusammenhang zu den Effekten des Mentalen Trainings angenommen wird, wurde versucht die *Vorstellungskompetenz* mittels einer adaptierten Fassung des MIQ-R (Movement-Imagery-Questionnaire-Revised, Hall & Martin, 1998) zu dokumentieren. Zur Erfassung dieser Kontrollvariablen existierte zu Beginn der Evaluationsstudie noch kein spezifisches deutschsprachiges Messinstrument (vgl. Kap. 4). Die Items des amerikanischen sportspezifischen Fragebogens MIQ-R wurden an die Erfordernisse der Rehabilitation angepasst, sodass dieses adaptierte Instrument als Pilot-Verfahren eingesetzt werden konnte. Die damit gewonnenen Daten haben lediglich vorläufigen, heuristischen Charakter. Die lehrbuchgerechte Entwicklung und Validierung eines Messinstruments zur Erfassung der *Vorstellungsfähigkeit* geht über den Rahmen dieser Dissertation hinaus.

Der MIQ-R besteht aus acht Items, von denen je vier die *visuelle* beziehungsweise die *kinästhetische Komponente der Vorstellungskompetenz* erfassen. Die Patienten erhielten dabei die Instruktion, eine vorgegebene Bewegung zunächst auszuführen und im Anschluss entweder das Bild oder das dazugehörige Gefühl ins Gedächtnis zu rufen. Auf einer siebenstufigen Skala sollen sie dann angeben, wie schwer ihnen diese Vorstellung fiel (*1 = sehr leicht bis 7 = sehr schwer*).

Gütekriterien liegen bisher nur für die englischsprachige Version des MIQ vor. Jedoch konnte zwischen MIQ und MIQ-R mit $r = -.77$ ein hoher negativer Zusammenhang nachgewiesen werden. Die negative Korrelation ergibt sich aus der umgekehrten Polung der Items der beiden Fragebögen. Die Werte des MIQ für die Retest-Reliabilität nach einer Woche liegen bei .83. Cronbachs α beträgt zwischen .87 für die visuelle Komponente und .91 für die kinästhetische Komponente.

Unter *Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung* versteht man die optimistische Kompetenzerwartung, also das Vertrauen darauf, eine schwierige Lage zu meistern, wobei der Erfolg der eigenen Kompetenz zugeschrieben wird (Jerusalem & Schwarzer, 1999). Da ein moderierender Zusammenhang zu den Effekten des Mentalen Trainings angenommen wird (Mayer & Hermann, 2009), wurde zur Erfassung dieser Moderatorvariablen der SWE (Jerusalem & Schwarzer, 1999) eingesetzt. Das Selbstbeurteilungsverfahren umfasst zehn Items auf einer vierstufigen Ratingskala (von *1 = stimmt nicht bis 4 = stimmt genau*). Werte für die interne Konsistenz (Cronbachs α) liegen je nach Stichprobe zwischen .80 und .90.

Bezüglich der Validität zeigen sich bspw. enge positive Zusammenhänge zu *dispositionellem Optimismus* sowie enge negative Zusammenhänge zu *Ängstlichkeit*, *Depressivität* sowie *Stresseinschätzung*.

Alle Patienten wurden dazu aufgefordert in einem Trainingstagebuch Datum und Dauer des Trainings (Variable *Zeitaufwand für physiotherapeutische Übungen*) festzuhalten (s. Anh D). Ferner werden die Kontrollvariablen *Alter*, *Geschlecht*, *Sportgewohnheiten*, eventuelle *Vorerfahrungen mit Entspannungsverfahren oder Mentalem Training*, der tägliche *Zeitaufwand für physiotherapeutische Übungen* sowie *Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung* erhoben.

Die nachfolgende Abbildung 37 integriert Interventionzeitpunkte sowie Inhalte und Messzeitpunkte sowie wesentliche Evaluationskriterien. Dies gilt sowohl für die Experimentalgruppen als auch für die Kontrollgruppen.

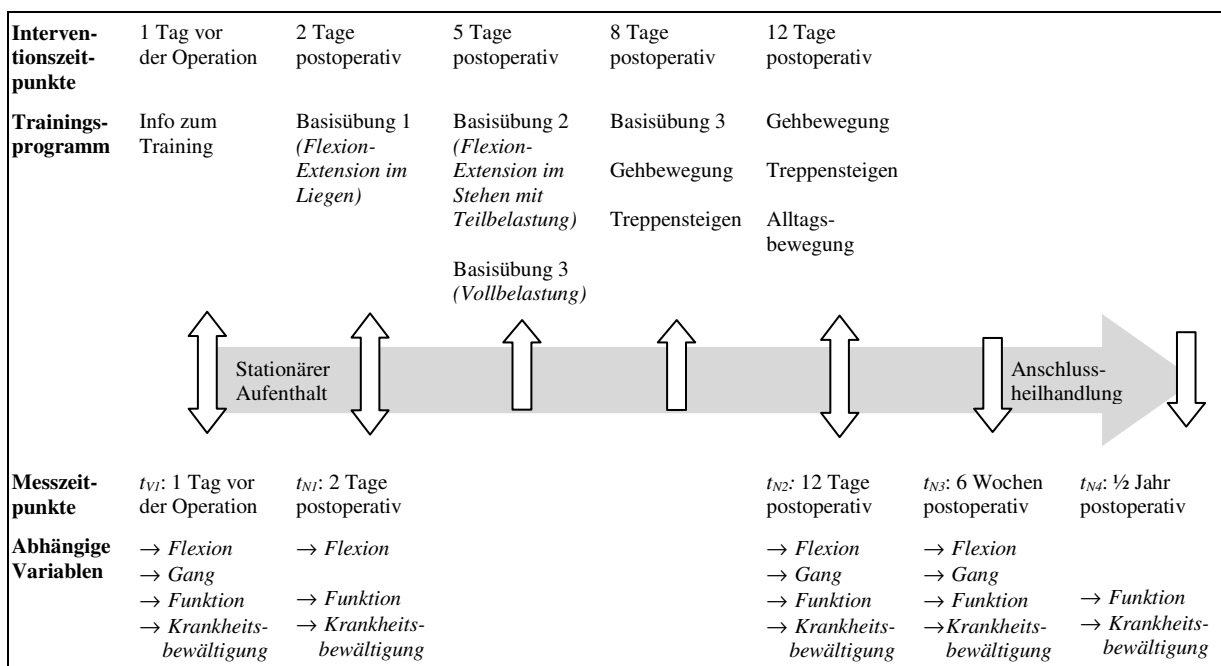


Abbildung 37 Grafische Zusammenfassung des Untersuchungsablaufes.

3.4.2.4 Zwischenbilanz der Pilotstudien und Neuerungen in den Hauptstudien

Die Pilotstudie zeigte eine gute Implementierbarkeit des Mentalen Trainingsprogramms. Von den Patienten, dem Pflegepersonal sowie den betreuenden Physiotherapeuten wurde das Konzept gut angenommen. Die Kombination des Mentalen Trainings mit der Spiegeltechnik stellte für sie eine sinnvolle Neuerung dar.

Die Pilotstudie erfüllte in erster Linie eine Optimierungsfunktion. In der Hauptstudie wurde vor allem die Intervention ausgebaut. Das Design wurde nur dahingehend verändert, dass zur

Prüfung der Nachhaltigkeit der Intervention der Messzeitpunkt fünf, also ½ Jahr nach der Operation (s. Abschn. 3.4.2.3), eingeführt wurde.

In Bezug auf die Trainingsinhalte der Interventionssitzungen wurden in der Hauptstudie einige funktionale Bewegungen des muskulo-skeletalen Abschnittes „Unterschenkel/Kniegelenk/Oberschenkel“ ergänzt. Im Gespräch mit den Physiotherapeuten und dem operierenden Arzt wurden aufbauend auf die erste Basisbewegung im Liegen, die Basisbewegung zwei, nämlich Flexion und *Extension* im Stehen mit Teilbelastung und drei, Beinbelastung „Hacke-Spitze“ hinzugefügt (s. 0). Auch das Üben des Treppensteigens wurde systematisch aufgegriffen.

Ferner erhielten die Patienten in der Hauptstudie ein Trainingshandbuch (s. Anh. A.1) in Papierform, sodass sie darin die Begründung der Trainingsmaßnahmen sowie den Aufbau der Übungen selbstständig nachlesen und auf Fotos beim Üben mit verfolgen konnten. Eine weitere Neuerung bestand darin, dass die Instruktion für die Übungen den Patienten als Audioversion zur Verfügung gestellt wurde. Dies erleichterte das selbstständige Üben.

Zudem führten die Patienten der Hauptstudie ein Trainingstagebuch. Darin notierten sie den täglichen zeitlichen Aufwand für das selbstständige Üben. Dies hatte einerseits für den Patienten motivierenden Charakter, andererseits konnte damit der Einfluss dieser Variablen besser kontrolliert werden.

Die Durchführung der Interventionssitzungen wurde in der Hauptstudie stärker standardisiert, indem ein systematisiertes Handbuch für Versuchsleiter (Interventionsmanual; s. Anh. A.2) mit genauen Instruktionen entwickelt und eingesetzt wurde.

Die Pilotstudie lieferte eine Absicherung der zu verwendenden Operationalisierungen. Im Allgemeinen erzielten die eingesetzten Messinstrumente gute Kennwerte. Bei den Fragebögen schienen die Skalen stabil zu sein und gut zu differenzieren. Einzig bei der Messung der Beweglichkeit waren die Werte in Bezug auf *Extension* und *Hyperextension* nicht aussagekräftig, da sie kaum variierten. In der Hauptstudie wurde allerdings die Beweglichkeit beider Kniegelenke erfasst. Der Vergleich des operierten mit dem nichtoperierten Knie sollte als Maßstab für intraindividuelle Verbesserung ergänzend hinzugezogen werden.

In der Hauptstudie wurden drei zusätzliche Messinstrumente (vgl. Abschn.3.4.2.4) eingesetzt. Eine weitere Moderatorvariable wurde kontrolliert indem die *Vorstellungsfähigkeit* erfasst wurde. Hierfür wurde der MIQ-R (Hall & Martin, 1998) eingesetzt. Der Einsatz des Zufriedenheitsfragebogens ZUF-8 (Schmidt et al., 1989) sollte in der Hauptstudie auf quantitative Weise Auskunft über die *Akzeptanz und Zufriedenheit mit der Behandlung* geben.

Ferner wurde für die Hauptstudie ein eigener Fragebogen zur Erfassung der *Nachhaltigkeit der Intervention* entwickelt und eingesetzt.

3.4.2.5 Umstrukturierung der Variablen und statistische Analysen

Zur Prüfung der Wirksamkeit der Intervention werden als hauptsächliche inferenzstatistische Analysen Diskriminanzanalysen und univariate, zweifaktorielle Varianzanalysen mit Messwiederholung gerechnet. Im nachfolgenden Abschnitt wird das Auswertungsschema als Grafik dargestellt. Im Anschluss wird die Auswahl der Methoden begründet. Die Durchführung von Signifikanztests im Rahmen der Diskriminanz- oder Varianzanalysen ist an Voraussetzungen gebunden, deren Prüfung abschließend vorgestellt wird.

Die Überprüfung der Ausgangsbedingungen von Experimental- und Kontrollgruppe auf Gleichheit der Mittelwerte erfolgt mit den Daten zum ersten Messzeitpunkt mittels einfaktorieller Varianzanalyse (EG vs. KG) und numerisch vergrößertem α -Niveau (10%). Da erwartet werden kann, dass sich der Stand vor der Operation auf den Genesungsprozess nach der Operation auswirkt, werden im Falle signifikanter Gruppenunterschiede die zum ersten Messzeitpunkt (t_{v1}) erhobenen Werte als Kovariate in die Berechnung miteinbezogen.

Das Auswertungsschema (s. Tab. 18) expliziert die Ausrichtung der Analysemethoden.

In einem ersten Analyseschritt erfolgt die multivariate Auswertung mittels Diskriminanzanalysen. Vorrangiges Ziel ist dabei die Unterscheidbarkeit der Experimentalbedingung vs. Kontrollbedingung bzgl. ihrer zentralen Tendenz für singuläre und kombinierte abhängige Variablen zu prüfen. Die Diskriminanzanalyse hat zudem die Funktion eines Filters, der eine Variablenauswahl nach statistischen Gesichtspunkten ermöglicht. Diejenigen abhängigen Variablen, die deutlich die Gruppen trennen, werden aus einem ersten Pool abhängiger Variablen, dem *AV-Pool₁*, selektiert und zu einem neuem Pool an Variablen, dem *AV-Pool₂*, zusammengefasst. Dieses Verfahren der Variablenumstrukturierung wirkt damit dem Missverhältnis entgegen zwischen der Gesamtstichprobengröße von 66 Probanden und der hohen Anzahl an abhängigen Variablen. 17 Variablen können in den ersten Pool der abhängigen Variablen eingehen. Für den zweiten Messzeitpunkt (t_{N1}) wird Experimentalgruppe vs. Kontrollgruppe bzgl. des ersten Pools der abhängigen Variablen verglichen. Mit dem dritten (t_{N2}), vierten (t_{N3}) und fünften Messzeitpunkt (t_{N4}) wird analog zum zweiten Messzeitpunkt (t_{N1}) verfahren.

Die Zusammensetzung des ersten Pools von Variablen (*AV-Pool₁*) erfolgt in Anlehnung an die Ergebnissen der deskriptiven Auswertung (s. Abschn. 3.4.3.1, Fazit im Anschluss an die Hauptstudien). Eine Auswahl der Variablen nach theoretisch-inhaltlichen Gesichtspunkten ist

Tabelle 18
Auswertungsschema

1) Diskriminanzanalyse zwischen EG und KG getrennt für t_{N2} bis t_{N4} mit dem je ersten <i>AV-Pool</i> .							
	Zeit:		t_{N1}	t_{N2}	t_{N3}	t_{N4}	
Gruppe:							
EG							
KG		↓	↓	↓	↓		
2) Varianzanalyse ¹ (mit Messwiederholung) mit dem zweiten <i>AV-Pool</i> .							
	Zeit:		t_{v1}	t_{N1}	t_{N2}	t_{N3}	t_{N4}
Gruppe:							
EG							
KG							
Beispiel für Kontrastbildung:							
	Zeit:		t_{v1} :	$t_{N1} \dots t_{N4}$			
Gruppe:							
EG							
KG							

Anmerkungen.

¹(2x3, 2x4 oder 2x5) Varianzanalyse, je nach Anzahl der durchgeführten Messungen (vgl. Tab. 17).

in dem vorliegenden Setting nicht möglich, da keine Befunde zum Mentalen Training in der orthopädischen Rehabilitation nach Knieendoprothetik existieren auf die ein Bezug nötig wäre. Als Anwendungsempfehlung (Backhaus, 2006) gilt, dass der Umfang der Stichprobe wenigstens doppelt so groß sein sollte, wie die Anzahl der ins Modell aufgenommenen Variablen (*AV-Pool*₁). Vor diesem Hintergrund werden zwischen drei und fünf der Variablen ausgesucht, in denen sich die Gruppen in den statistischen Kennwerten am meisten unterscheiden.

Die Entscheidung, in einem ersten Schritt ein multivariates Verfahren so weit wie möglich einzusetzen, bringt drei Vorteile mit sich (Bortz, 2005): Erstens wird eine α -Fehlerkumulation vermieden (vgl. Kaluza & Schulze, 2000), zweitens kann die Kombination einzelner Indikatoren zu einer deutlicheren und besser interpretierbaren Unterscheidung der

Gruppen führen und drittens ermöglicht die Berücksichtigung der Multikollinearität eine genauere Interpretation.

Wenn man singuläre Betrachtung der Variablen anstrebt, dann ist Rekurs auf eine univariate Prüfung indiziert was im Falle der Diskriminanzanalyse einer varianzanalytischen Modalität folgt. Folglich werden in einem zweiten Analyseschritt mit den einzelnen Variablen des neuen Pools von abhängigen Variablen (*AV-Pool₂*) univariate, zweifaktorielle Varianzanalysen mit Messwiederholung durchgeführt. Dabei wird Experimentalgruppe vs. Kontrollgruppe als Komparation gerechnet. Bei der Interpretation der Ergebnisse werden die Effektgrößen berücksichtigt. Die Eta-Quadrat-Statistik (η^2) beschreibt den Anteil der Gesamtvariabilität, der einem Faktor zugeschrieben werden kann. Die Option *Beobachtete Schärfe* liefert die Testschärfe, wenn die alternative Hypothese auf die Basis der beobachteten Werte eingestellt wurde. Ferner wird bei ausgewählten Variablen (vgl. Hypothesen Abschn. 3.4.1), nämlich bei der *Flexion* und bei den *Gangvariable* die Analyse der Einzelfallkontraste mit herangezogen. Diese Ergebnisse werden zusätzlich mit denen einfaktorieller varianzanalytischer Nachfolgetests abgeglichen.

Die Auswertung der Daten der Patienten mit Schlittenprothese aus der Studie 1, bestehend aus der Experimentalgruppe 1 und der Kontrollgruppe 1 sowie die der Patienten mit Totalendoprothese aus der Studie 2, bestehend aus der Experimentalgruppe 2 und der Kontrollgruppe 2, (vgl. Abschn. 3.4.2.2) erfolgen getrennt.

Als Voraussetzung für die Durchführung der Diskriminanzanalysen wird die Homogenität der Kovarianzmatrizen über den *Box-Test* geprüft. Inhomogenität herrscht vor, wenn die approximativ χ^2 -verteilte Prüfgröße *B* signifikant wird. Die Empfehlung, dass dieser Test nur für höchstens fünf abhängige Variablen und einer Stichprobengröße größer gleich 20 angewendet werden soll (Bortz, 2005), findet Beachtung.

Als Voraussetzungen für die Durchführung der Varianzanalysen werden die Homogenität der Fehlervarianzen, die Zirkularitätsannahme sowie die Homogenität der Kovarianzmatrizen geprüft. Auf die Überprüfung der Normalverteilungsannahme wird verzichtet, da sowohl die Durchführung mehrfaktorieller Varianzanalysen (Bortz, 2005, S. 328) als auch der *Levene-Test* (Bortz, 2005, S. 286) als relativ unempfindlich gegenüber Verletzungen der Normalverteilungsvoraussetzungen beschrieben werden (vgl. auch Everitt, 1996, S. 55; Stevens, 1999, S. 75-76; *Monte-Carlo-Experiment*). Varianzhomogenität wird mittels des *Levene-Tests* überprüft. Zur Überprüfung der Zirkularitätsannahme, die dann als verletzt gilt, wenn die Varianzen und Kovarianzen inhomogen sind, wird der *Mauchly-Test auf Sphärizität* durchgeführt. Die Zirkularitätsannahme ist dann verletzt, wenn die approximativ χ^2 -verteilte

Prüfgröße signifikant wird. Bei einer Voraussetzungsverletzung können die Freiheitsgrade der Signifikanzprüfung korrigiert werden. Der Mauchly-Test hat allerdings bei einer kleinen Anzahl an Probanden eine geringe Teststärke (Rasch et al., 2006), d.h. eine Voraussetzungsverletzung kann vorliegen, obwohl der Test nicht signifikant ist. Dennoch wird bei Zweifeln an der Gültigkeit der Zirkularitätsannahme der Korrekturfaktor nach Greenhouse-Geisser herangezogen.

Bei deutlich unterschiedlichen Gruppengrößen wird ferner empfohlen die Voraussetzung der Homogenität der Kovarianzmatrizen der abhängigen Variablen über alle Stufen der Zwischensubjektfaktoren mit Hilfe des *Box-Tests* zu prüfen (Tabachnick & Fidell, 2001). Da dieser Test allerdings sehr sensitiv ist, gilt die Empfehlung nur bei $p \leq .001$ zusätzlich zu überprüfen, ob die Varianzen und Kovarianzen bei den Zellen mit größeren Gruppen größer als bei den kleinen Gruppenzellen sind. Dieser Fall ist unproblematisch, allerdings gilt es zu beachten, dass im umgekehrten Fall die Signifikanzen überschätzt werden.

3.4.3 Ergebnisse

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Ergebnisse bezüglich der in Abschnitt 3.2 formulierten Fragestellung und den daraus generierten Hypothesen (s. Abschn. 3.4.1) dargestellt. Die Auswertung der Daten soll eine Antwort auf die Frage erlauben, ob ein zusätzliches Mentales Trainingsprogramm bessere Ergebnisse als das herkömmliche Behandlungskonzept im Rehabilitationsprozess bei Patienten mit Knieendoprothese hervorruft (vgl. Abschn. 3.2). Hierfür werden die erzielten Effekte zunächst auf deskriptiver Ebene (Abschn. 3.4.3.1) zusammengefasst. Dem folgt die Auswertung auf inferenzstatistischer Ebene (Abschn. 3.4.3.2). Die Ergebnisse der Patienten mit Schlittenprothese aus der ersten Studie und die der Patienten mit Totalendoprothese aus der zweiten Studie (vgl. Abschn. 3.4.2.2) werden getrennt dargestellt.

Die deskriptive Analyse der Daten liefert zunächst einen Überblick über die vorliegenden Ergebnisse der Experimental- und Kontrollgruppen in den untersuchten Evaluationskriterien *Beweglichkeit im Kniegelenk, Gangbild, Symptome und physische Funktionseinschränkungen, Krankheitsbewältigung, Patientenzufriedenheit, Nachhaltigkeit der Intervention und Aspekte des Therapieprozesses* sowie in den Kontrollvariablen *Vorstellungskompetenz, Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung und zeitlicher Aufwand für physiotherapeutische Übungen* zu drei bis fünf Messzeitpunkten. Die tabellarische wie auch die grafische Darstellung veranschaulichen den Verlauf der abhängigen Variablen auf Gruppenebene sowie die Gruppenunterschiede. Die Diskussion der Fallzahlen, Mittelwerte und Standardabweichungen

liefern Hinweise für die inferenzstatistische Auswertung und für einen ersten Interpretationsansatz. Deskriptive Statistiken zeigen lediglich Tendenzen auf, denn ihnen fehlt die Absicherung gegen den Zufall, die erst durch die inferenzstatistischen Analysen gewährleistet wird. In diesem Sinne sind alle nachfolgenden Auslegungen zu verstehen.

3.4.3.1 Deskriptive Auswertung der Hauptstudie 1

Beweglichkeit im Kniegelenk: *Flexion*, *Extension* und *Hyperextension*

Um etwaige Gruppenunterschiede in der Beweglichkeit im Kniegelenk zu erfassen, wurden die Merkmale *Flexion*, *Extension* und *Hyperextension* erfasst und ausgewertet. Die Ergebnisse der Pilotstudie lieferten bereits einen Hinweis, dass *Extension* bzw. *Hyperextension* nur im Bereich von 0-20° bzw. 0-5° variieren und sich infolge des operativen Eingriffs auf der individuellen Ebene wenig verändern (Hermann, 2009). Die nachfolgende Tabelle 19 bildet die Statistiken der drei Merkmale zur Beweglichkeit ab.

Tabelle 19
Beweglichkeit im Kniegelenk bei Patienten mit Schlittenprothese

Schlitten- prothese, BEWEG- LICHKEIT:		t _{V1}			t _{N1}			t _{N2}			t _{N3}		
		<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<i>Flexion</i>	EG	11	112	15,25	11	52	15,02	10	99	20,01	6	114	12,37
	KG	13	119	12,66	13	47	14,49	13	68	20,74	11	93	15,02
<i>Extension</i>	EG	11	3,64	4,25	11	8,82	5,06	10	4,27	4,92	6	1,40	2,19
	KG	13	3,39	4,07	13	8,77	9,59	13	4,92	6,69	11	2,82	4,26
<i>Hyper- extension</i>	EG	11	0,46	1,51	11	0	0	10	0	0	6	0,83	2,04
	KG	13	0	0	13	0	0	13	0	0	11	0	0

Anmerkungen.

Die Variablen *Flexion*, *Extension*, *Hyperextension* werden hinsichtlich Fallzahlen, Mittelwerte, Standardabweichungen der Experimental- und Kontrollgruppe spezifiziert. Je größer der numerische Wert der *Flexion*, desto besser ist der Beugewinkel. Je kleiner der numerische Wert der *Extension*, desto besser ist die Streckung. Je kleiner der numerische Wert der *Hyperextension*, desto weniger Überstreckung ist möglich. Die Werte gesunder Personen laufen sich auf 120°-150° *Flexion*, 0° *Extension* und 5°-10° *Hyperextension*.

Kommentare zu den Fallzahlen in der Kenngröße *Flexion* in Bezug auf den ersten Messzeitpunkt (11/13), also einen Tag vor der Operation, finden sich im Abschnitt 3.4.2.1 zur Stichprobe. Zum zweiten Messzeitpunkt (11/13) konnten alle in Studie 1 eingeschlossenen Patienten erfasst werden. Beim dritten Messzeitpunkt (10/13) war eine Versuchsperson der Experimentalgruppe bei der Messung der Beweglichkeit nicht anwesend, hinterlegte jedoch die Fragebogendaten. Zum vierten Messzeitpunkt (6/11) traten fünf Probanden der Experimentalgruppe und zwei der Kontrollgruppe die Messung der Beweglichkeit nicht an. Gründe hierfür waren in der Experimentalgruppe ein Studienabbruch aufgrund von starken

Schmerzen, verbunden mit der Erfüllung des Ausschlusskriteriums „Zweitoperation während der Studienteilnahme“ und vier Abwesenheiten beim Nachuntersuchungstermin mit nur postalischer Beteiligung. In der Kontrollgruppe gab es zum vierten Messzeitpunkt eine Abwesenheit beim Nachuntersuchungstermin mit postalischer Beteiligung und eine Abwesenheit beim Nachuntersuchungstermin ohne postalische Beteiligung.

Die Standardabweichungen in der Kenngröße *Flexion* belaufen sich beim Vergleich von Experimental- und Kontrollgruppe sowohl zum ersten Messzeitpunkt als auch zu den nachfolgenden Messzeitpunkten auf ähnliche Werte. Sie schwanken zwischen 12,37 (EG, t_{N3}) und 20,74 (KG, t_{N2}) (s. Tab. 19). Die Differenz zwischen den Standardabweichungen der beiden Gruppen beträgt zum ersten Messzeitpunkt 0,41, zum zweiten 0,51, zum dritten 0,73 und zum vierten Messzeitpunkt 2,65. Auffällig ist, dass in beiden Gruppen die größte Variabilität zum dritten Messzeitpunkt, also 2 Wochen nach der Operation, erreicht wird (EG = 20,01; KG = 20,74). Die individuellen Mittelwerte in der *Flexion* schwanken hier beachtlich in der Experimentalgruppe zwischen 80° und 125° , in der Kontrollgruppe zwischen 30° und 110° .

Die Standardabweichungen in der Kenngröße *Extension* belaufen sich beim Vergleich zwischen den Gruppen sowohl zum ersten Messzeitpunkt als auch zu den nachfolgenden Messzeitpunkten auf ähnliche Werte zwischen 2,19 (EG, t_{N4}) und 9,59 (KG, t_{N1}) (s. Tab. 19). Die Differenz zwischen den Standardabweichungen der beiden Gruppen beträgt zum ersten Messzeitpunkt 0,18, zum zweiten 4,53, zum dritten 2,42 und zum vierten Messzeitpunkt 2,07, wobei die Kontrollgruppe in Bezug auf die *Extension*, mit Ausnahme des ersten Messzeitpunkts, größere Heterogenität als die Experimentalgruppe aufweist.

Die Standardabweichungen in der Kenngröße *Hyperextension* belaufen sich fast immer auf Null. Das liegt daran, dass mit Ausnahme einer Versuchsperson der Experimentalgruppe, die zum ersten und zum vierten Messzeitpunkt eine Überstreckung von 5° erzielte, alle anderen Patienten über keine Überstreckung verfügten.

Die nachfolgende Abbildung 38 verdeutlicht den Verlauf der *Flexion* und der *Extension* grafisch.

Die tabellarische (s. Tab. 19) wie auch grafische Abbildung 38 der Mittelwerte der Kenngröße *Flexion* in den beiden Gruppen zeigen, dass die Ausgangswerte der beiden Gruppen mit einer Differenz von 7° (EG = 112° , $SD = 15,25$; KG = 119° , $SD = 12,66$), wie auch die Werte zum zweiten Messzeitpunkt, also zwei Tage nach der Operation, mit einer Differenz von 5° (EG = 52° , $SD = 15,02$; KG = 47° , $SD = 14,49$) nahe beieinander liegen. Die Nähe zum zweiten Messzeitpunkt ist darauf zurückzuführen, dass die erste inhaltliche Interventionssitzung erst

zum zweiten Messzeitpunkt stattfindet (vgl. Abschn. 3.4.2.4) und sich etwaige auf die Intervention zurückzuführende Unterschiede noch nicht entwickeln können.

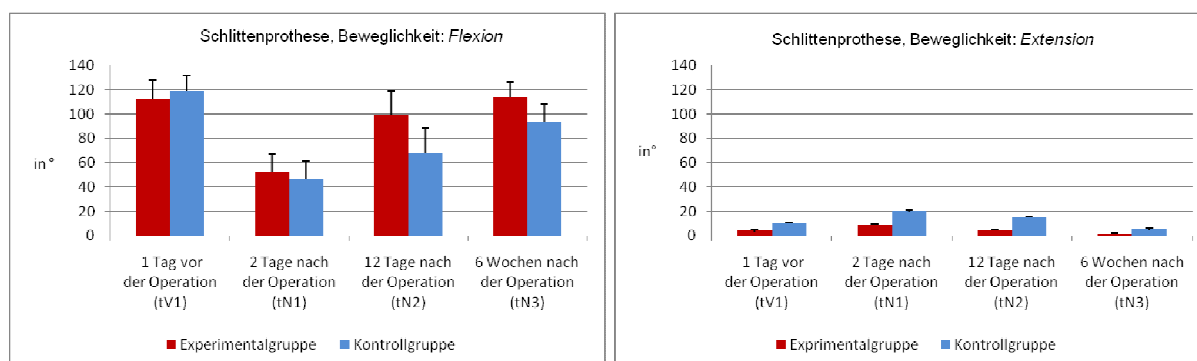


Abbildung 38

Beweglichkeit im Kniegelenk bei Patienten mit Schlittenprothese.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen (vertikale Fehlerindikatoren auf den Balken) der Variablen *Flexion* und *Extension* wurden an vier Messzeitpunkten erhoben. Die Statistiken beziehen sich auf das operierte Knie. Die Werte gesunder Personen laufen sich auf 120°-150° *Flexion* und 0° *Extension*. Die einheitliche Skalierung der y-Achsen ermöglicht einen direkten Vergleich zwischen *Flexion* und *Extension*. Die Veränderungen in der Variablen *Extension* sind deutlich geringer.

Auf der Ebene der deskriptiven Statistik kann gezeigt werden, dass die Experimentalgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe zum dritten (EG = 99°, *SD* = 20,01; KG = 68°, *SD* = 20,74) und zum vierten Messzeitpunkt (EG = 114°, *SD* = 12,37; KG = 93°, *SD* = 15,02), also 12 Tage und 6 Wochen nach der Operation, größere Fortschritte gemacht hat. Man beachte die Differenz von 31° (t_{N2}) und von 21° (t_{N3}) zugunsten der Experimentalgruppe. Zum ersten Messzeitpunkt ist diese Differenz mit nur 7° deutlich geringer (EG = 112°; KG = 119°) und sogar im umgekehrten Verhältnis zu den restlichen Zeitpunkten, das heißt es liegt zu Beginn ein Vorteil in der *Flexion* zugunsten der Kontrollgruppe vor.

Die Tendenz in der Experimentalgruppe zum dritten und zum vierten Messzeitpunkt besser abzuschneiden, wurde bereits in ähnlich großem Maße in der Pilotstudie nicht nur bei den Schlittenprothese-Patienten, sondern auch bei den Totalendoprothese-Patienten festgestellt (Hermann, 2009) und muss in den Hauptstudien inferenzstatistisch abgesichert werden.

Die tabellarische (s. Tab. 19) wie auch grafische Abbildung 38 der Mittelwerte der Kenngröße *Extension* in den beiden Gruppen zeigen, dass die Ausgangswerte der beiden Gruppen mit einer Differenz von 0,25° (EG = 3,64°, *SD* = 4,25; KG = 3,39°, *SD* = 4,07) fast identisch sind. Im weiteren Verlauf liegen die Werte sowohl im Vergleich zwischen den Gruppen als auch bei der Betrachtung einer Gruppe über die Zeit hinweg sehr nahe beieinander. Der Vergleich zwischen dem ersten und dem zweiten Messzeitpunkt verdeutlicht, dass sich die Beweglichkeit der Patienten in Bezug auf die *Extension* durch die Operation nur geringfügig verschlechtert (EG = 8,82°, *SD* = 5,06; KG = 8,77°, *SD* = 9,59). Im weiteren Verlauf erfolgt

tendenziell eine zunehmende Besserung beider Gruppen, wobei zum vierten Messzeitpunkt einzig die Experimentalgruppe ihren Ausgangswert wieder erreicht bzw. sogar leicht übertrifft (EG = 2,19°, SD = 2,19; KG = 4,26°, 4,26). Der Bewegungsrang im Merkmal *Extension* ist relativ stabil. *Extension* scheint also kein Evaluationskriterium zu sein, in dem sich operationsbedingte bzw. therapiebedingte Veränderungen deutlich niederschlagen. Daher wird es nicht als geeignetes Evaluationskriterium erachtet, um durch Therapie erzielte Erfolge zu messen.

Dieses Zwischenfazit trifft in noch viel deutlicherem Maße auf die *Hyperextension* zu. Mit Ausnahme einer Versuchsperson der Experimentalgruppe zum ersten und zum vierten Messzeitpunkt, die eine Überstreckung von 5° erzielte, verfügten alle anderen Patienten über keine Überstreckung, was sich im Mittelwert von 0° widerspiegelt (vgl. Tab. 19).

Die Ergebnisse in der Hauptstudie zur *Extension* und *Hyperextension* decken sich mit denen der Pilotstudie: *Extension* variiert nur zwischen 0° und 30°, *Hyperextension* zwischen 0° und 5°. Die deskriptivstatistische Auswertung zeigt, dass sich die beiden Merkmale kaum infolge des operativen Eingriffs verändern, sodass in der Folge aufgrund dieser Bilanz von der weiteren inferenzstatistischen Auswertung der *Extension* und der *Hyperextension* abgesehen wird.

Objektives Gangbild: *Gehgeschwindigkeit, Standphasenanteil und Symmetrie*

Die Videoaufzeichnungen des Gangbildes fanden an drei Messzeitpunkten statt: zum ersten, dritten und vierten Messzeitpunkt, also ein Tag vor der Operation, zwei sowie 6 Wochen nach dem Eingriff (vgl. Abschn. 3.4.2.4). Um etwaige Gruppenunterschiede im Gangbild zu erfassen, wurden die Evaluationskriterien *Gehgeschwindigkeit, Standphasenanteil des operierten Beins* und das damit verbundene Verhältnisses zwischen Standphasen- und Schwungphasenanteil sowie *Gangsymmetrie*, operationalisiert durch die prozentuale Differenz des *Standphasenanteils* zwischen operiertem und nichtoperiertem Bein, berechnet. Die Statistiken dieser drei Evaluationskriterien des Gangs (vgl. Abschn. 3.4.2.4) sind in der nachfolgenden Tabelle 20 abgebildet.

Die Standardabweichungen im Merkmal *Gehgeschwindigkeit* belaufen sich beim Vergleich von Experimental- und Kontrollgruppe in Bezug auf die Ausgangswerte (EG = 0,27; KG = 0,22) wie auch im weiteren Verlauf auf ähnliche Werte (Differenz $t_{V1} = 0,05$; $t_{N2} = 0,13$; $t_{N3} = 0,05$), die zwischen 0,16 (EG, t_{N2}) und 0,29 (KG, t_{N2}) schwanken.

Im Bezug auf den *Standphasenanteil* weist die Experimentalgruppe zum ersten Messzeitpunkt in den Standardabweichungen leicht höhere Werte auf als die der Kontrollgruppe (EG = 2,70;

Tabelle 20
Objektives Gangbild bei Patienten mit Schlittenprothese

Schlittenprothese, OBJEKTIVES GANGBILD:		t _{V1}			t _{N2}			t _{N3}		
		<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<i>Gehgeschwindigkeit</i>	EG	9	0,9	0,27	9	0,69	0,16	3	1,19	0,23
	KG	10	0,88	0,22	10	0,59	0,29	6	0,84	0,28
<i>Standphasenanteil</i>	EG	9	65,99	2,70	9	66,12	3,49	3	65,57	0,07
	KG	10	67,04	1,97	10	68,38	6,85	6	64,34	1,71
<i>Symmetrie</i>	EG	9	3,58	3,39	9	4,07	3,38	3	1,41	1,99
	KG	10	3,49	2,51	10	6,3	5,24	6	3,86	3,25

Anmerkungen.

Die Variablen *Gehgeschwindigkeit*, *Standphasenanteil*, *Gangsymmetrie* werden hinsichtlich Fallzahlen, Mittelwerte, Standardabweichungen der Experimental- und Kontrollgruppe spezifiziert. Die *Gangsymmetrie* ist die prozentuale Differenz des *Standphasenanteils* zwischen operiertem und nichtoperiertem Bein. Der Referenzwert beim gesunden Menschen beim *Standphasenanteil* ist 60% und bei der *Gangsymmetrie* 0%.

KG = 1,97). Auffällig ist, dass die sich Standardabweichung in der Kontrollgruppe im weiteren Verlauf der Untersuchung zum dritten Messzeitpunkt mehr als verdreifacht und 6,85 erreicht, zum vierten allerdings wieder auf 1,71 sinkt. Die Streuung der Experimentalgruppe zeigt eine ähnliche Tendenz, sie steigt zum dritten Messzeitpunkt leicht und fällt dann wieder deutlich ab ($SD(t_{V1}) = 2,70$; $SD(t_{N2}) = 3,49$; $SD(t_{N3}) = 0,07$).

Im Bezug auf die *Symmetrie des Gangbildes* weist die Experimentalgruppe, ähnlich wie im Merkmal *Standphasenanteil*, zum ersten Messzeitpunkt in den Standardabweichungen geringfügig höhere Werte auf als die Kontrollgruppe (EG = 3,39; KG = 2,51). Die Streuung in der Kontrollgruppe nimmt im weiteren Verlauf der Untersuchung zum dritten Messzeitpunkt zu ($SD = 5,24$) und sinkt zum vierten Messzeitpunkt wieder auf $SD = 3,25$ ab. Die Streuung der Experimentalgruppe variiert zwischen erstem und drittem Messzeitpunkt gar nicht, sinkt allerdings zum vierten Messzeitpunkt wie jene der Kontrollgruppe etwas ab ($SD(t_{V1}) = 3,39$, $SD(t_{N2}) = 3,38$, $SD(t_{N3}) = 1,99$).

Bei der Analyse der Standardabweichungen der drei Evaluationskriterien zum Gangbild, wie auch bei der Analyse des Merkmals *Flexion*, fällt auf, dass zum dritten Messzeitpunkt, also 2 Wochen nach der Operation, die Gruppen ihre größte Variabilität erreichen, d.h. hier ist derjenige Zeitpunkt, bei dem die individuellen Eigenarten in den postoperativen Beweglichkeitsmerkmalen und –reaktionen durchschlagen.

Die nachfolgende Abbildung 39 verdeutlicht den Verlauf der Mittelwerte in den Variablen *Gehgeschwindigkeit*, *Standphasenanteil* und *Symmetrie* grafisch.

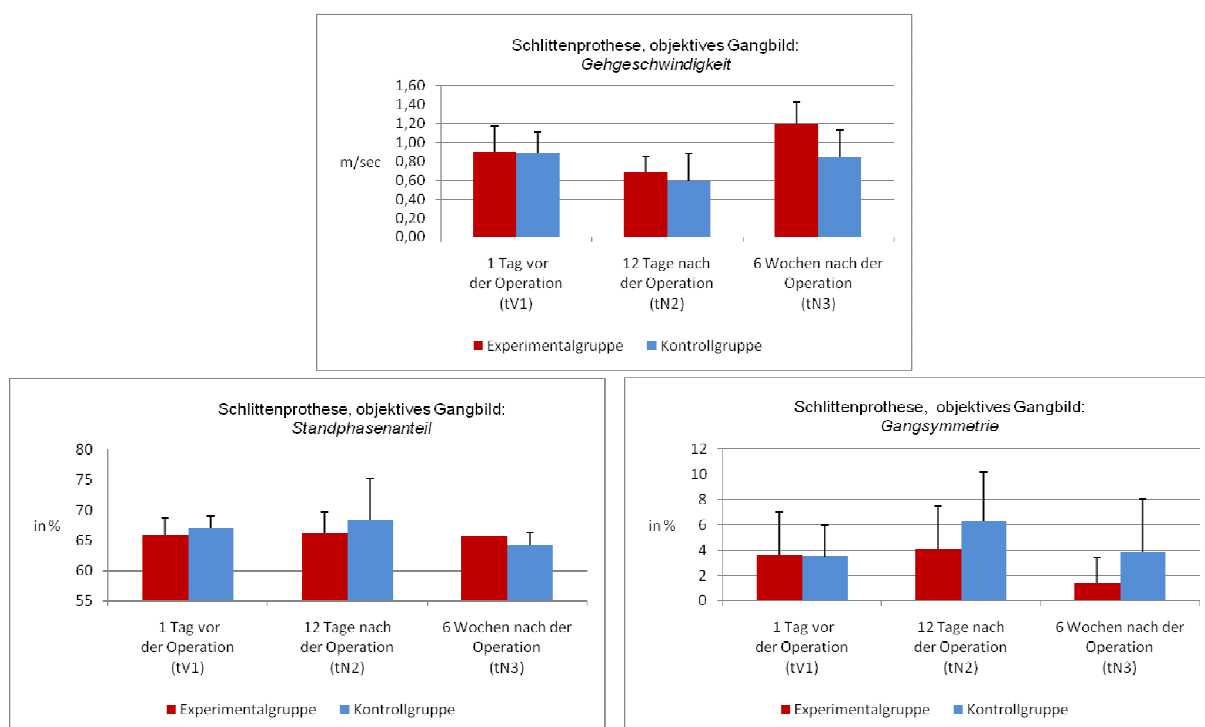


Abbildung 39

Objektives Gangbild bei Patienten mit Schlittenprothese.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen (vertikale Fehlerindikatoren auf den Balken) der Variablen *Gehgeschwindigkeit*, *Standphasenanteil* und *Symmetrie des Gangs* wurden an drei Messzeitpunkten erhoben. Die *Gangsymmetrie* ist die prozentuale Differenz des *Standphasenanteils* zwischen operiertem und nichtoperiertem Bein (Idealwert = 0%).

Die tabellarische (s. Tab. 20) wie auch grafische Abbildung 39 der Mittelwerte des Merkmals *Gehgeschwindigkeit* in den beiden Gruppen zeigen, dass sich die Ausgangswerte der beiden Gruppen (EG = 0,90 m/sec, *SD* = 0,27; KG = 0,88 m/sec, *SD* = 0,22) kaum unterscheiden. Die *Gehgeschwindigkeit* zum dritten Messzeitpunkt (EG = 0,69 m/sec, *SD* = 0,16; KG = 0,59 m/sec, *SD* = 0,29) ist erwartungskonform bei beiden Gruppen in Folge der Operation deutlich geringer im Vergleich mit dem ersten Messzeitpunkt. Auf der Ebene der deskriptiven Statistik kann gezeigt werden, dass die Experimentalgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe zum dritten und zum vierten Messzeitpunkt (EG = 1,19 m/sec, *SD* = 0,23; KG = 0,84 m/sec, *SD* = 0,28), also 12 Tage und 6 Wochen nach der Operation, größere Fortschritte gemacht hat. Man beachte im Intergruppenvergleich die Differenz von 0,10 m/sec zum dritten Messzeitpunkte und von 0,35 m/sec zum vierten Messzeitpunkt zugunsten der Experimentalgruppe. Der Vergleich der Werte des ersten mit dem vierten Messzeitpunkt zeigt, dass die Probanden der Kontrollgruppe das Niveau, das sie vor der Operation hatten nach 6 Wochen Rehabilitation fast wieder erreicht haben ($t_{V1} = 0,88$ m/sec, $t_{N3} = 0,84$ m/sec), während die Probanden der Experimentalgruppe um mehr als 30% schneller als vor der Intervention laufen ($t_{V1} = 0,90$

m/sec, $t_{N3} = 1,19$ m/sec) und damit deutlich größere Fortschritte im Vergleich zur Kontrollgruppe gemacht haben.

Die vorliegenden Gruppenunterschiede zugunsten der Experimentalgruppen können als Hinweis darauf verstanden werden, dass sich das Mentale Training kurzfristig, wie auch langfristig positiv auf das Merkmal *Gehgeschwindigkeit* auswirkt. Einschränkend muss jedoch an dieser Stelle darauf verwiesen werden, dass die Mittelwerte zum vierten Messzeitpunkt in der Experimentalgruppe lediglich auf den Daten von drei Probanden beruhen. Diese Tatsache schränkt die Interpretierbarkeit der Daten deutlich ein.

Die tabellarische (s. Tab. 20) und die grafische Abbildung 39 der Mittelwerte des *Standphasenanteils* in den beiden Gruppen zeigen, dass sich die Ausgangsmittelwerte (EG = 65,99%, $SD = 2,70$; KG = 67,04%, $SD = 1,97$) nur leicht unterscheiden. Während die Experimentalgruppe nur 5,99% von dem Idealwert 60% abweicht, beträgt die Differenz zwischen Istzustand und Sollzustand der Kontrollgruppe 7,04 %.

Betrachtet man den Verlauf auf Gruppenebene, stellt man in der Experimentalgruppe einen eher gleichbleibenden Trend fest: Zeitnah zur Operation, zum dritten Messzeitpunkt gibt es eine minimale Verschlechterung von einer Differenz von 5,99% auf eine Differenz von 6,12% vom Idealwert ($M = 66,12\%$, $SD = 3,49$) und zum vierten Messzeitpunkt ($M = 65,57\%$, $SD = 0,07$) jedoch wieder eine geringe Verbesserung mit 5,57% Abstand zum Idealwert. Sechs Wochen nach der Operation hat die Experimentalgruppe ihren ursprünglichen Anfangswert von einem Tag vor der Operation wieder erreicht. Auch der Verlauf der Kontrollgruppe ist erwartungskonform. Zwei Wochen nach der Operation, zum dritten Messzeitpunkt ($M = 68,83\%$, $SD = 6,85$) besteht eine leichten Verschlechterung im Vergleich zu ihrem Ausgangswert (Differenz zum Idealwert 8,38%) und zum vierten Messzeitpunkt ($M = 64,34\%$, $SD = 1,71$) wieder eine leichte Verbesserung (Differenz zum Idealwert 4,34%).

Insgesamt ist offensichtlich, dass die beiden Gruppen einen tendenziell ähnlichen Verlauf, mit einer Verschlechterung zum dritten und einer Verbesserung zum vierten Messzeitpunkt, haben, dass jedoch die Art der Intervention auf die Verbesserung des *Standphasenanteils* in der vorliegenden Stichprobe wenig Einfluss zu haben scheint. Einschränkend sei an dieser Stelle erneut darauf verwiesen, dass die Mittelwerte zum vierten Messzeitpunkt in der Experimentalgruppe lediglich auf den Daten von drei Probanden beruhen. Dieser Tatsache ist bei der Interpretation der Daten Beachtung zu schenken. Daraus wird im Geltungsbereich dieser Stichprobe vorläufig geschlossen, dass sich die Variable *Standphasenanteil* weniger gut als *Gehgeschwindigkeit* eignet um den Therapieverlauf zu evaluieren. Nachfolgenden Studien bleibt es vorbehalten, diese Schlussfolgerung zu überprüfen.

Die tabellarische (s. Tab. 20) wie auch grafische Abbildung 39 der *Symmetrie* des Gangs, mit den Mittelwerten der Differenz des *Standphasenanteils* zwischen operiertem und nichtoperiertem Bein (in Prozent), zeigen, dass sich die Ausgangsmittelwerte im Vergleich zwischen den Gruppen nicht unterscheiden (EG = 3,58%, KG = 3,49%). Die Experimentalgruppe weicht um 3,58% von Idealwert 0% ab, in der Kontrollgruppe beträgt die Differenz zwischen Istzustand und Sollzustand 3,49%.

Betrachtet man den Verlauf auf Gruppenebene, stellt man in der Experimentalgruppe, zum dritten Messzeitpunkt, also zeitnah zur Operation, eine minimale, erwartungskonforme Zunahme der Differenz (4,07%, $SD = 3,38$) und damit eine leichte Betonung der Asymmetrie des Gangs, zum vierten Messzeitpunkt jedoch wieder eine deutliche Verbesserung mit nur 1,41% ($SD = 1,99$) Abstand zum Idealwert. Sechs Wochen nach der Operation hat die Experimentalgruppe im Durchschnitt ihren ursprünglichen Anfangswert von vor der Operation erreicht und sogar übertroffen ($t_{V1} = 3,58$, $t_{N3} = 1,99$ m/sec). Bei der Betrachtung des Verlaufs der Kontrollgruppe ist zum dritten Messzeitpunkt, zeitnah zur Operation, eine von der Tendenz her erwartungskonforme, allerdings sehr deutliche Verschlechterung im Sinne einer Betonung der Asymmetrie des Gangs im Vergleich zum Ausgangswert mit 6,3% Differenz ($SD = 5,24$) auffällig. Zum vierten Messzeitpunkt verbessert sich die Kontrollgruppe geringfügig, bleibt aber mit 3,86% ($SD = 3,25$) deutlich hinter dem Durchschnitt der Experimentalgruppe (1,41%).

Insgesamt ist offensichtlich, dass sich die beiden Gruppen im langfristigen Verlauf der Intervention dem Idealwert 0% annähern, wozu die Kontrollgruppe wahrscheinlich länger braucht. Auffällig ist, dass sich die mental trainierenden Patienten kaum in der *Gangsymmetrie* zum dritten Messzeitpunkt verschlechtern. Einschränkend sei an dieser Stelle erneut darauf verwiesen, dass die Mittelwerte zum vierten Messzeitpunkt in der Experimentalgruppe lediglich auf den Daten von drei Probanden beruhen. Dieser Tatsache ist bei der Interpretation der Daten Beachtung zu schenken.

Zwischenfazit zu den objektiven abhängigen Variablen (Beweglichkeit/Gangkriterien)

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Unterschiede zugunsten der Patienten der Experimentalgruppe, die sich im Hauptzielkriterium *Flexion* auf deskriptiver Ebene deutlich abzeichnen (vgl. Tab. 19) zum dritten Messzeitpunkt mit besseren Werten in allen drei Gangvariablen (vgl. Tab. 20) einhergehen. So verschlechtern sich die Patienten der mental trainierenden Versuchsgruppe verglichen mit den Patienten der Kontrollgruppe weniger drastisch in Folge der Operation und gehen weniger langsam, haben einen geringeren

Standphasenanteil im operierten Bein sowie eine bessere *Gangsymmetrie*. Der dritte Messzeitpunkt (2 Wochen nach der Operation) kennzeichnet kurzfristige Veränderungen und ist am Ende des stationären Aufenthalts und der supervisierten Intervention angesetzt.

Zum vierten Messzeitpunkt, also 6 Wochen nach der Operation, nähern sich die Werte im Gruppenvergleich wieder mehr an. Mittelfristig bleiben zwar die Vorteile der mentalen Intervention (bessere *Flexion*, bessere *Extension*, bessere *Gehgeschwindigkeit* und besser *Gangsymmetrie*; mit Ausnahme des Merkmals *Standphasenanteil*) bestehen, jedoch weniger deutlich als zum dritten Messzeitpunkt. Es sei darauf hingewiesen, dass sich die Patienten zwischen dem dritten und vierten Messzeitpunkt in der Anschlussheilbehandlung befinden. Hier sind sie in ein straffes physiotherapeutisches Programm eingebunden. Mental trainieren sie nur noch eigenständig. Die Besserung ist sicherlich auch dadurch zu erklären, dass die Genesung im Rehabilitationsverlauf aller Patienten im Laufe der Zeit vorangeht.

Zur weiteren inferenzstatistischen Prüfung wird neben der *Flexion* aus den drei Variablen zum Gang die *Gangsymmetrie* ausgesucht. Diese Entscheidung beruht auf den Vergleich der Kennwerte zum dritten Messzeitpunkt (N: EG = 9, KG = 10). Die Betrachtung des vierten Messzeitpunkts ist aufgrund der kleineren Zellengröße weniger gut geeignet (N: EG = 3, KG = 6). In der *Gangsymmetrie* sind die Gruppenunterschiede am deutlichsten, wie auch die Standardabweichungen am ähnlichsten (EG = 4,07, *SD* = 3,38; KG = 6,3, *SD* = 5,24). In der *Gehgeschwindigkeit* sind die Gruppenunterschiede kleiner als im Merkmal *Gangsymmetrie* (EG = 0,69 m/sec, *SD* = 0,16; KG = 0,59 m/sec, *SD* = 0,29), im *Standphasenanteil* sind die Varianzen im Gruppenvergleich extrem unterschiedlich (EG = 66,12%, *SD* = 3,49; KG = 68,38%, *SD* = 6,85).

Symptome/physische Funktionseinschränkungen: WOMAC-Subskalen *Funktion, Schmerz und Steifigkeit*

Um etwaige Gruppenunterschiede hinsichtlich der Symptome und physischen Funktionseinschränkungen zu erfassen, wurden sowohl die Gesamtmittelwerte aller WOMAC-Skalen als auch die drei Skalen im Einzelnen ausgewertet. Die nachfolgende Tabelle 21 bildet die Verteilungskennwerte der WOMAC-Skalen ab.

Die Standardabweichungen der Kennwerte zu den *Symptomen und physischen Funktionseinschränkungen* belaufen sich beim Vergleich von Experimental- und Kontrollgruppe zum ersten Messzeitpunkt auf ähnliche Werte. Über die Zeit hinweg schwanken sie zwischen 0,65 (*WOMAC alle Skalen*, t_{N3} , KG) und 2,92 (*Funktion*, t_{N2} , KG). Der Vergleich von Experimental- und Kontrollgruppe zu den einzelnen Messzeitpunkten zeigt

Tabelle 21

Symptome und physische Funktionseinschränkungen bei Patienten mit Schlittenprothese

Schlittenprothese, WOMAC:		t _{V1}			t _{N1}			t _{N2}			t _{N3}			t _{N4}		
		n	M	SD	n	M	SD	n	M	SD	n	M	SD	n	M	SD
<i>M aller</i>	EG	11	3,41	1,60	11	4,94	1,59	11	3,14	1,71	7	1,97	0,92	8	1,26	1,05
<i>Skalen</i>	KG	13	4,58	1,75	13	4,96	1,86	13	3,77	1,82	12	2,96	0,65	11	1,62	1,00
<i>Skala</i>	EG	11	3,36	2,20	11	5,69	2,51	11	3,21	1,86	7	1,38	0,84	8	1,05	1,01
<i>Funktion</i>	KG	13	3,68	1,88	13	6,35	2,92	13	3,81	1,84	12	2,72	1,20	11	1,35	1,05
<i>Skala</i>	EG	11	3,24	1,36	11	4,13	1,52	11	2,44	1,28	7	1,23	0,68	8	0,55	1,15
<i>Schmerz</i>	KG	13	4,03	1,91	13	3,44	2,44	13	3,12	2,00	12	2,33	0,92	11	1,15	1,07
<i>Skala</i>	EG	11	3,64	2,06	11	5	2,14	11	3,77	2,43	7	3,29	2,27	8	2,19	2,09
<i>Steifigkeit</i>	KG	13	6,04	2,82	13	5,08	2,60	13	4,38	2,47	12	3,83	1,11	11	2,36	1,57

Anmerkungen.

Die Variablen WOMAC-Skala sowie die Subskalen *Funktion*, *Schmerz* und *Steifigkeit* werden hinsichtlich Fallzahlen, Mittelwerte, Standardabweichungen der Experimental- und Kontrollgruppe spezifiziert. Eine Elfstufige Ratingskala liegt vor (0 = keine, 10 = extreme Funktionsbeeinträchtigung/Schmerzen/Steifigkeit).

ähnliche Werte, die sich in der Regel um 0,40 und weniger unterscheiden. Eine Ausnahme hierbei bilden die Differenzen der Standardabweichungen der Skala *Schmerz* zum zweiten (0,92) und dritten (0,72) Messzeitpunkt sowie der Skala *Steifigkeit* zum ersten (0,76) und vierten Messzeitpunkt (1,16). Bei der Betrachtung der Messzeitpunkte wird die größte Variabilität zum zweiten Messzeitpunkt, bei der Betrachtung der verschiedenen Skalen die größte Variabilität in der Skala *Funktion* erreicht, d.h. hier ist derjenige Zeitpunkt, bei dem die individuellen Eigenarten in den postoperativen Beweglichkeitsmerkmalen und -reaktionen durchschlagen.

Die nachfolgende Abbildung 40 verdeutlicht den Verlauf der WOMAC-Skalen grafisch.

Die tabellarische (s. Tab. 21) wie auch grafische Abbildung 40 der Mittelwerte des Merkmals *Symptome und physischen Funktionseinschränkungen* in den beiden Gruppen zeigen, dass die Ausgangswerte der beiden Gruppen in der Skala *Funktion* (EG = 3,36, SD = 2,20; KG = 3,68, SD = 1,88), wie auch in der Skala *Schmerz* (EG = 3,24, SD = 1,36; KG = 4,03, SD = 1,91) sehr nahe beieinander liegen, allerdings in der Skala *Steifigkeit* große Unterschiede vorliegen (EG = 3,64, SD = 2,06; KG = 6,04, SD = 2,82), die sich wiederum im Gesamtmittelwert der Skalen leicht niederschlagen (EG = 3,41, SD = 1,60; KG = 4,58, SD = 1,75). In allen vier Variablen sind die Ausgangswerte der Experimentalgruppe besser als die der Kontrollgruppe. Ferner wird offenbar, dass sich zum zweiten Messzeitpunkt nahezu alle Werte, mit Ausnahme der Kontrollgruppe in der Subskala *Schmerz* und der Subskala *Steifigkeit*, erwartungskonform verschlechtern, was sich in den deutlich höheren Mittelwerten widerspiegelt (vgl. Tab. 21).

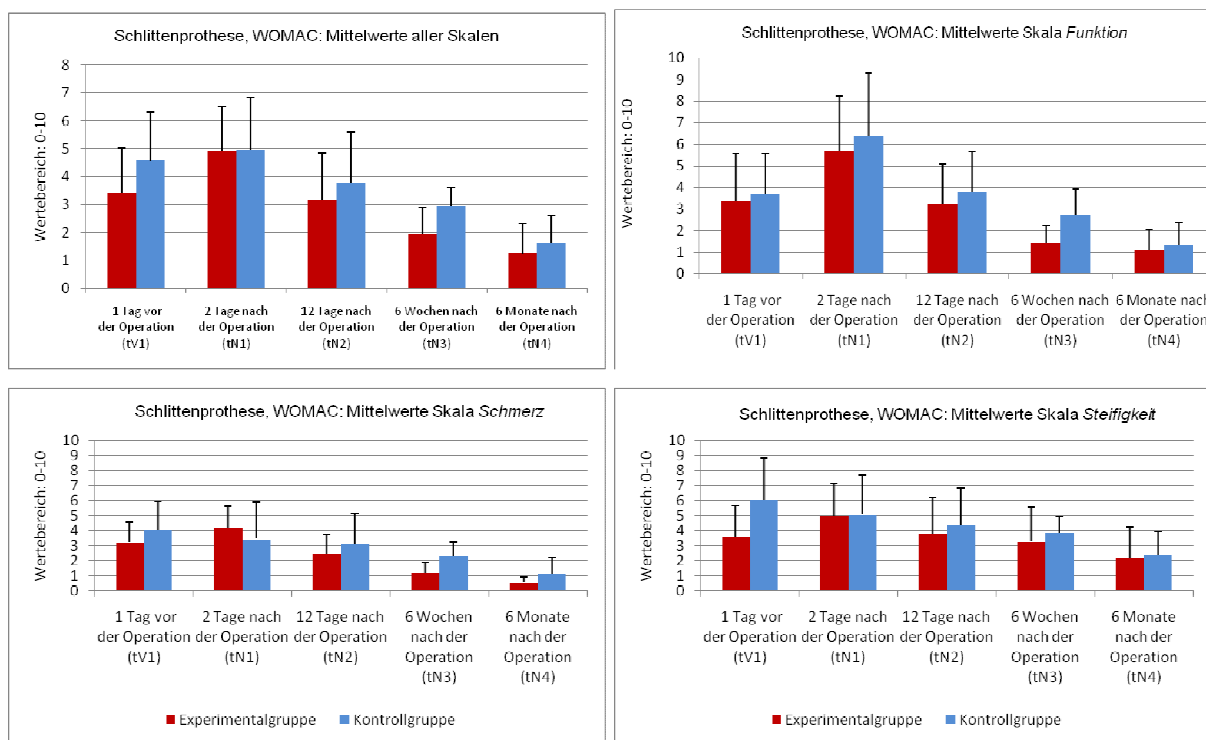


Abbildung 40 *Symptome und physische Funktionseinschränkungen bei Patienten mit Schlittenprothese.* Die Mittelwerte und Standardabweichungen (vertikale Fehlerindikatoren auf den Balken) der Variablen WOMAC-Skala, Subskala *Funktion*, Subskala *Schmerz* und Subskala *Steifigkeit* wurden an fünf Messzeitpunkten erhoben.

Die Datenlage der *Symptome und physischen Funktionseinschränkungen* zum zweiten Messzeitpunkt ist allerdings mit Einschränkungen zu erläutern. Erstens ist die subjektive Einschätzung der *Schmerzen*, möglicherweise auch der *Steifigkeit*, durch die nur zwei Tage zuvor stattgefundenen Operation und der damit verbundenen Analgetikagabe nur bedingt valide. Zweitens gibt es Items der Subskala *Funktion*, die die Probanden nicht beantworten können, da sie die betreffende Bewegung unmittelbar nach der Operation noch nicht ausführen können. Dies trifft bspw. auf das *Gehen auf ebenem Boden* oder das *Treppensteigen* zu. Daraus resultieren fehlende Werte. Die berechneten Mittelwerte haben also in den Subskalen *Funktion* (fehlende Werte aufgrund Nichtdurchführbarkeit = 41,6%) und *Schmerz* (fehlende Werte aufgrund Nichtdurchführbarkeit = 17%) eine geringere Itemzahl als Grundlage, sodass eine Verzerrung der Daten nicht ausgeschlossen werden kann. Bei der inferenzstatistischen Auswertung der einzelnen Messzeitpunkte mittels Diskriminanzanalysen wird aus diesem Grund von der Analyse der Daten zu *Symptome und physischen Funktionseinschränkungen* zum zweiten Messzeitpunkt abgesehen.

Bei der Betrachtung des weiteren Verlaufs fällt auf, dass die Werte über die Messzeitpunkte drei bis fünf, in allen vier Kriterien, unabhängig von der Gruppe wieder abnehmen, was eine Besserung in Bezug auf die drei Evaluationskriterien *Funktion*, *Schmerz* und *Steifigkeit*

widerspiegelt (vgl. Tab. 21). Alle Patienten gewinnen im Laufe der jeweiligen Intervention und der sich anschließenden Rehabilitation an Funktionsfähigkeit im Knie und verspüren weniger Schmerzen sowie weniger Steifigkeit. Auf gruppenspezifischer Ebene zeigt die genaue Betrachtung der Messzeitpunkte drei bis fünf, dass die Probanden der Experimentalgruppe zwar zutreffend für alle Variablen durchgehend, jedoch nur minimal besser abschneiden. Eine Auslegung wird jedoch dadurch erschwert, dass der Vorteil der Experimentalgruppe bereits zum ersten Messzeitpunkt in allen Kriterien vorgefunden wurde. Dieser Tatsache ist daher bei der inferenzstatistischen Auswertung der Daten Beachtung zu schenken. Am deutlichsten ist der Vorteil der Experimentalgruppe unter Einbezug der Ausgangswerte (EG = 3,36, $SD = 2,20$; KG = 3,68, $SD = 1,88$) in der Skala *Funktion* zum vierten Messzeitpunkt mit einer Differenz größer als 1 Skalenschritt (EG = 1,38, $SD = 0,84$; KG = 2,72; $SD = 1,20$). Dieser Vorteil wird daher inferenzstatistisch geprüft.

Subjektive Krankheitsbewältigung: *Depressive Verarbeitung* und *Aktives problemorientiertes Coping*

Um etwaige Gruppenunterschiede in der subjektiven Krankheitsbewältigung zu erfassen, wurden die beiden Subskalen *Depressive Verarbeitung* und *Aktives problemorientiertes Coping* ausgewertet. Die nachfolgende Tabelle 22 bildet die Verteilungskennwerte beider Skalen ab.

Tabelle 22
Subjektive Krankheitsbewältigung bei Patienten mit Schlittenprothese

Schlittenprothese, KRANKHEITS- BEWÄLTIGUNG:	t_{V1}			t_{N1}			t_{N2}			t_{N3}			t_{N4}			
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	
<i>Depressive Verarbeitung</i>	EG	11	1,6	0,55	11	1,6	0,59	11	1,3	0,28	7	1,1	0,23	8	1	0,00
	KG	13	1,6	0,67	13	1,6	0,67	13	1,5	0,5	12	1,6	0,71	11	1,5	0,72
<i>Actives Coping</i>	EG	11	2,8	1,01	11	3,3	0,80	11	3,7	0,68	7	3,3	0,71	8	2,2	1,18
	KG	13	3,9	0,92	13	3,7	1,01	13	3,7	0,87	12	3,5	0,88	11	3	1,41

Anmerkungen.

Die Variablen *Depressive Verarbeitung* und *Aktives problemorientiertes Coping* werden hinsichtlich Fallzahlen, Mittelwerte, Standardabweichungen der Experimental- und Kontrollgruppe spezifiziert. Eine fünfstufige Ratingskala liegt vor (1 = *Aussage trifft gar nicht zu*, 5 = *trifft sehr stark zu*). Je kleiner der numerische Wert der Variablen *Depressive Verarbeitung* bzw. des *Aktiven Copings*, desto weniger *Depressive Verarbeitungstendenz* liegt vor, desto weniger *Aktives Coping* wird angewendet.

Die Kommentierung der Fallzahlen deckt sich mit den obig genannten Informationen zu den *Symptomen und physischen Funktionseinschränkungen*, die sich an Tabelle 21 anschließen.

Die Standardabweichungen im Merkmal *Depressive Verarbeitung* sind in Bezug auf die Ausgangswerte beider Gruppen ähnlich hoch (EG = 0,55; KG = 0,67). Im weiteren Verlauf

schwanken sie zwischen 0,00 (t_{N4} , EG) und 0,72 (t_{N4} , KG). Die Experimentalgruppe weist in den Standardabweichungen zu allen Messzeitpunkten niedrigere Werte auf, als die der Kontrollgruppe. Der Unterschied ist zu den ersten drei Messzeitpunkten minimal (0,12; 0,08; 0,22), zum Messzeitpunkt vier und fünf (0,48; 0,72) wird er geringfügig größer.

Die Standardabweichungen im Merkmal *Aktives problemorientiertes Coping* liegen zum ersten Messzeitpunkt nahe beieinander (EG = 1,01; KG = 0,92). Im weiteren Verlauf schwanken sie zwischen 0,68 (t_{N2} , EG) und 1,18 (t_{N4} , EG). Sie belaufen sich beim Vergleich von Experimental- und Kontrollgruppe zu den jeweiligen Messzeitpunkten auf ähnliche Werte, die sich maximal um 0,23 unterscheiden.

Die nachfolgende Abbildung 41 verdeutlicht den Verlauf der Subskalen zur subjektiven Krankheitsbewältigung grafisch.

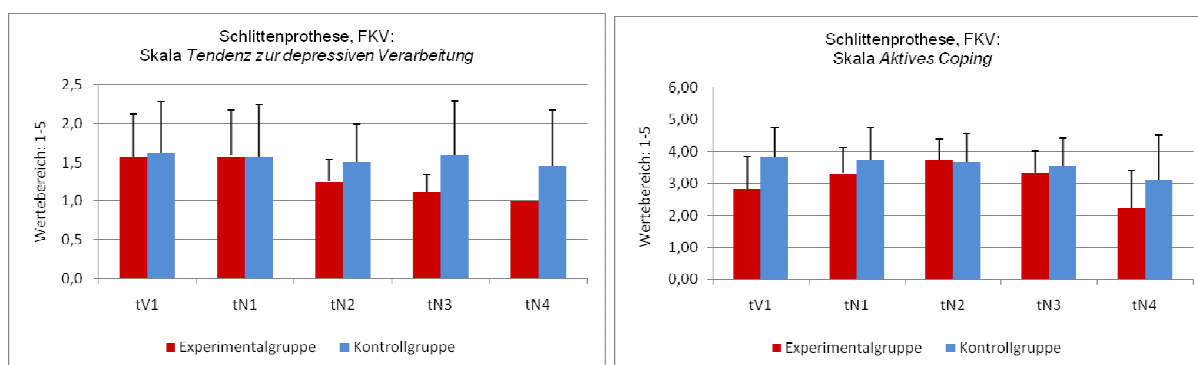


Abbildung 41 *Subjektive Krankheitsbewältigung bei Patienten mit Schlittenprothese.* Die Mittelwerte und Standardabweichungen (vertikale Fehlerindikatoren auf den Balken) der Variablen *Depressive Verarbeitung* und *Aktives problemorientiertes Coping* wurden an fünf Messzeitpunkten erhoben.

In der Selbsteinschätzung der Krankheitsbewältigung durch die Patienten (s. Tab. 22 und Abb. 41) sind die Bewältigungsformen *Aktives problemorientiertes Coping* mit Werte über 3 stärker, die *Depressive Verarbeitung* mit Werte um 1,5 weniger stark ausgeprägt.

Die tabellarische (s. Tab. 22) wie auch grafische Abbildung der Mittelwerte des Merkmals *Depressive Verarbeitung* in den beiden Gruppen zeigen, dass sich die Ausgangsmittelwertwerte der beiden Gruppen (EG = 1,56, $SD = 0,55$; KG = 1,62, $SD = 0,67$) wie auch die Werte zum ersten Messzeitpunkt, also zwei Tage nach der Operation, so gut wie nicht unterscheiden (EG = 1,58, $SD = 0,59$; KG = 1,57, $SD = 0,67$). Im weiteren Verlauf verändert sich dieser Wert in der Kontrollgruppe mit 1,45 ($SD = 0,5$) zum vierten und 1,58 ($SD = 0,71$) zum fünften Messzeitpunkt kaum, allerdings nimmt die Streuung etwas zu. Die Items der Skala *Depressive Verarbeitung* beziehen sich auf die Bewältigung der vorausgegangenen Woche (s. Abschn. 3.4.2.3). Man könnte erwarten, dass im Verlauf der Rehabilitation mit zunehmender Genesung die Werte in diesem situationspezifischen

Konstrukt abnehmen. Die Tendenz zu depressiver Verarbeitung scheint allerdings bei den Patienten der Kontrollgruppe unabhängig vom Zeitpunkt und den entsprechenden Anforderungen relativ stabil zu bleiben. Obwohl die Genesung voranschreitet, wie es die Kennwerte der bisher kommentierten Merkmale, die der *Beweglichkeit*, die des *Gangs* und der *Symptome und physischen Funktionseinschränkungen*, veranschaulichen, neigen die Patienten der Kontrollgruppe im gleichen Maße wie vor der Operation zu depressiver Verarbeitungstendenz. Die Skalenmittelwerte in der Experimentalgruppe verhalten sich hingegen erwartungskonform und sinken im weiteren Verlauf auf der fünfstufigen Skala um weitere 0,5 Punkte ($M(t_{N2}) = 1,25, SD = 0,28; M(t_{N3}) = 1,11, SD = 0,23; M(t_{N4}) = 1, SD = 0$) ab. Dieser Unterschied könnte ein Hinweis darauf sein, dass die Patienten der zusätzlich mental trainierenden Experimentalgruppe über kurz- wie über langfristig eine bessere Krankheitsbewältigung entwickeln. Diese Hypothese benötigt allerdings zu ihrer Stützung noch sehr viel mehr Daten.

Die tabellarische (s. Tab. 22) wie auch grafische Abbildung 41 der Mittelwerte des Merkmals *Aktives problemorientiertes Coping* in den beiden Gruppen zeigen, dass sich die Ausgangsmittelwerte der beiden Gruppen (EG = 2,84, $SD = 1,01$; KG = 3,85, $SD = 0,92$) um 1,0 auf einer fünfstufigen Skala, also relativ stark unterscheiden. Die Probanden der Kontrollgruppe scheinen von vornherein mehr aktive Bewältigungsstrategien anzuwenden.

Die Items der Skala beziehen sich ebenso wie die der Skala *Depressive Verarbeitung* auf die Bewältigung der vorausgegangenen Woche. Bei der näheren Betrachtung der Items zur Erfassung des *Copings*, z.B., „Aktive Anstrengungen zur Lösung der Probleme unternehmen“ (Item 2) oder „Einen Plan machen und danach handeln“ (Item 3), wird einsichtig, dass zum dritten Messzeitpunkt hohe Werte erwartungskonform sind. Man könnte ferner vermuten, dass langfristig (fünfter Messzeitpunkt) im Verlauf der Rehabilitation mit zunehmender Genesung die Werte in diesem situationsspezifischen Konstrukt abnehmen.

Im Verlauf der Kontrollgruppe erfolgt allerdings kaum eine Veränderung des Subskalenmittelwertes *Aktives problemorientiertes Coping*: 3,74 ($SD = 1,01$) zum zweiten, 3,68 ($SD = 0,87$) zum dritten, 3,53 ($SD = 0,88$) zum vierten und 3,0 ($SD = 1,41$) zum fünften Messzeitpunkt. Die Tendenz zu Coping scheint also bei den Patienten der Kontrollgruppe unabhängig vom Zeitpunkt und den entsprechenden Anforderungen relativ stabil zu sein und verhält sich damit analog zur Tendenz zu *Depressiver Verarbeitung*.

In der Experimentalgruppe steigen die Skalenmittelwerte zum zweiten Messzeitpunkt etwas an (3,31, $SD = 0,80$), erreichen zum dritten Messzeitpunkt, also zum Zeitpunkt der Entlassung aus der Klinik, ihren Höhepunkt mit 3,71 ($SD = 0,28$), sinken dann im weiteren Verlauf

wieder etwas ab (3,31, $SD = 0,71$) und erreichen zum letzten Messzeitpunkt mit 2,2 ($SD = 1,18$) ihren Tiefstwert. Die Differenz zwischen Ausgangswert und Endwert entspricht auf der fünf-stufigen Skala 0,64 Punkte ($M(t_{V1}) = 2,84$; $M(t_{N4}) = 2,2$). Dieser Verlauf ist ein Hinweis darauf, dass die Patienten der zusätzlich mental trainierenden Experimentalgruppe zum Zeitpunkt ihrer Entlassung aus der Klinik, dem dritten Messzeitpunkt am stärksten aktive Bewältigungsstrategien anwenden. Nach der Anschlussheilbehandlung und ½ Jahr später, also zu den letzten beiden Messzeitpunkten unternehmen sie, ebenso wie die Kontrollgruppen es tendenziell auch tun, weniger Bewältigung bezüglich der Erkrankung, möglicherweise weil die Genesung bereits fortgeschritten ist. Dieser Vergleich der Daten zwischen dem ersten und dem letzten Messzeitpunkt könnte ein Hinweis darauf sein, dass die Patienten der zusätzlich mental trainierenden Experimentalgruppe über langfristig eine bessere Krankheitsbewältigung entwickeln. Diese Hypothese benötigt allerdings zu ihrer Stützung noch sehr viel mehr Daten. Aus der Betrachtung der deskriptiven Daten zu den beiden Subskalen wird deutlich, dass sich die Kontrollgruppen in beiden Subskalen des Konstrukts *Krankheitsbewältigung* im Verlauf der Intervention nicht verbessern, wohingegen die Experimentalgruppen in Bezug auf die Tendenz zu *Depressiver Verarbeitung* über die letzten drei Messzeitpunkte hinweg, also sowohl kurz- wie auch langfristig, hinsichtlich des *Aktiven Copings* im Vergleich von erstem zu letztem Messzeitpunkt, also langfristig verbessern.

Patientenzufriedenheit

Um etwaige Gruppenunterschiede in der *Patientenzufriedenheit* zu erfassen, wurde die allgemeine Zufriedenheit mit der stationären Versorgung in der ATOS-Praxisklinik ausgewertet. Die nachfolgende Tabelle 23 bildet die statistischen Kennwerte beider Skalen ab.

Tabelle 23
Patientenzufriedenheit bei Patienten mit Schlittenprothese

Schlittenprothese	t_{N2}			t_{N3}			t_{N4}			
		<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<i>Patientenzufriedenheit</i>	EG	11	3,94	0,12	7	3,89	0,18	8	3,83	0,37
	KG	13	3,86	0,26	12	3,75	0,35	11	3,7	0,34

Anmerkungen.

Die Variable *Patientenzufriedenheit* mit der stationären Versorgung in der ATOS-Praxisklinik wird hinsichtlich Fallzahlen, Mittelwerte, Standardabweichungen der Experimental- und Kontrollgruppe spezifiziert. Es liegt eine vierstufige Ratingskala vor (1 = *unzufrieden* bis 4 = *sehr zufrieden*).

Die Kommentierung der Fallzahlen deckt sich mit den obig genannten Informationen zu den Messzeitpunkten vier, fünf und sechs des Merkmals *Symptomen und physischen Funktionseinschränkungen*, die sich an Tabelle 21 anschließen.

Die Standardabweichungen im Merkmal *Patientenzufriedenheit* belaufen sich beim Vergleich von Experimental- und Kontrollgruppe zum ersten Messzeitpunkt (EG = 0,12; KG = 0,26) wie auch im weiteren Verlauf auf ähnlich kleine Werte um 0,30. Auffällig ist, dass die größte Variabilität in der Experimentalgruppe zum fünften Messzeitpunkt (0,37), in der Kontrollgruppe zum vierten (0,35) und fünften (0,34) Messzeitpunkt erreicht wird.

In der vorliegenden Stichprobe zeigt sich eine deutliche Linksschiefe der Verteilung, was überwiegend „zufriedenen“ Patienten entspricht. Die Maße der zentralen Tendenz sind deutlich nach rechts verschoben, d.h. höhere Zufriedenheitsscores traten deutlich häufiger auf als niedrige Scores. So kreuzten Patienten beider Gruppen auf der vierstufigen Ratingskala (1 = *unzufrieden*; 4 = *sehr zufrieden*) die Antwortmöglichkeit 1 und 2 zu keinem der Messzeitpunkte an. Dies soll exemplarisch in Bezug auf den ersten Messzeitpunkt anhand der Häufigkeiten verdeutlicht werden. Die Patienten der Kontrollgruppe kreuzten zu 86,5% die 4 an, zu 13,5% die 3. Patienten der Experimentalgruppe kreuzten in 94,3% der Fälle die 4 an und nur in 5,7% die 3 an.

Die nachfolgende Abbildung 42 verdeutlicht den zeitlichen Verlauf auf der Zufriedenheits-Skala grafisch.

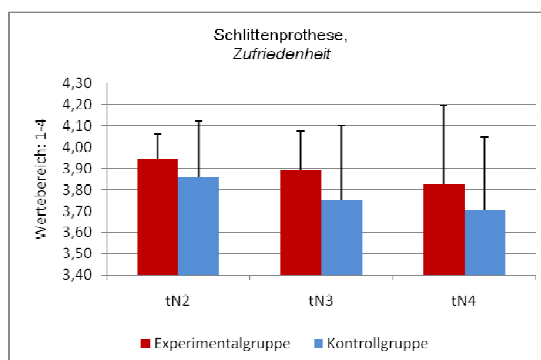


Abbildung 42 *Patientenzufriedenheit bei Patienten mit Schlittenprothese.* Die Mittelwerte und Standardabweichungen (vertikale Fehlerindikatoren auf den Balken) der Variablen *Patientenzufriedenheit mit der stationären Versorgung in der ATOS-Praxisklinik* wurden zu den letzten drei Messzeitpunkten erhoben.

Die tabellarische (s. Tab. 23) wie auch grafische Abbildung 42 der Mittelwerte des Merkmals *Patientenzufriedenheit* in den beiden Gruppen zeigen, dass sich die Ausgangsmittelwertewerte der beiden Gruppen (EG = 3,94; KG = 3,86) um nur 0,08 auf einer vierstufigen Skala, also minimal bzw. wahrscheinlich zufällig unterscheiden. Auch im weiteren Verlauf verändern sich die Mittelwerte beider Gruppen nur geringfügig. Allerdings fällt auf, dass mit zunehmender zeitlicher Entfernung zur Operation und dem damit verbundenen stationären Aufenthalt die Mittelwerte beider Gruppen leicht sinken und die Standardabweichungen leicht zunehmen.

Nachhaltigkeit der Intervention und Aspekte des Therapieprozesses

Das hierbei eingesetzte Instrument (s. Abschn. 3.4.2.3 und Tab. 16) wurde als pilotierendes Verfahren entwickelt, um die studienspezifischen Bedingungen besser beleuchten zu können. Die damit gewonnenen Daten haben lediglich beschreibenden Charakter und werden aus diesem Grund nicht in die inferenzstatistische Analyse aufgenommen.

Die Kommentierung der Fallzahlen in den nachfolgenden Tabellen 24 - 27 zur *Nachhaltigkeit* und zum *Therapieprozess* deckt sich mit den obig genannten Informationen zu den Messzeitpunkten vier, fünf und sechs des Merkmals *Symptomen und physischen Funktionseinschränkungen*, die sich an Tabelle 21 anschließen. Entgegen der bisherigen Struktur werden zur *Nachhaltigkeit* und zum *Therapieprozess* die Standardabweichungen nicht in einem eigenen Abschnitt kommentiert, Auffälligkeiten werden in die Diskussion der Mittelwerte integriert. Auf eine grafische Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen wird verzichtet.

Um etwaige Gruppenunterschiede in der *Nachhaltigkeit* der Intervention und in den spezifischen Aspekten des *Therapieprozesses* abzubilden, wurden die Statistiken zur *aktuellen Relevanz verschiedener Inhalte aus der Rehabilitation im Alltag* und zur *individuellen Zielerreichung* ausgewertet (s. Tab. 24).

Tabelle 24

Nachhaltigkeit und Aspekte des Therapieprozesses bei Patienten mit Schlittenprothese, Teil 1

Schlittenprothese, NACHHALTIGKEIT/THERAPIEP.:	t _{N2}			t _{N3}			t _{N4}			
		<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<i>Aktuelle Relevanz der Reha- inhalte im Alltag</i>	EG	10	3,70	0,35	7	3,64	0,38	8	3,56	0,56
	KG	13	3,35	0,47	13	3,23	0,39	11	3,32	0,56
<i>Zielerreichung</i>	EG	10	3,20	0,48	7	3,36	0,56	8	2,75	0,46
	KG	13	3,19	0,56	13	2,92	0,67	11	2,64	0,84

Anmerkungen.

Die Variablen *Aktuelle Relevanz der Inhalte aus der Rehabilitation im Alltag* und *Zielerreichung* werden hinsichtlich Fallzahlen, Mittelwerte, Standardabweichungen der Experimental- und Kontrollgruppe spezifiziert. Eine vierstufige Ratingskala (1 = geringe Ausprägung; 4 = hohe Ausprägung) liegt vor.

Betrachtet man die Daten der Experimentalgruppe im Verlauf, fällt auf, dass die *Relevanz der Inhalte aus der Rehabilitation im Alltag* zum dritten Messzeitpunkt, also 2 Wochen nach der Operation, am höchsten zu sein scheint (3,70, *SD* = 0,35), wobei 6 Wochen (3,64, *SD* = 0,38) und sechs Monate nach der Operation (3,56, *SD* = 0,56) die Bedeutsamkeit immer noch als sehr hoch eingeschätzt wird. In der Experimentalgruppe interessiert das zusätzliche Item zur Beurteilung der *Relevanz des Mentalen Gehtrainings im Alltag* (vgl. Abschn. 3.4.2.3). Auch hier spiegelt sich die Tendenz, dass mit zunehmender Zeit die Relevanz minimal abnimmt (t_{N2}

= 2,43, $SD = 0,98$; $t_{N3} = 2,40$, $SD = 1,14$; $t_{N4} = 1,83$, $SD = 0,41$). Im Vergleich zu den Rehabilitationsinhalten im Allgemeinen (vgl. Tab. 24) fallen die Mittelwerte allerdings etwas niedriger aus. Die Probanden der Kontrollgruppen bewerten die Inhalte aus der Rehabilitation im Vergleich zur Experimentalgruppe zu jedem Messzeitpunkt niedriger ($t_{N2} = 3,35$, $SD = 0,47$; $t_{N3} = 3,23$, $SD = 0,39$, $t_{N4} = 3,32$, $SD = 0,56$).

Hinsichtlich des *Erreichens der Rehabilitationsziele*, die sich die Patienten vor der Operation zusammen mit dem Interventionsleiter gesetzt haben (vgl. Abschn. 3.1.2), unterscheiden sich die Gruppenmittelwerte beim dritten Messzeitpunkt (EG = 3,20, $SD = 0,48$; KG = 3,19, $SD = 0,56$) nicht. Sowohl die Patienten der Experimentalgruppe als auch die der Kontrollgruppe beantworten die Frage nach dem Erreichen der Ziele im Schnitt mit 3 = *eher ja bzw. 4 = eindeutig ja*. Während die Experimentalgruppe die höchsten Werte zum vierten Messzeitpunkt erreichen (3,36, $SD = 0,56$) und zum fünften die sehr hohe Einschätzung wieder etwas nach unten revidieren (2,75, $SD = 0,46$), sinken die Mittelwerte der Kontrollgruppe kontinuierlich unter 3 ab ($t_{N3} = 2,92$, $SD = 0,67$; $t_{N4} = 2,64$, $SD = 0,84$).

Um etwaige Gruppenunterschiede in der *Nachhaltigkeit* der Intervention und in den spezifischen Aspekten des *Therapieprozesses* abzubilden, wurden ferner die Verteilungskennwerte zur Einschätzung der *aktuellen Gehfähigkeit* berechnet (s. Tab. 25). Das Merkmal *Gang* umfasst die subjektive Einschätzung des Istzustands der Gehbewegung, das Merkmal *Sollzustand Gangbild* umfasst das Wissen über die optimale Gehbewegung (vgl. Abschn. 2.1.1 und 3.1.2).

Tabelle 25
Nachhaltigkeit und Aspekte des Therapieprozesses bei Patienten mit Schlittenprothese, Teil 2

Schlittenprothese, NACHHALTIGKEIT/THERAPIEP.: <i>Aktuelle Gehfähigkeit:</i>	t_{N2}			t_{N3}			t_{N4}			
		<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<i>Gang</i>	EG	10	2,20	0,71	7	2,64	0,48	8	2,69	0,59
	KG	13	1,96	0,63	13	2,12	0,65	11	2,55	0,76
<i>Sollzustand Gangbild</i>	EG	10	3,39	0,55	7	3,71	0,27	8	3,31	0,75
	KG	13	3,50	0,65	13	3,31	0,66	11	3,50	0,63

Anmerkungen.

Die Variablen *Gang* und *Sollzustand Gangbild* werden hinsichtlich Fallzahlen, Mittelwerte, Standardabweichungen der Experimental- und Kontrollgruppe spezifiziert. Eine vierstufige Ratingskala (1 = geringe Ausprägung; 4 = hohe Ausprägung) liegt vor.

Je höher der Mittelwert in der Variablen *Gang* ausfällt, desto weniger Unsicherheiten beim Gehen, Gehfehler oder Schonhaltungen liegen vor. Die Einschätzung der Experimentalgruppe fällt diesbezüglich zu allen drei Messzeitpunkten besser aus als die der Kontrollgruppe. Beide Gruppen weisen im zeitlichen Verlauf steigende Werte auf.

Hinsichtlich des Wissens über den *Sollzustand der Gehbewegung* erreicht die Experimentalgruppe zum vierten Messzeitpunkt, also 6 Wochen nach der Operation, ihren Bestwert von 3,71 ($SD = 0,27$). Bei der Kontrollgruppe liegt der Höchstwert etwas darunter mit 3,50 zum dritten ($SD = 0,65$) sowie zum fünften Messzeitpunkt ($SD = 0,63$).

Die Vorteile der Experimentalgruppe spiegeln sich auch in den Daten zur Zielerreichung (vgl. Tab. 24) wieder. Das Item zum therapeutischen Erfolg in Bezug auf die Wiedererlangung der Gehfähigkeit wird durchweg von den Probanden, die am Mentalen Training teilnehmen, höher bewertet (t_{N2} : $M = 3,67$, $SD = 0,50$; t_{N3} : $M = 3,57$, $SD = 0,53$; t_{N4} : $M = 3,63$, $SD = 0,52$) als von denen der Kontrollgruppe (t_{N2} : $M = 3,15$, $SD = 0,55$; t_{N3} : $M = 3,08$, $SD = 0,49$; t_{N4} : $M = 3,27$, $SD = 0,65$). Es sei darauf hingewiesen, dass keine inferenzstatistische Absicherung gegen den Zufall vorliegt.

Um etwaige Gruppenunterschiede in der *Nachhaltigkeit* der Intervention und in den spezifischen Aspekten des *Therapieprozesses* abzubilden, wurden die Statistiken zur Evaluation der *Therapieinhalte* analysiert (s. Tab. 26).

Tabelle 26

Nachhaltigkeit und Aspekte des Therapieprozesses bei Patienten mit Schlittenprothese, Teil 3

Schlittenprothese, NACHHALTIGKEIT/ THERAPIEPROZESS: <i>Therapieinhalte</i>	t_{N2}				t_{N3}				t_{N4}				
	<i>n</i>	<i>ja</i> ¹	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>ja</i> ¹	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>ja</i> ¹	<i>M</i>	<i>SD</i>	
<i>Entspannungstherapie</i>	EG	7	3	3,00	0,0	5	2	3,00	0,0	6	2	3,50	0,71
	KG	12	1	3,00	-	12	1	3,00	-	9	2	3,00	0,0
<i>Krankengymnastik</i>	EG	0	10	4,00	0,0	0	7	4,00	0,0	1	7	4,00	0,0
	KG	0	13	3,58	0,51	0	13	3,69	0,48	0	11	3,55	0,52
<i>Physikalische Anwendungen</i>	EG	0	10	3,70	0,67	0	7	3,57	0,79	2	6	4,00	0,0
	KG	3	10	3,67	0,50	2	11	3,73	0,47	2	9	3,67	0,50
<i>Mentales Gehtraining</i>	EG	0	10	4,00	0,0	0	7	4,00	0,0	1	7	3,86	0,38
	KG	0	13	3,42	0,51	0	13	3,46	0,52	2	9	3,44	0,53
<i>Muskelaufbautraining</i>	EG	3	7	4,00	0,0	1	6	4,00	0,0	5	3	4,00	0,0
	KG	8	5	2,80	0,84	5	8	3,00	0,76	5	6	3,33	0,52
<i>Aquajogging</i>	EG	9	1	4,00	-	4	3	2,67	0,58	6	2	4,00	0,0
	KG	11	2	3,50	0,71	9	4	3,25	0,50	5	6	3,33	0,52

Anmerkungen.

Die Variablen zu den *Therapieinhalten* werden hinsichtlich Fallzahlen, Mittelwerte, Standardabweichungen der Experimental- und Kontrollgruppe spezifiziert.

¹ Darin ist: Rating Teilnahme *nein (n) /ja (j)*; wenn *ja*, vierstufige Bewertung: 1 = *wirkte erschwerend* bis 4 = *half sehr*.

Die Evaluation der *Therapieinhalte* bezieht sich zum dritten Messzeitpunkt auf die postoperative Rehabilitation in der ATOS-Praxisklinik, zum vierten auf die Rehabilitation in

der Anschlussheilbehandlung in der Rehabilitationsklinik ihrer Wahl und zum fünften Messzeitpunkt auf die sich am Wohnort der Patienten anschließenden Rehabilitation.

Die Evaluation der *Therapieinhalte* in der ATOS-Praxisklinik (t_{N2}) ergab, dass alle Patienten an *Krankengymnastik*, an *physikalischen Anwendungen* und *Gehtraining* teilnahmen. Die Effektivität wurde hierbei als besonders hoch eingeschätzt, wobei die Probanden der Experimentalgruppe einhellig *Krankengymnastik* und *Mentales Gehtraining* durchschnittlich mit 4,0 ($SD = 0,0$) und *physikalische Anwendungen* mit 3,70 ($SD = 0,67$) bewerteten, während die Kontrollgruppe alle drei Behandlungsmaßnahmen (*Krankengymnastik*: $M = 3,58$, $SD = 0,51$; *physikalische Anwendungen*: $M = 3,67$, $SD = 0,50$; *Gehtraining*: 3,42 $SD = 0,51$) etwas niedriger einschätzten. Am Muskelaufbautraining nahm etwas mehr die Hälfte der Probanden teil (EG 7 von $n = 10$, KG 5 von $n = 13$). Die Wirksamkeit dieser Behandlung wurde von der Experimentalgruppe mit 4,0 ($SD = 0,0$) als sehr hoch eingeschätzt, von der Kontrollgruppe hingegen als deutlich niedriger ($M = 2,80$, $SD = 0,84$) bewertet. Entspannungstraining und Aquajogging wurden am wenigsten praktiziert.

Die Evaluation der *Therapieinhalte* in der Anschlussheilbehandlung (t_{N3}) ergab erneut, dass alle Patienten an *Krankengymnastik*, an *physikalischen Anwendungen* und *Gehtraining* teilnahmen. Die Effektivität wurde hierbei als besonders hoch eingeschätzt, wobei die Probanden der Experimentalgruppe erneut einhellig *Krankengymnastik* und *Mentales Gehtraining* durchschnittlich mit 4,0 ($SD = 0,0$) und *physikalische Anwendungen* mit 3,57 ($SD = 0,79$) etwas niedriger als zum dritten Messzeitpunkt bewerteten, während die Kontrollgruppe alle drei Behandlungsmaßnahmen (*Krankengymnastik*: $M = 3,69$, $SD = 0,48$; *physikalische Anwendungen*: $M = 3,57$, $SD = 0,79$; *Gehtraining*: 3,46, $SD = 0,52$) etwas niedriger einschätzten. Am Muskelaufbautraining nahm ca. die Hälfte der Probanden teil (EG 6 von $n = 7$, KG 8 von $n = 13$). Die Wirksamkeit dieser Behandlung wurde wie auch zum dritten Messzeitpunkt von der Experimentalgruppe mit 4,0 ($SD = 0,0$) als sehr hoch eingeschätzt, von der Kontrollgruppe hingegen als deutlich niedriger ($M = 3,0$, $SD = 0,76$) bewertet. Entspannungstraining und Aquajogging wurden auch in der Anschlussheilbehandlung am wenigsten praktiziert.

Die Evaluation der *Therapieinhalte* der sich am Wohnort der Patienten anschließenden Rehabilitation (t_{N4}) ergab, dass die meisten Patienten noch an *Krankengymnastik* (EG 7 von $n = 8$, KG 11 von $n = 11$) und viele an *physikalischen Anwendungen* (EG 6 von $n = 8$, KG 9 von $n = 11$) und *Gehtraining* (EG 7 von $n = 8$, KG 9 von $n = 11$) teilnahmen. Die Effektivität wurde hierbei als besonders hoch eingeschätzt, wobei die Probanden der Experimentalgruppe einhellig *Krankengymnastik* und *physikalische Anwendungen* durchschnittlich mit 4,0 ($SD =$

0,0) und *Mentales Gehtraining* mit 3,86 ($SD = 0,38$) etwas niedriger als zum dritten und vierten Messzeitpunkt bewerteten, während die Kontrollgruppe alle drei Behandlungsmaßnahmen (*Krankengymnastik*: $M = 3,55$, $SD = 0,52$; *physikalische Anwendungen*: $M = 3,67$, $SD = 0,50$; *Gehtraining*: 3,44, $SD = 0,53$) erneut etwas niedriger einschätzten. Am Muskelaufbautraining nahm wieder ca. die Hälfte der Probanden teil (EG 3 von $n = 8$, KG 6 von $n = 11$). Die Wirksamkeit dieser Behandlung wurde wie auch zum dritten Messzeitpunkt von der Experimentalgruppe mit 4,0 ($SD = 0,0$) als sehr hoch eingeschätzt, von der Kontrollgruppe hingegen als deutlich niedriger ($M = 3,0$, $SD = 0,76$) bewertet. Entspannungstraining und Aquajogging wurden auch in der Anschlussheilbehandlung am wenigsten praktiziert.

In dem Fragebogen wurden die Probanden aufgefordert *weitere Behandlungsmethoden* zu nennen, die sie angewendet haben und diese zu bewerten. Zum dritten Messzeitpunkt nannte eine Versuchsperson der Kontrollgruppe *Wärmebehandlung* (Bewertung 3, auf der vierstufigen Skala mit 1 = *half nicht* bis 4 = *half sehr*). Zum vierten Messzeitpunkt machten vier Probanden der Kontrollgruppe folgende Angaben, die alle mit 4 bewertet wurden: *Wirbelsäulengymnastik*, *Bewegungsschiene*, *Bäder*, *therapeutische Gruppensitzungen für Knieendoprothesepatienten*. Zum fünften Messzeitpunkt nannten zwei Probanden der Experimentalgruppe *Radfahren/Schwimmen* (Bewertung 4) und *Radfahren* (Bewertung 4).

Auffällig ist bei der Betrachtung der Mittelwerte, dass die Probanden der Experimentalgruppen zu jedem Messzeitpunkt ausnahmslos alle Behandlungsmethoden um bis zu 1,2 Punktwerte effektiver einschätzen als die Probanden der Kontrollgruppen.

Um die *Nachhaltigkeit* der Intervention und in den spezifischen Aspekten des *Therapieprozesses* besser abbilden zu können, wurden der *Gesundheitszustandes* und die damit verbundene *beruflichen Funktionsfähigkeit* erfasst (s. Tab. 27).

Zum dritten Messzeitpunkt konnten die Daten von 10 Probanden in der Experimentalgruppe (davon fünf Berufstätige, sieben Rentner/Innen, ein/e Hausmann/Hausfrau) und 13 in der Kontrollgruppe (davon sechs Berufstätige, sieben Rentner/Innen) erfasst werden. Die Berufstätigen der Experimentalgruppe gaben an durchschnittlich 30,2 Stunden/Woche ($SD = 25,15$; $Min = 3$; $Max = 65$) zu arbeiten. 4 von 5 waren aufgrund der Knieerkrankung arbeitsunfähig. Die Berufstätigen der Kontrollgruppe gaben an im Schnitt 43 Stunden/Woche ($SD = 8,67$; $Min = 30$; $Max = 55$) zu arbeiten. 5 von 6 waren aufgrund der Knieerkrankung arbeitsunfähig.

Zum vierten Messzeitpunkt liegen die Daten von sieben Probanden in der Experimentalgruppe (davon drei Berufstätige, vier Rentner/Innen) und 13 in der

Kontrollgruppe (davon sechs Berufstätige, sieben Rentner/Innen) vor. Die Berufstätigen der Experimentalgruppe gaben an durchschnittlich 19,3 Stunden/Woche ($SD = 18,88$; $Min = 3$; $Max = 40$) zu arbeiten. 2 von 3 waren aufgrund der Knieerkrankung arbeitsunfähig. Die Berufstätigen der Kontrollgruppe gaben an im Schnitt 43 Stunden/Woche ($SD = 8,67$; $Min = 30$; $Max = 55$) zu arbeiten. 4 von 6 waren aufgrund der Knieerkrankung arbeitsunfähig.

Tabelle 27

Nachhaltigkeit und Aspekte des Therapieprozesses bei Patienten mit Schlittenprothese, Teil 4

Schlittenprothese, NACHHALTIGKEIT/ THERAPIEPROZESS:	t_{N2}		t_{N3}		t_{N4}				
	<i>n</i>	<i>H</i>	<i>Arbeits- unfähig¹</i>	<i>n</i>	<i>H</i>	<i>Arbeits- unfähig¹</i>	<i>n</i>	<i>H</i>	<i>Arbeits- unfähig¹</i>
<i>Gesundheitszustand und berufliche Funktionsfähigkeit</i>	EG	10		7			8		
<i>Berufstätige</i>			5	4		3	2		3
<i>Rentner/In, Pensionär/In</i>			4			4			4
<i>Hausmann/Hausfrau</i>			1			-			1
	KG	13		13			11		
<i>Berufstätige</i>			6	5		6	4		5
<i>Rentner/In, Pensionär/In</i>			7			7			6
<i>Hausmann/Hausfrau</i>			-			-			-

Anmerkungen.

Die Variablen *Gesundheitszustand und berufliche Funktionsfähigkeit* werden hinsichtlich Fallzahlen, Mittelwerte, Standardabweichungen der Experimental- und Kontrollgruppe spezifiziert.

¹Die Variable *Arbeitsunfähigkeit* bezieht sich nur auf berufstätige Patienten.

Zum fünften Messzeitpunkt konnten die Daten von acht Probanden in der Experimentalgruppe (davon drei Berufstätige, vier Rentner/Innen, ein/e Hausmann/Hausfrau) und 11 in der Kontrollgruppe (davon fünf Berufstätige, sechs Rentner/Innen) erfasst werden. Die Berufstätigen der Experimentalgruppe arbeiteten durchschnittlich 27,7 Stunden/Woche ($SD = 32,88$; $Min = 3$; $Max = 65$). Niemand mehr war arbeitsunfähig. Die Berufstätigen der Kontrollgruppe arbeiteten im Schnitt 40,6 Stunden/Woche ($SD = 12,28$; $Min = 20$; $Max = 50$). Auch hier war $\frac{1}{2}$ Jahr nach der Operation niemand mehr arbeitsunfähig.

Die Befragung zum *Gesundheitszustandes* und der damit verbundenen *beruflichen Funktionsfähigkeit* ergab, dass alle Probanden ihren beruflichen Status von vor der Operation auch nach der Operation, zu jedem der Messzeitpunkte, erhalten konnten. Zu keinem der Zeitpunkt gab es Arbeitslosigkeit. Arbeitsunfähigkeit gab es nur zum dritten und vierten Messzeitpunkt. Diesbezüglich gab es zwischen den Gruppen keine Unterschiede.

Vorstellungsfähigkeit

Um die Vorstellungsfähigkeit der Patienten der Experimentalgruppe zu evaluieren (vgl. Abschn. 3.4.2.3), wurden die beiden Subskalen *Visuelle Vorstellungsfähigkeit* und

Kinästhetische Vorstellungsfähigkeit ausgewertet. An dieser Stelle sei erneut darauf hingewiesen, dass das adaptierte Instrument als Pilot-Verfahren (s. Abschn. 3.4.2.3) eingesetzt wurde. Die damit gewonnenen Daten haben lediglich vorläufigen, heuristischen Charakter und sollen daher lediglich auf deskriptivstatistischer Ebene ausgewertet werden. Zusätzlich werden die Ergebnisse der Korrelationsanalyse vorgestellt.

Die nachfolgende Tabelle 28 bildet die Verteilungskennwerte beider Skalen ab.

Tabelle 28
Vorstellungsfähigkeit bei Experimentalgruppenpatienten mit Schlittenprothese

Schlittenprothese		t _{V1}			t _{N1}			t _{N2}			t _{N3}			t _{N4}		
		n	M	SD	n	M	SD	n	M	SD	n	M	SD	n	M	SD
<i>Visuelle Vorstellungsf.</i>	EG	11	4,52	0,98	11	4,64	1,07	11	5,32	1,06	7	5,18	0,98	8	5,63	0,87
<i>Kinästhetische Vorstellungsf.</i>	EG	11	4,25	0,71	11	4,50	1,17	11	5,23	1,29	7	5,14	1,31	8	5,53	0,97

Anmerkungen.

Die Variablen *Visuelle* und *Kinästhetische Vorstellungsfähigkeit* werden hinsichtlich Fallzahlen, Mittelwerte, Standardabweichungen der Experimental- und Kontrollgruppe spezifiziert. Eine siebenstufige Ratingskala (1 = *sehr schwer*, 7 = *sehr leicht*) liegt vor. Je größer der numerische Wert der *Vorstellungsfähigkeit*, desto leichter wird das innere Bild generiert.

Die Kommentierung der Fallzahlen deckt sich für die ersten vier Messzeitpunkte mit den obigen genannten Informationen zu den *Symptomen und physischen Funktionseinschränkungen*, die sich an Tabelle 21 anschließen.

Die Standardabweichungen schwanken im Merkmal *Visuelle Vorstellungsfähigkeit* zwischen 0,87 (t_{N4}) und 1,07 (t_{N1}) und in der Variablen *Kinästhetische Vorstellungsfähigkeit* zwischen 0,71 (t_{V1}) und 1,29 (t_{N2}).

Die tabellarische Auflistung (s. Tab. 28) der Mittelwerte der beiden Skalen zur Vorstellungsfähigkeit zeigt, dass *visuelle Vorstellungsfähigkeit* beim ersten Messzeitpunkt auf durchschnittlich 4,52 (*SD* = 0,98) mit leicht zunehmenden Werten bis auf 5,63 (*SD* = 0,87) zum letzten Messzeitpunkt von den Patienten eingeschätzt wird. Im zeitlichen Verlauf ist ein, konform mit der Theorie (vgl. Abschn. 1.5.4), stabiler Mittelwert mit mittleren bis sehr hohen Korrelationskoeffizienten zwischen den Messzeitpunkten zwischen .76 und .98, zu beobachten. Die Korrelationen sind durchgängig auf dem Niveau von 0,01 hoch bis höchst signifikant (s. Anh. E).

Die *Kinästhetische Vorstellungsfähigkeit* wird beim ersten Messzeitpunkt auf durchschnittlich 4,25 (*SD* = 0,71) mit leicht zunehmenden Werten bis auf 5,53 (*SD* = 0,97) zum letzten Messzeitpunkt eingeschätzt. Die Stabilität des Kennwertes zeigt sich in mittleren bis hohen Korrelationskoeffizienten zwischen den Messzeitpunkten zwischen .64 und .91, zu

beobachten. Die Korrelationen sind dabei mindestens auf dem Niveau von 0,05 signifikant (s. Anh. E).

Die Fähigkeit innere Bilder lebhaft und kontrolliert zu generieren scheint Patienten in der visuellen Modalität einfacher zu fallen. Dies spiegelt sich in durchgehend höheren Werten in der Skala zur *visuellen Vorstellungsfähigkeit* verglichen mit denen in der Skala *kinästhetischen Vorstellungsfähigkeit*.

Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung

Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung, im Sinne *optimistischer Kompetenzerwartung*, soll die Effekten des Mentalen Trainings moderieren (vgl. Abschn. 1.5.4). Um zunächst mögliche Gruppenunterschiede in der Selbstwirksamkeitserwartung zu erfassen, wurde die Skala *Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung* ausgewertet (Tab. 29).

Tabelle 29
Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung bei Patienten mit Schlittenprothese

Schlittenprothese	t _{v1}			t _{N1}			t _{N2}			t _{N3}			t _{N4}			
	n	M	SD	n	M	SD	n	M	SD	n	M	SD	n	M	SD	
<i>Selbstwirksamkeitserwartung</i>	EG	11	3,0	0,33	11	3,0	0,44	11	3,0	0,54	7	3,1	0,24	8	3,3	0,51
	KG	13	3,3	0,46	13	3,3	0,55	13	3,3	0,46	12	3,3	0,44	11	3,4	0,41

Anmerkungen.

Die Variable *Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung* wird hinsichtlich Fallzahlen, Mittelwerte, Standardabweichungen der Experimental- und Kontrollgruppe spezifiziert. Eine vierstufige Ratingskala (1 = *Aussage trifft nicht zu*, 5 = *Aussage stimmt genau*) liegt vor. Je größer der numerische Wert der Variablen, desto höher ist die *Selbstwirksamkeitserwartung*.

Die Kommentierung der Fallzahlen deckt sich mit den obig genannten Informationen zu den *Symptomen und physischen Funktionseinschränkungen*, die sich an Tabelle 21 anschließen.

Im Merkmal *Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung* schwanken die Standardabweichungen zwischen 0,24 (t_{N3}, EG) und 0,55 (t_{N1}, KG). Die Differenz zwischen den Standardabweichungen von Experimental- und Kontrollgruppe ist zu allen fünf Messzeitpunkten minimal (0,11; 0,11; 0,08; 0,20; 0,10).

Die nachfolgende Abbildung 43 verdeutlicht den Verlauf der Variablen *Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung* grafisch.

Die tabellarische (s. Tab. 29) wie auch grafische Abbildung 43 der Mittelwerte der Variable *Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung* in den beiden Gruppen zeigen, dass sich die Ausgangsmittelwertwerte der beiden Gruppen (EG = 3,0, SD = 0,33; Kontrollgruppe M = 3,3, SD = 0,46), wie auch die Werte zu allen anderen Messzeitpunkten, mit einer maximalen Mittelwertsdifferenz von 0,3 (t_{v1} bis t_{N2}), kaum unterscheiden. Bei genauer Betrachtung fällt

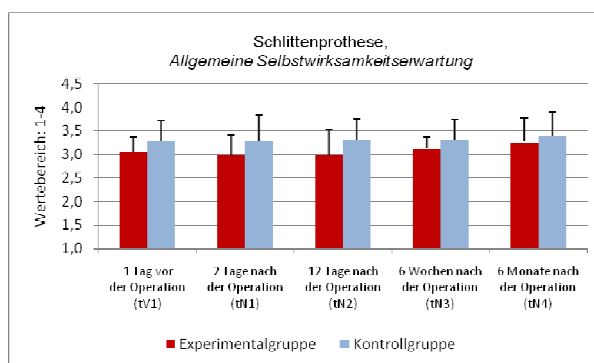


Abbildung 43 *Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung bei Patienten mit Schlittenprothese.* Die Mittelwerte und Standardabweichungen (vertikale Fehlerindikatoren auf den Balken) wurden an fünf Messzeitpunkten erhoben.

auf, dass in der Kontrollgruppe der größte Wert (Max) zum ersten, zweiten und vierten Messzeitpunkt um 0,5 Punktwerte über dem größten Wert in der Experimentalgruppe liegt. Im zeitlichen Verlauf ist in beiden Gruppen ein, konform mit der Theorie, stabiler Mittelwert mit mittleren bis hohen Korrelationskoeffizienten zwischen den Messzeitpunkten zwischen .80 und .88, zu beobachten. Die Korrelationen sind durchgängig auf dem Niveau von 0,01 signifikant.

Aus der Betrachtung der deskriptiven Daten zur *Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung* wird deutlich, dass in diesem Merkmal auf Gruppenebene minimale Unterschiede zugunsten der Kontrollgruppe vorzuliegen scheinen. Bleibt nun den moderierenden Zusammenhang auf inferenzstatistischer Ebene zu prüfen.

Täglicher Zeitaufwand für physiotherapeutische Übungen

Die Rücklaufquote der Trainingstagebücher betrug trotz Aufforderung lediglich 26% (5 vollständige Tagebücher von insgesamt 19 Patienten, die noch am vierten Messzeitpunkt teilgenommen haben). Deswegen wird auf die statistische Auswertung dieser Variablen verzichtet. Als Grund gaben die meisten Patienten an, das Tagebuch entweder im Zeitraum der Anschlussheilbehandlung nicht mehr geführt zu haben oder das Mitbringen vergessen zu haben.

Kontrollvariablen

Alter, Geschlecht, Sportgewohnheiten und eventuelle *Vorerfahrungen mit Entspannungsverfahren oder Mentalem Training* sowie *Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung* gingen in die weiteren inferenzstatistischen Berechnungen als Kontrollvariablen ein.

Zwischenbilanz zu den Ergebnissen der deskriptiven Auswertung (Studie 1)

In Studie 1 mit Schlittenprothesepatienten ergibt die bisherige Analyse der statistischen Kennwerte der Experimental- und Kontrollgruppe drei zentrale Befunde:

- Erstens waren die beiden Gruppen bezüglich ihrer Ausgangswerte in fast allen Variablen ähnlich. Eine Ausnahme bilden die Ausgangswerte in der Subskala *Steifigkeit* (vgl. Tab. 21) und in der Subskala *Aktives Coping* (vgl. Tab. 22).
- Zweitens zeichneten sich im weiteren Verlauf in mehreren relevanten Evaluationskriterien Unterschiede zugunsten der Patienten der mental trainierenden Versuchsgruppe ab. So wiesen sie verglichen mit den Patienten der Kontrollgruppe in der Evaluationsdimension *Beweglichkeit* im Hauptzielkriterium *Flexion* im gesamten Verlauf durchschnittlich bessere Flexionswinkel auf (vgl. Tab. 19). Diese positive Tendenz zugunsten der Experimentalgruppe zeigte sich auch in der Evaluationsdimension *objektives Gangbild*, deutlich zum dritten Messzeitpunkt in der Variablen *Symmetrie des Gangbildes* und tendenziell in der Variablen *Gehgeschwindigkeit* (vgl. Tab. 20). In der Dimension *subjektive Krankheitsbewältigung* fanden sich Hinweise, dass mental trainierende Patienten über kurz-, mittel- und langfristig (Messzeitpunkt 3-6) möglicherweise eine bessere Krankheitsbewältigung entwickeln (vgl. Tab. 22). Auffällig waren in erster Linie in der Subskala *Depressive Verarbeitung* die kontinuierlich sinkenden statistischen Kennwerte. In der Evaluationsdimension *Symptome und physischen Funktionseinschränkungen* weist die Experimentalgruppe unter Einbezug der Ausgangswerte nur in der subjektiven Einschätzung der *Funktion* (vgl. Tab. 21) in Bezug auf den vierten Messzeitpunkt bessere Werte auf.
- Drittens konnten Merkmale identifiziert werden, in den die Kennwerte beider Gruppe einen sehr ähnlichen Verlauf nehmen. Dies sind drei von vier Merkmalen zu *Symptome und physischen Funktionseinschränkungen* (vgl. Tab. 21), die *Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung* (vgl. Tab. 28) und die *Patientenzufriedenheit* (vgl. Tab. 25). *Extension* und *Hyperextension* als Maße für die Beweglichkeit haben nicht nur einen ähnlichen Verlauf im Gruppenvergleich, auch bei der Betrachtung über die Zeit hinweg treten nur minimale Veränderungen auf (vgl. Tab. 19). *Extension* und *Hyperextension* scheinen keine Evaluationskriterien zu sein, in denen sich operationsbedingte bzw. therapiebedingte Veränderungen deutlich niederschlagen. Daher werden sie nicht

als geeignete Evaluationskriterien erachtet, um durch Therapie erzielte Erfolge zu operationalisieren.

Aus der Zwischenbilanz zur deskriptiven Analyse lässt sich als Schwerpunkt der inferenzstatistischen Analyse (s. Abschn. 3.4.3.2) die Prüfung der Unterscheidbarkeit von Experimentalbedingung vs. Kontrollbedingung bzgl. ihrer zentralen Tendenz für die kombinierten und singulären abhängigen Variablen *Flexion*, *Gangsymmetrie*, *Funktion* und *Depressive Verarbeitung* ableiten.

3.4.3.2 Deskriptive Auswertung der Hauptstudie 2

Beweglichkeit im Kniegelenk: *Flexion*, *Extension* und *Hyperextension*

Um etwaige Gruppenunterschiede in der Beweglichkeit im Kniegelenk zu erfassen, wurden die Merkmale *Flexion*, *Extension* und *Hyperextension* erfasst und ausgewertet. Die Ergebnisse der Pilotstudie lieferten bereits einen Hinweis, dass *Extension* bzw. *Hyperextension* nur im Bereich von 0-20° bzw. 0-5° variieren und sich infolge des operativen Eingriffs auf der individuellen Ebene wenig verändern (Hermann, 2009). Die nachfolgende Tabelle 30 bildet die Statistiken der drei Merkmale zur Beweglichkeit ab.

Tabelle 30
Beweglichkeit im Kniegelenk bei Patienten mit Totalendoprothese

Totalendoprothese, BEWEGLICHKEIT:	t _{V1}			t _{N1}			t _{N2}			t _{N3}			
		<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<i>Flexion</i>	EG	19	113	12,27	19	51	16,51	18	87	18,59	12	99	16,45
	KG	20	116	11,00	20	50	18,23	20	72	16,64	18	102	22,81
<i>Extension</i>	EG	19	2,89	3,80	19	7,74	5,10	18	5,11	7,20	12	6,40	5,97
	KG	20	4,33	3,60	20	9,00	6,86	20	5,45	4,06	18	4,83	4,76
<i>Hyperextension</i>	EG	19	0	0	19	0	0	18	0	0	12	0,4	1,26
	KG	20	0,48	2,18	20	0	0	20	0	0	18	0	0

Anmerkungen.

Die Variablen *Flexion*, *Extension*, *Hyperextension* werden hinsichtlich Fallzahlen, Mittelwerte, Standardabweichungen der Experimental- und Kontrollgruppe spezifiziert. Je größer der numerische Wert der *Flexion*, desto besser ist der Beugewinkel. Je kleiner der numerische Wert der *Extension*, desto besser ist die Streckung. Je kleiner der numerische Wert der *Hyperextension*, desto weniger Überstreckung ist möglich. Die Werte gesunder Personen laufen sich auf 120°-150° *Flexion*, 0° *Extension* und 5°-10° *Hyperextension*.

Kommentare zu den Fallzahlen (19/20) in der Variablen zur Beweglichkeit in Bezug auf den ersten Messzeitpunkt, also ein Tag vor der Operation, finden sich im Abschnitt 3.4.2.1 zur Stichprobe. Zum zweiten Messzeitpunkt konnten alle in Studie 1 eingeschlossenen Patienten (19/20) erfasst werden. Beim dritten Messzeitpunkt (18/20) war die Datenerhebung einer Versuchsperson der Experimentalgruppe nicht möglich aufgrund einer Magen-Darm-

Infektion. Zum vierten Messzeitpunkt (12/18) traten sieben Probanden der Experimentalgruppe und zwei der Kontrollgruppe die Datenerhebung nicht an. Gründe hierfür waren in der Experimentalgruppe ein Studienabbruch aus persönlichen Gründen („keine Interesse mehr“) sowie sechs Abwesenheiten beim Nachuntersuchungstermin, davon drei ohne postalische Beteiligung und drei mit postalischer Beteiligung zu diesem Messzeitpunkt. In der Kontrollgruppe gab es zum vierten Messzeitpunkt einen Studienabbruch aufgrund der Erfüllung des Ausschlusskriteriums „Zweitoperation während der Studienteilnahme“, eine Abwesenheiten beim Nachuntersuchungstermin ohne postalische Beteiligung.

Die Standardabweichungen in der Kenngröße *Flexion* belaufen sich beim Vergleich von Experimental- und Kontrollgruppe sowohl zum ersten Messzeitpunkt als auch zu den nachfolgenden Messzeitpunkten auf Werte zwischen 11,00 (KG, t_{V1}) und 22,81 (KG, t_{N3}) (s. Tab. 30). Die Differenz zwischen den Standardabweichungen der beiden Gruppen beträgt zum ersten Messzeitpunkt 1,27 zum zweiten 1,73, zum dritten 1,95 und zum vierten Messzeitpunkt 6,36.

Die Standardabweichungen in der Kenngröße *Extension* belaufen sich beim Vergleich zwischen den Gruppen sowohl zum ersten Messzeitpunkt als auch zu den nachfolgenden Messzeitpunkten auf ähnlich hohe Werte zwischen 2,89 (EG, t_{V1}) und 6,86 (KG, t_{N1}) (s. Tab. 30). Die Differenz zwischen den Standardabweichungen der beiden Gruppen beträgt zum ersten Messzeitpunkt 0,20, zum zweiten 1,76, zum dritten 3,14 und zum vierten Messzeitpunkt 1,57.

Die Standardabweichungen in der Kenngröße *Hyperextension* belaufen sich fast immer auf Null. Das liegt daran, dass mit Ausnahme einer Versuchsperson der Experimentalgruppe, die zum vierten Messzeitpunkt eine Überstreckung von 4° sowie einer Versuchsperson der Kontrollgruppe, die zum ersten Messzeitpunkt eine Überstreckung von 10° erzielte, alle anderen Patienten über keine Überstreckung verfügten.

Die nachfolgende Abbildung 44 verdeutlicht den Verlauf der *Flexion* und der *Extension* grafisch.

Die tabellarische (s. Tab. 30) wie auch grafische Abbildung 44 der Mittelwerte der Variablen *Flexion* in den beiden Gruppen zeigen, dass die Ausgangswerte der beiden Gruppen mit einer Differenz von 3° (EG = 113° , KG = 116°), wie auch die Werte zum zweiten Messzeitpunkt, also zwei Tage nach der Operation, mit einer Differenz von 1° (EG = 51° , KG = 50°) sehr eng beieinander liegen. Die Nähe zum zweiten Messzeitpunkt ist darauf zurückzuführen, dass die erste inhaltliche Interventionssitzung erst zum zweiten Messzeitpunkt stattfindet (vgl.

Abschn. 3.4.2.2) und sich etwaige auf die Intervention zurückzuführende Unterschiede noch nicht abbilden können.

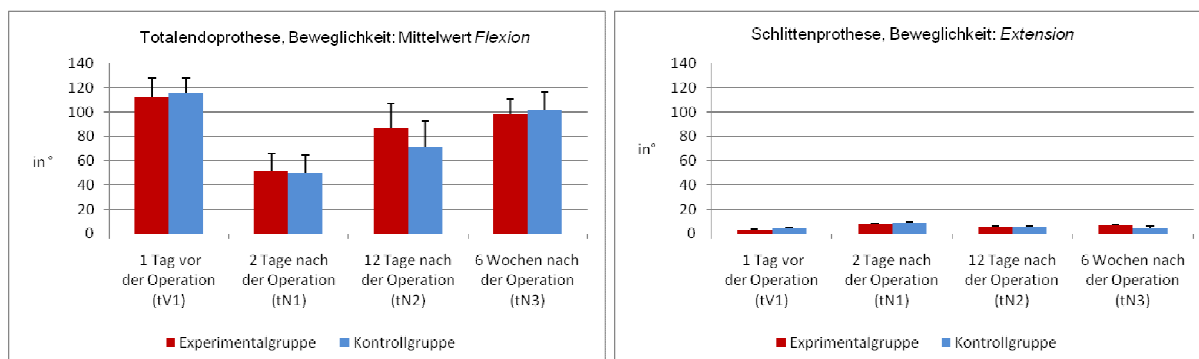


Abbildung 44 *Beweglichkeit im Kniegelenk bei Patienten mit Totalendoprothese.* Die Mittelwerte und Standardabweichungen (vertikale Fehlerindikatoren auf den Balken) der Variablen *Flexion* und *Extension* wurden an vier Messzeitpunkten erhoben. Die Statistiken beziehen sich auf das operierte Knie. Die Werte gesunder Personen laufen sich auf 120°-150° *Flexion* und 0° *Extension*. Die einheitliche Skalierung der y-Achsen ermöglicht einen direkten Vergleich zwischen *Flexion* und *Extension*. Die Veränderungen in der Variablen *Extension* sind deutlich geringer.

Auf der Ebene der deskriptiven Statistik kann gezeigt werden, dass die Experimentalgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe zum dritten Messzeitpunkt, also 12 Tage nach der Operation, größere Fortschritte als die Kontrollgruppe gemacht hat. Die Differenz beträgt hierbei 15° zugunsten der Experimentalgruppe. Zum ersten Messzeitpunkt ist diese Differenz mit nur 3° deutlich geringer (EG = 113°, KG = 116°) und sogar im umgekehrten Verhältnis als zum dritten Messzeitpunkt, das heißt es liegt zu Beginn ein leichter Vorteil in der *Flexion* zugunsten der Kontrollgruppe vor. Im weiteren Verlauf holt die Kontrollgruppe allerdings wieder auf und übertrifft die Experimentalgruppe zum vierten Messzeitpunkt, also 6 Wochen nach der Operation, geringfügig um 3° (EG = 99°, KG = 102°).

Die Tendenz in der Experimentalgruppe zum dritten Messzeitpunkt besser abzuschneiden wurde bereits in ähnlich großem Maße in der Pilotstudie nicht nur bei den Schlittenprothese-Patienten, auch bei den Totalendoprothese-Patienten sowie in der Hauptstudie bei Schlittenprothese-Patienten festgestellt (vgl. Abschn. 3.4.3.1).

Die tabellarische (s. Tab. 30) wie auch grafische Abbildung 44 der Mittelwerte der Kenngröße *Extension* in den beiden Gruppen zeigen, dass die Ausgangswerte der beiden Gruppen mit einer Differenz von 1,44° (EG = 2,89°, *SD* = 3,80; KG = 4,33°, *SD* = 3,60) fast identisch sind. Im weiteren Verlauf liegen die Werte sowohl im Vergleich zwischen den Gruppen als auch bei der Betrachtung einer Gruppe über die Zeit hinweg sehr nahe beieinander. Der Vergleich zwischen dem ersten und dem zweiten Messzeitpunkt verdeutlicht, dass sich die Beweglichkeit der Patienten in Bezug auf die *Extension* durch die Operation nur geringfügig

verschlechtert ($EG = 7,74^\circ$, $SD = 5,10$; $KG = 9,00^\circ$, $SD = 6,86$). Im weiteren Verlauf erfolgt tendenziell eine zunehmende Besserung beider Gruppen, wobei zum vierten Messzeitpunkt keine der Gruppe ihren Ausgangswert wieder erreicht hat ($EG = 6,40^\circ$, $SD = 5,97$; $KG = 4,84^\circ$, $4,76$). Der Bewegungsrang im Merkmal *Extension* ist relativ stabil. *Extension* scheint also kein Evaluationskriterium zu sein, in dem sich operationsbedingte bzw. therapiebedingte Veränderungen deutlich niederschlagen. Daher wird es nicht als geeignetes Evaluationskriterium erachtet, um durch Therapie erzielte Erfolge zu messen.

Dieses Zwischenfazit trifft in noch viel deutlicherem Maße auf die *Hyperextension* zu. Mit Ausnahme einer Versuchsperson der Experimentalgruppe, die zum vierten Messzeitpunkt eine Überstreckung von 4° sowie einer Versuchsperson der Kontrollgruppe, die zum ersten Messzeitpunkt eine Überstreckung von 10° erzielte, verfügten alle anderen Patienten über keine Überstreckung, was sich im Mittelwert von 0° widerspiegelt (vgl. Tab. 30).

Die Ergebnisse in der Hauptstudie zur *Extension* und *Hyperextension* decken sich mit denen der Pilotstudie: *Extension* variiert nur zwischen 0° und 30° bzw. *Hyperextension* zwischen 0° und 5° . Die deskriptivstatistische Auswertung zeigt, dass sich die beiden Merkmale kaum infolge des operativen Eingriffs verändern, sodass in der Folge aufgrund dieser Bilanz von der weiteren inferenzstatistischen Auswertung der *Extension* und der *Hyperextension* abgesehen wird.

Abschließend sei in Bezug auf die *Flexion* auf den Vergleich der Werte zwischen den beiden Hauptstudien verwiesen. Da der operative Eingriff bei der Implantation einer Totalendoprothese den deutlich massiveren darstellt, überrascht es, dass sich die Verlaufswerte im Hauptzielkriterium *Flexion* der Schlittenprothesepatienten ($EG = 112^\circ/52^\circ/99^\circ/114^\circ$; $KG = 119/47^\circ/68^\circ/93^\circ$; vgl. Tab. 19) nur geringfügig von denen der Totalendoprothesepatienten ($EG = 113^\circ/51^\circ/87^\circ/99^\circ$; $KG = 116/50^\circ/72^\circ/102^\circ$; vgl. Tab. 30) unterscheiden. Der einzige offensichtliche Unterschied ist die deutliche Überlegenheit der Experimentalgruppe der Schlittenprothesepatienten zum dritten und auch vierten Messzeitpunkt. Diese Patientengruppe schafft es als einzige den Wert den sie vor der Operation hatte nach sechswöchiger Rehabilitation mit Schwerpunkt auf Mentalem Training zu übertreffen.

Objektives Gangbild: Gehgeschwindigkeit, Standphasenanteil und Symmetrie

Die Videoaufzeichnungen des Gangbildes fanden an drei Messzeitpunkten statt: zum ersten, dritten und vierten Messzeitpunkt, also ein Tag vor der Operation, zwei sowie 6 Wochen nach dem Eingriff (vgl. Abschn. 3.4.2.3). Um etwaige Gruppenunterschiede im Gangbild zu

erfassen, wurden die Evaluationskriterien *Gehgeschwindigkeit*, *Standphasenanteil des operierten Beins* und das damit verbundene Verhältnisses zwischen Standphasen- und Schwungphasenanteil sowie *Gangsymmetrie*, operationalisiert durch die prozentuale Differenz des *Standphasenanteils* zwischen operiertem und nichtoperiertem, Bein berechnet. Die statistischen Kennwerte dieser drei Variablen sind in der nachfolgenden Tabelle 31 abgebildet.

Tabelle 31
Objektives Gangbild bei Patienten mit Totalendoprothese

Totalendoprothese, OBJEKTIVES GANGBILD:		t _{V1}			t _{N2}			t _{N3}		
		<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<i>Gehgeschwindigkeit</i>	EG	18	1,03	0,22	17	0,65	0,15	11	0,94	0,17
	KG	18	0,95	0,17	16	0,62	0,14	9	0,87	0,21
<i>Standphasenanteil</i>	EG	18	66,90	3,15	17	67,01	2,99	11	65,77	4,04
	KG	18	65,09	1,89	16	67,27	4,61	9	66,98	2,69
<i>Gangsymmetrie</i>	EG	18	2,18	1,86	17	3,49	3,16	11	4,83	4,98
	KG	18	3,26	2,35	16	4,74	3,30	9	2,19	1,91

Anmerkungen.

Die Variablen *Gehgeschwindigkeit*, *Standphasenanteil*, *Gangsymmetrie* werden hinsichtlich Fallzahlen, Mittelwerte, Standardabweichungen der Experimental- und Kontrollgruppe spezifiziert. Die *Gangsymmetrie* ist die prozentuale Differenz des *Standphasenanteils* zwischen operiertem und nichtoperiertem Bein. Der Referenzwert beim gesunden Menschen beim *Standphasenanteil* ist 60% und bei der *Gangsymmetrie* 0%.

Kommentare zu den Fallzahlen (18/18) in den Variablen des Gangbildes in Bezug auf den ersten Messzeitpunkt, also ein Tag vor der Operation, finden sich im Abschnitt 3.4.2.1 zur Stichprobe. Zum dritten Messzeitpunkt (17/16) konnte das Gangbild von zwei Probanden der Experimentalgruppe und vier der Kontrollgruppe nicht ausgewertet werden. Das Gangbild eines Patienten aus der Experimental- und dreier aus der Kontrollgruppe wurde zwar erfasst, allerdings wurde die Kamera inklusive Filmmaterial aus der Klinik entwendet, bevor die Daten gesichert werden konnten. Eine Versuchsperson der Experimental- und eine der Kontrollgruppe traten das Filmen wegen eines Magen-Darm-Infekts nicht an.

Zum vierten Messzeitpunkt (11/9) fehlen die Gangdaten von acht Probanden der Experimentalgruppe und elf der Kontrollgruppe. Gründe hierfür waren in der Experimentalgruppe ein Studienabbruch aus persönlichen Gründen, ein gestohlenen Video sowie sechs Abwesenheiten beim Nachuntersuchungstermin, davon drei ohne postalische Beteiligung und drei mit postalischer Beteiligung zu diesem Messzeitpunkt. In der Kontrollgruppe gab es zum vierten Messzeitpunkt einen Studienabbruch aufgrund der Erfüllung des Ausschlusskriteriums „Zweitoperation während der Studienteilnahme“, sechs

gestohlenen Videos und vier Abwesenheiten beim Nachuntersuchungstermin, davon drei mit und eine ohne postalische Beteiligung.

Die Standardabweichungen in der *Gehgeschwindigkeit* belaufen sich beim Vergleich von Experimental- und Kontrollgruppe auf ähnliche Werte zwischen 0,14 (Kontrollgruppe, t_{N2}) und 0,22 (EG, t_{V1}). In Bezug auf den *Standphasenanteil* weist die Experimentalgruppe in den Standardabweichungen zum ersten bzw. vierten Messzeitpunkt höhere Werte auf als die der Kontrollgruppe (EG = 3,15 bzw. 4,04, KG = 1,89 bzw. 2,69). Zum dritten Messzeitpunkt ist das Verhältnis umgekehrt, die Kontrollgruppe erreicht den Spitzenwert von $SD = 4,61$ (EG = 2,99). In Bezug auf die *Symmetrie des Gangbildes* belaufen sich die Standardabweichungen beim Vergleich von Experimental- und Kontrollgruppe auf ähnliche Werte zwischen 1,91 (Kontrollgruppe, t_{N3}) und 3,49 (EG, t_{N2}). Eine Ausnahme bildet der Höchstwert von 4,61 in der Standardabweichung der Experimentalgruppe zum vierten Messzeitpunkt (KG = 1,91). Den Standardabweichungen über 4,0 ist bei der Interpretation des Mittelwerts Beachtung zu schenken.

Die nachfolgende Abbildung 45 verdeutlicht den Verlauf der Mittelwerte in den Variablen *Gehgeschwindigkeit*, *Standphasenanteil* und *Symmetrie* grafisch.

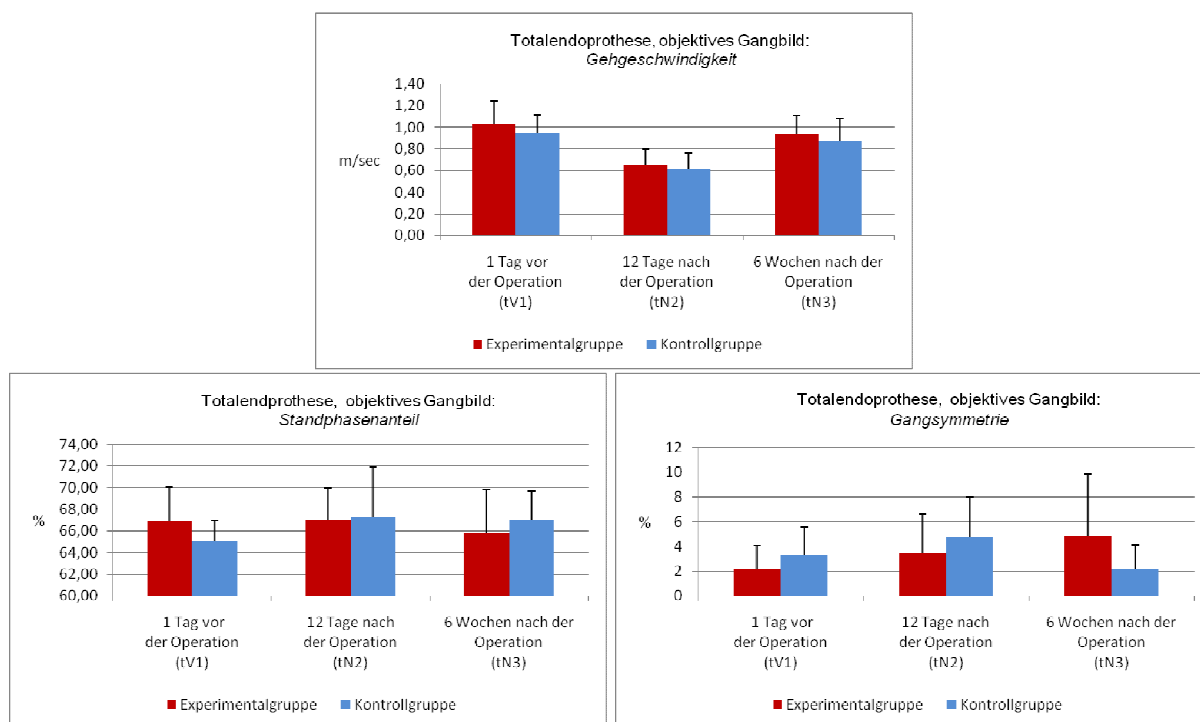


Abbildung 45

Objektives Gangbild bei Patienten mit Totalendoprothese.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen (vertikale Fehlerindikatoren auf den Balken) der Variablen *Gehgeschwindigkeit*, *Standphasenanteil* und *Symmetrie des Gangs* wurden an drei Messzeitpunkten erhoben. Die *Gangsymmetrie* ist die prozentuale Differenz des *Standphasenanteils* zwischen operiertem und nichtoperiertem Bein (Idealwert = 0%).

Die tabellarische (s. Tab. 31) wie auch grafische Abbildung 45 der Mittelwerte des Merkmals *Gehgeschwindigkeit* in den beiden Gruppen zeigen, dass sich die Ausgangswerte der beiden Gruppen (EG = 1,03 m/sec, KG = 0,95 m/sec) um 0,08 m/sec zugunsten der Experimentalgruppe unterscheiden. Die Tendenz, dass die Probanden der Experimentalgruppe etwas schneller als die der Kontrollgruppe gehen, zeigt sich ebenso zum dritten (EG = 0,65 m/sec, KG = 0,62 m/sec) wie auch zum vierten Messzeitpunkt (EG = 0,94 m/sec, KG = 0,87 m/sec). Die *Gehgeschwindigkeit* zum dritten Messzeitpunkt ist erwartungskonform, bei beiden Gruppen in Folge der Operation, deutlich geringer im Vergleich mit dem ersten Messzeitpunkt. Der Vergleich der Werte des ersten mit dem vierten Messzeitpunkt zeigt, dass die Probanden der Kontrollgruppe das Niveau, das sie vor der Operation hatten nach 6 Wochen Rehabilitation noch nicht ganz erreicht haben ($t_{V1} = 0,95$ m/sec, $t_{N3} = 0,87$ m/sec), wobei die Probanden der Experimentalgruppe auch noch nicht so schnell wie vor der Intervention laufen ($t_{V1} = 1,03$ m/sec, $t_{N3} = 0,94$ m/sec). Damit scheinen sie ähnliche Fortschritte wie die Kontrollgruppe gemacht zu haben. Dass hier, anders als in der ersten Hauptstudie mit Schlittenprothesepatienten, nur geringe Gruppenunterschiede zu finden sind, kann als Hinweis verstanden werden, dass sich das Mentale Training bei Totalendoprothesepatienten kurzfristig und langfristig nicht positiv auf die *Gehgeschwindigkeit* auswirkt.

Die tabellarische (s. Tab. 31) wie auch grafische Abbildung 45 der Mittelwerte des *Standphasenanteils* in den beiden Gruppen zeigen, dass sich die Ausgangsmittelwerte (EG = 66,90%, KG = 65,09) nur leicht unterscheiden. Während die Experimentalgruppe 6,90% von dem Idealwert 60% abweicht, ist die Differenz zwischen Istzustand und Sollzustand der Kontrollgruppe 5,09 % etwas geringer.

Betrachtet man den Verlauf auf Gruppenebenen, stellt man in der Experimentalgruppe zeitnah zur Operation, zum dritten Messzeitpunkt einen eher gleichbleibenden Trend fest: Es liegt eine minimale Verschlechterung vor, bei einer Differenz von 7,01% vom Idealwert, während zum vierten Messzeitpunkt wieder eine Verbesserung mit 5,77% Abstand zum Idealwert eintritt. Sechs Wochen nach der Operation hat sich die Experimentalgruppe im Vergleich zu ihrem ursprünglichen Anfangswert vor der Operation leicht verbessert. Der Verlauf der Kontrollgruppe ist zeitnah zur Operation, zum dritten Messzeitpunkt, erwartungskonform. Es besteht mit einer Differenz zum Idealwert von 7,27% eine Verschlechterung im Vergleich zum Ausgangswert. Zum vierten Messzeitpunkt tritt zwar, mit einer Differenz zum Idealwert von 6,98%, wieder eine leichte Verbesserung ein, die allerdings nicht an die Verbesserung der Experimentalgruppe heranreicht. Zum letzten Zeitpunkt haben die Probanden der

Experimentalgruppe den normalisierteren *Standphasenanteil*, obwohl die anfangs die schlechteren Werte aufwiesen.

Insgesamt wird deutlich, dass sich die mentale Intervention die Verbesserung des *Standphasenanteils* zumindest langfristig unterstützt. Einschränkend sei an dieser Stelle daran erinnert, dass der Mittelwert zum vierten Messzeitpunkt in der Experimentalgruppe mit $SD = 4,04$ und mit $SD = 4,61$ zum dritten Messzeitpunkt in der Kontrollgruppe sehr hoch ist. Diese Tatsache schränkt die Interpretation der Daten etwas ein.

Die tabellarische (s. Tab. 31) wie auch grafische Abbildung 45 der *Symmetrie* des Gangs, mit den Mittelwerten der Differenz des *Standphasenanteils* zwischen operiertem und nichtoperiertem Bein (in Prozent), zeigen, dass sich die Ausgangsmittelwerte zugunsten der Experimentalgruppe unterscheiden ($EG = 2,18\%$, $KG = 3,26$). Während die Experimentalgruppe nur um $2,18\%$ von Idealwert 0% abweicht, beträgt die Differenz zwischen Istzustand und Sollzustand der Kontrollgruppe $3,26\%$.

Betrachtet man den Verlauf auf Gruppenebene, stellt man in der Experimentalgruppe, zum dritten Messzeitpunkt, also zeitnah zur Operation, eine minimale, erwartungskonforme Verschlechterung der *Symmetrie* bei einer Differenz von $3,49\%$ und überraschender Weise zum vierten Messzeitpunkt eine erneute Verschlechterung mit $4,83\%$ Abstand zum Idealwert. Die extrem hohe Standardabweichung von $SD = 4,98$ ist Anlass die Daten auf Einzelfallebene genauer zu betrachten. Der Boxplotttest ergibt in der Experimentalgruppe drei Extremwerte mit $9,74$; $12,78$ und $13,86$. Bei Ausschluss dieser Extremwerte beträgt der Maximalwert der Experimentalgruppe nur noch $4,39$. Die sehr hohen Werte dieser drei Probanden im WOMAC-Test (Gesamt- M der 3 Personen = 4 ; $5,5$; $5,6$; Gesamtgruppenmittelwert um 3) zeugen von überdurchschnittlichen Schmerzen und einer Funktionseinschränkung bei Alltagsaufgaben. Dies könnte erklären, warum die drei Probanden eine extreme Differenz zwischen den *Standphasenanteilen* beider Beine aufweisen. Die Berechnung der Verteilungskennwerte ohne die drei Extremwerte ergibt in der Experimentalgruppe einen erwartungskonform wieder abfallenden Mittelwert von $2,09$ ($SD = 1,66$, $n = 8$).

Insgesamt ist offensichtlich, dass sich die beiden Gruppen im langfristigen Verlauf der Intervention dem Idealwert 0% annähern, wozu die Kontrollgruppe allerdings mehr Zeit bedarf. Einschränkend sei an dieser Stelle erneut darauf verwiesen, dass die Mittelwerte zum vierten Messzeitpunkt in der Experimentalgruppe lediglich auf den Daten von drei Probanden beruhen.

Hinsichtlich der Variablen zum objektiven Gangbild kann auf deskriptiver Ebene gezeigt werden, dass die Experimentalgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe bei

Totalendoprothesepatienten nur im Merkmal *Standphasenanteil* zu den Messzeitpunkten drei und vier größere Fortschritte gemacht hat. Bleibt nun dies inferenzstatistisch zu prüfen.

Symptome/physische Funktionseinschränkungen: WOMAC-Subskalen *Funktion, Schmerz und Steifigkeit*

Um etwaige Gruppenunterschiede hinsichtlich der Symptome und physischen Funktionseinschränkungen zu erfassen, wurden sowohl die Gesamtmittelwerte aller WOMAC-Skalen als auch die drei Skalen im Einzelnen ausgewertet. Die nachfolgende Tabelle 32 bildet die statistischen Kennwerte der WOMAC-Skalen ab.

Tabelle 32

Symptome und physische Funktionseinschränkungen bei Patienten mit Totalendoprothese

Totalendoprothese, WOMAC:	t _{V1}			t _{N1}			t _{N2}			t _{N3}			t _{N4}			
		<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<i>M aller</i>	EG	19	4,60	2,24	19	6,02	2,03	18	4,19	1,87	15	2,88	1,64	11	1,63	,98
<i>Skalen</i>	KG	20	4,51	1,75	20	5,27	1,87	20	4,06	1,64	18	2,91	1,87	11	2,13	1,72
<i>Skala</i>	EG	19	4,17	2,45	19	6,85	2,69	18	4,08	2,46	15	2,88	1,64	11	1,63	0,93
<i>Funktion</i>	KG	20	4,28	1,77	20	6,24	2,40	20	4,15	1,66	18	2,91	1,87	11	2,13	1,72
<i>Skala</i>	EG	19	4,11	2,33	19	5,20	2,36	18	4,06	1,87	15	2,88	1,64	11	1,29	1,24
<i>Schmerz</i>	KG	20	4,37	2,30	20	3,82	2,41	20	3,16	2,01	18	2,64	1,95	11	2,38	2,41
<i>Skala</i>	EG	19	5,50	2,79	19	5,97	2,50	18	4,44	2,33	15	3,67	1,96	11	2,50	1,36
<i>Steifigkeit</i>	KG	20	4,88	2,64	20	5,78	2,66	20	4,88	2,36	18	4,11	1,97	11	4,14	3,01

Anmerkungen.

Die Variablen WOMAC-Skala sowie die Subskalen *Funktion*, *Schmerz* und *Steifigkeit* werden hinsichtlich Fallzahlen, Mittelwerte, Standardabweichungen der Experimental- und Kontrollgruppe spezifiziert. Eine Elfstufige Ratingskala liegt vor (*0 = keine*, *10 = extreme Funktionsbeeinträchtigung/Schmerzen/Steifigkeit*).

Kommentare zu den Fallzahlen (19/20) im Evaluationskriterium *Symptome und physischen Funktionseinschränkungen* in Bezug auf den ersten Messzeitpunkt, also ein Tag vor der Operation, finden sich im Abschnitt 3.4.2.1 zur Stichprobe. Zum zweiten Messzeitpunkt konnten alle in Studie 1 eingeschlossenen Patienten (19/20) erfasst werden. Beim dritten Messzeitpunkt (18/20) war die Datenerhebung einer Versuchsperson der Experimentalgruppe nicht möglich aufgrund einer Magen-Darm-Infektion. Zum vierten Messzeitpunkt (15/18) fehlen die Fragebogendaten von vier Experimental- und zwei Kontrollgruppenpatienten. In der Experimental- wie der Kontrollgruppe gab je einen Studienabbruch, ein Mal aus persönlichen Gründen, ein Mal aufgrund der Erfüllung des Ausschlusskriteriums „Zweitoperation während der Studienteilnahme“. Drei Probanden der Experimentalgruppe und eine der Kontrollgruppe waren beim Nachuntersuchungstermin abwesend und beteiligten sich auch nicht postalisch zu diesem Messzeitpunkt. Zum fünften Messzeitpunkt fehlen die

Daten von acht Probanden in der Experimental- und neun in der Kontrollgruppe. Grund hierfür war der bei Messzeitpunkt vier erwähnte Studienabbruch in der Experimentalgruppe und der Studienausschluss in der Kontrollgruppe. Die restlichen 15 Probanden beteiligten sich ohne Angabe eines Grundes nicht mehr an der postalischen Befragung.

Die Standardabweichungen schwanken zwischen 1,64 (*WOMAC alle Skalen*, t_{N3} , EG) und 2,79 (*Steifigkeit*, t_{V1} , EG). Sie belaufen sich beim Vergleich von Experimental- und Kontrollgruppe zu den einzelnen Messzeitpunkten auf ähnliche Werte, die sich um 0,40 und weniger unterscheiden. Eine Ausnahme hierbei bilden die Differenzen der Standardabweichungen der Skala *Funktion* zum zweiten (0,55) und dritten (0,80) Messzeitpunkt. Auffällig ist, dass bei der Betrachtung der verschiedenen Skalen die größte Variabilität, wie auch in der Studie 1 mit den Schlittenprothesepatienten, in der Skala *Funktion* erreicht wird. Die nachfolgende Abbildung 46 verdeutlicht den Verlauf der WOMAC-Skalen grafisch.

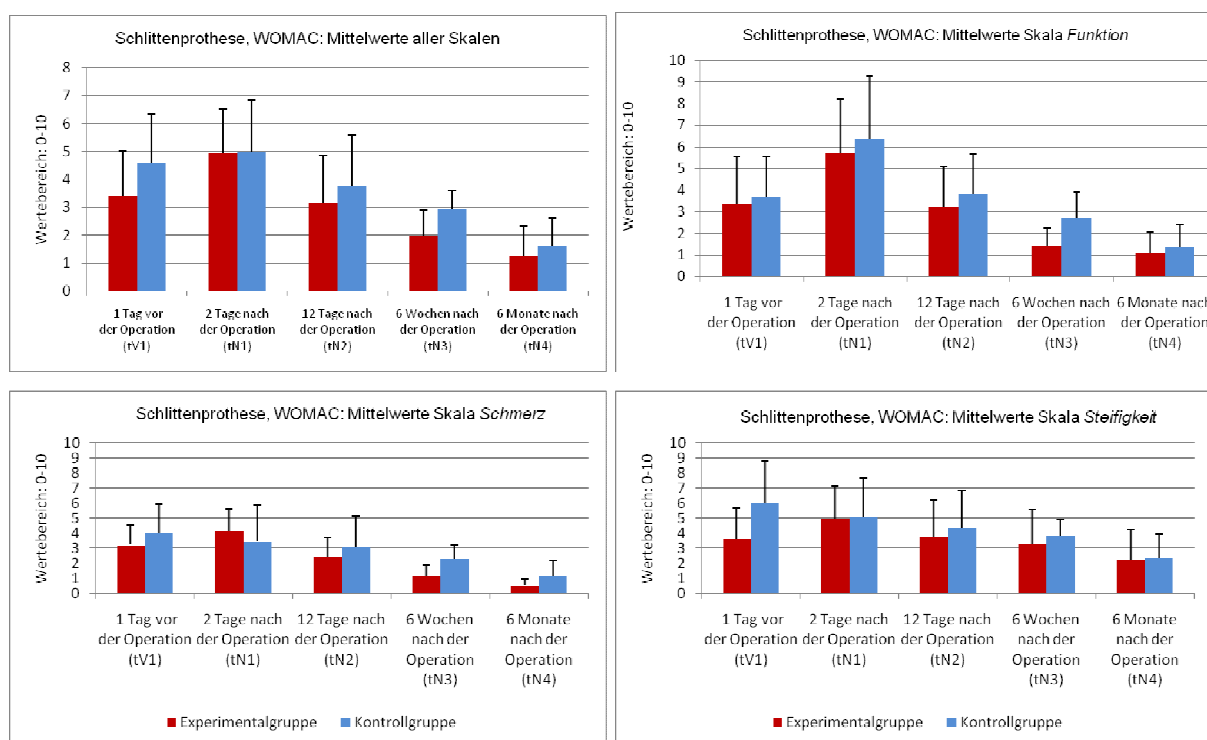


Abbildung 46 *Symptome und physische Funktionseinschränkungen bei Patienten mit Totalendoprothese. Die Mittelwerte und Standardabweichungen (vertikale Fehlerindikatoren auf den Balken) der Variablen WOMAC-Skala, Subskala Funktion, Subskala Schmerz und Subskala Steifigkeit wurden an fünf Messzeitpunkten erhoben.*

Die tabellarische (s. Tab. 32) wie auch grafische Abbildung 46 der Mittelwerte der Merkmale *Symptome und physischen Funktionseinschränkungen* in den beiden Gruppen zeigen, dass die Ausgangswerte der beiden Gruppen in den folgenden Variablen sehr nahe beieinander liegen: im Gesamtmittelwert der Skalen (EG = 4,60; KG = 4,51), wie auch in der Skala *Funktion* (EG

= 4,17; KG = 4,28) und der Skala *Schmerz* (EG = 4,11; KG = 4,37). In der Skala *Steifigkeit* ist die Differenz der Ausgangswerte etwas größer (EG = 5,50; KG = 4,88). Dabei ist zu beachten, dass der leichte Vorteil zugunsten der Kontrollgruppe im Gesamtmittelwert der Skalen und in der Skala *Steifigkeit* besteht.

Ferner wird offenbar, dass sich zum zweiten Messzeitpunkt nahezu alle Werte, mit Ausnahme der Kontrollgruppe in der Subskala *Schmerz*, erwartungskonform verschlechtern, was sich in den deutlich höheren Mittelwerten widerspiegelt. Die Datenlage der *Symptome und physischen Funktionseinschränkungen* zum zweiten Messzeitpunkt ist allerdings mit Einschränkungen zu deuten. Erstens ist die subjektive Einschätzung der Schmerzen, möglicherweise auch der *Steifigkeit*, durch die nur zwei Tage zuvor stattgefundenen Operation und der damit verbundenen Analgetikagabe nur bedingt valide. Zweitens gibt es Items der Subskala *Funktion*, die die Probanden nicht beantworten können, da sie die betreffende Bewegung unmittelbar nach der Operation noch nicht ausführen können. Dies trifft bspw. auf das Gehen auf ebenem Boden oder das Treppensteigen zu. Daraus resultieren fehlende Werte. Die berechneten Mittelwerte haben also in den Subskalen *Funktion* (fehlende Werte aufgrund Nichtdurchführbarkeit = 50%) und *Schmerz* (fehlende Werte aufgrund Nichtdurchführbarkeit = 21%) eine geringere Itemzahl als Grundlage, sodass eine Verzerrung der Daten nicht ausgeschlossen werden kann. Bei der inferenzstatistischen Auswertung der einzelnen Messzeitpunkte mittels Diskriminanzanalysen wird aus diesem Grund von der Analyse der Daten zu *Symptome und physischen Funktionseinschränkungen* bewusst abgesehen.

Bei der Betrachtung des Verlaufs fällt auf, dass die Werte in allen vier Kriterien unabhängig von der Gruppe wieder abnehmen, was eine Besserung in Bezug auf die drei Evaluationskriterien *Funktion*, *Schmerz* und *Steifigkeit* widerspiegelt. Alle Patienten gewinnen im Laufe der jeweiligen Intervention und der sich anschließenden Rehabilitation an Funktionsfähigkeit im Knie und verspüren weniger Schmerzen sowie weniger Steifigkeit.

Auf gruppenspezifischer Ebene zeigt der Vergleich, dass sich zum dritten und vierten Messzeitpunkt, also 12 Tage und 6 Wochen nach der Operation, im WOMAC-Gesamtmittelwert und der Skala *Funktion* die Werte zwischen den Gruppen nicht unterscheiden. Damit zeichnet sich ab, dass darauf bezogen das Mentale Training zumindest kurzfristig keinen zusätzlichen Gewinn bringt. Die Probanden der Kontrollgruppe schneiden lediglich zu einem Messzeitpunkt in einer Skala, in der Skala *Schmerz* deutlich besser als die der Experimentalgruppe ab, wobei die Probanden der Experimentalgruppe in allen Skalen, auch in Bezug auf *Schmerz*, zum fünften Messzeitpunkt, also ½ Jahr nach der Operation, besser abschneiden. Einzig in der Skala *Steifigkeit* macht sich die Überlegenheit der

Experimentalgruppe, trotz besseren Ausgangswerten der Kontrollgruppe, bereits zum dritten und vierten Messzeitpunkt, also 12 Tage und 6 Wochen nach der Operation, bemerkbar. Insgesamt zeichnet sich ab, dass das Mentale Training langfristig und in Bezug auf die *Steifigkeit* auch kurzfristig einen zusätzlichen Gewinn bringt.

Subjektive Krankheitsbewältigung: *Depressive Verarbeitung* und *Aktives problemorientiertes Coping*

Um etwaige Gruppenunterschiede in der subjektiven Krankheitsbewältigung zu erfassen, wurden die beiden Subskalen *Depressive Verarbeitung* und *Aktives problemorientiertes Coping* ausgewertet. Die nachfolgende Tabelle 33 bildet die statistischen Kennwerte beider Skalen ab.

Tabelle 33
Subjektive Krankheitsbewältigung bei Patienten mit Totalendoprothese

Totalendoprothese, KRANKHEITS- BEWÄLTIGUNG:	t _{V1}			t _{N1}			t _{N2}			t _{N3}			t _{N4}			
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	
<i>Depressive Verarbeitung</i>	EG	19	2,0	0,82	19	1,8	0,80	18	1,6	0,64	15	1,6	0,61	11	1,7	0,72
	KG	20	1,8	0,63	20	1,8	0,49	20	1,7	0,44	18	1,5	0,46	11	1,3	0,24
<i>Aktives Coping</i>	EG	19	3,5	0,80	19	3,6	0,91	18	3,4	0,85	15	3,3	0,92	11	2,3	1,09
	KG	20	3,6	0,56	20	3,7	0,77	20	3,7	0,69	18	3,3	0,99	11	3,1	1,08

Anmerkungen.

Die Variablen *Depressive Verarbeitung* und *Aktives problemorientiertes Coping* werden hinsichtlich Fallzahlen, Mittelwerte, Standardabweichungen der Experimental- und Kontrollgruppe spezifiziert. Eine fünfstufige Ratingskala liegt vor (1 = *Aussage trifft gar nicht zu*, 5 = *trifft sehr stark zu*). Je kleiner der numerische Wert der Variablen *Depressive Verarbeitung* bzw. des *Aktiven Copings*, desto weniger *Depressive Verarbeitungstendenz* liegt vor, desto weniger *Aktives Coping* wird angewendet.

Die Kommentierung der Fallzahlen deckt sich mit den obig genannten Informationen zu den *Symptomen und physischen Funktionseinschränkungen*, die sich an Tabelle 32 anschließen.

Im Merkmal *Depressive Verarbeitung* schwanken die Standardabweichungen zwischen 0,24 (t_{N4}, KG) und 0,82 (t_{V1}, EG). Die Experimentalgruppe weist in den Standardabweichungen zu allen Messzeitpunkten niedrigere Werte auf, als die der Kontrollgruppe. Die Differenz ist zu allen fünf Messzeitpunkten minimal (0,19; 0,31; 0,20; 0,15; 0,40). Im Merkmal *Aktives problemorientiertes Coping* schwanken die Standardabweichungen zwischen 0,56 (t_{V1}, KG) und 1,08 (t_{N4}, KG). Sie belaufen sich beim Vergleich von Experimental- und Kontrollgruppe zu den jeweiligen Messzeitpunkten auf ähnliche Werte, die sich maximal um 0,24 (t_{V1}) unterscheiden.

Die nachfolgende Abbildung 47 verdeutlicht den Verlauf der Subskalen zur subjektiven Krankheitsbewältigung grafisch.

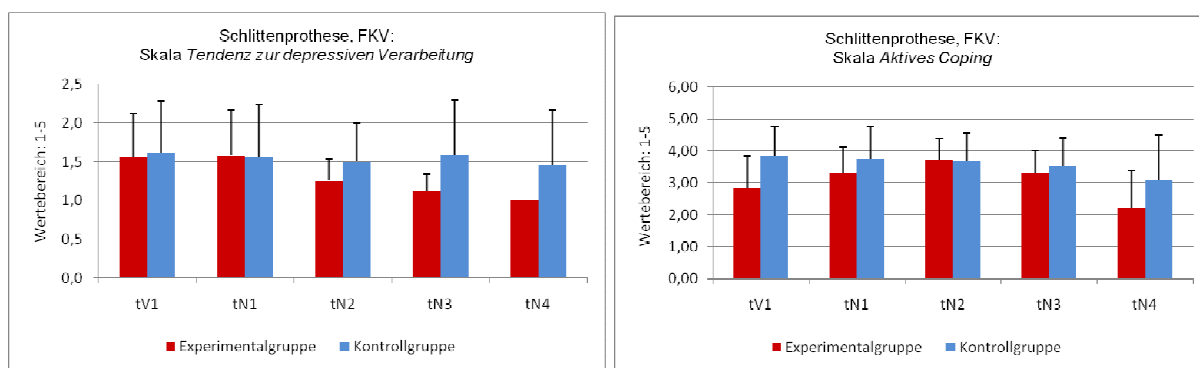


Abbildung 47 *Subjektive Krankheitsbewältigung bei Patienten mit Totalendoprothese.*
Die Mittelwerte und Standardabweichungen (vertikale Fehlerindikatoren auf den Balken) der Variablen *Depressive Verarbeitung* und *Aktives problemorientiertes Coping* wurden an fünf Messzeitpunkten erhoben.

In der Selbsteinschätzung der Krankheitsbewältigung durch die Patienten (s. Tab. 33 und Abb. 47) sind die Bewältigungsformen *Aktives problemorientiertes Coping* mit Werte über 3 stärker, die *Depressive Verarbeitung* mit Werte um 1,7 weniger stark ausgeprägt.

Die tabellarische (s. Tab. 33) wie auch grafische Abbildung 47 der Mittelwerte des Merkmals *Depressive Verarbeitung* in den beiden Gruppen zeigen, dass sich die Ausgangsmittelwertwerte der beiden Gruppen (EG = 2,0; KG = 1,8) wie auch die Werte an allen anderen Messzeitpunkten, mit einer maximalen Differenz von 0,2, so gut wie nicht unterscheiden, wobei die Streuung der Experimentalgruppe immer etwas über der der Kontrollgruppe liegt. Die Items der Skala *Depressive Verarbeitung* beziehen sich auf die Bewältigung der vorausgegangenen Woche. Man könnte erwarten, dass im Verlauf der Rehabilitation mit zunehmender Genesung die Werte in diesem situationsspezifischen Konstrukt abnehmen. Die Skalenmittelwerte in beiden Gruppen verhalten sich erwartungskonform und sinken im Verlauf auf der fünfstufigen Skala um ca. 0,5 Punkte (EG $M(t_{V1}) = 2,0$, $M(t_{N4}) = 1,7$; KG $M(t_{V1}) = 1,8$, $M(t_{N4}) = 1,3$) ab. Insgesamt zeichnet sich ab, dass das Mentale Training weder kurzfristig noch langfristig und in Bezug auf die *Tendenz zur Depressiven Verarbeitung* einen zusätzlichen Gewinn bringt.

Die tabellarische (s. Tab. 33) wie auch grafische Abbildung 47 der Mittelwerte des Merkmals *Aktives problemorientiertes Coping* in den beiden Gruppen zeigen, dass sich die Ausgangsmittelwertwerte der beiden Gruppen (EG $M = 3,5$, $SD = 0,80$; KG $M = 3,6$, $SD = 0,56$) wie auch die Werte allen anderen Messzeitpunkten, mit einer maximalen Differenz von 0,8 (t_{N4}), so gut wie nicht unterscheiden. Die Items der Skala beziehen sich ebenso wie die der Skala *Depressive Verarbeitung* auf die Bewältigung der vorausgegangenen Woche. Man könnte vermuten, dass im Verlauf der Rehabilitation mit zunehmender Genesung die Werte in

diesem situationsspezifischen Konstrukt abnehmen. Im zeitlichen Verlauf erfolgt in beiden Gruppen eine erwartungskonform sinkende, allerdings geringe Veränderung des Subskalenmittelwerts *Aktives problemorientiertes Coping*. Auffällig ist, dass zum fünften Messzeitpunkt in beiden Gruppen die niedrigsten Werte erreicht werden. Die Differenz zwischen Ausgangswert und Endwert entspricht auf der fünfstufigen Skala in der Experimentalgruppe 1,2 Punkte ($M(t_{V1}) = 3,5$; $M(t_{N4}) = 2,3$) und in der Kontrollgruppe 0,4 Punkte ($M(t_{V1}) = 3,6$; $M(t_{N4}) = 3,1$).

Der Verlauf der Mittelwerte in den beiden Skalen zur subjektiven Krankheitsverarbeitung ist ein Hinweis darauf, dass die Patienten unabhängig von ihrer Gruppenzugehörigkeit zum Zeitpunkt ihrer Ankunft in der Klinik, also einen Tag vor der Operation und zum zweiten Messzeitpunkt, also unmittelbar nach der Operation, am intensivsten Bewältigungsversuche betreiben. Nach der Anschlussheilbehandlung und ½ Jahr später, also zu den letzten beiden Messzeitpunkten unternehmen die Patienten der Experimentalgruppe, ebenso wie die der Kontrollgruppe es tendenziell auch tun, weniger Bewältigungsversuche bezüglich der Erkrankung, möglicherweise weil die Genesung bereits fortgeschritten ist.

Aus der Betrachtung der deskriptiven Daten zu den beiden Subskalen wird deutlich, dass kurz- wie langfristige Entwicklung der Krankheitsbewältigung von der Art der Intervention unabhängig zu sein scheint.

Patientenzufriedenheit

Um etwaige Gruppenunterschiede in der *Patientenzufriedenheit* zu erfassen, wurde die allgemeine Zufriedenheit mit der stationären Versorgung in der ATOS-Praxisklinik ausgewertet. Die nachfolgende Tabelle 34 bildet die statistischen Kennwerte beider Skalen ab.

Tabelle 34
Patientenzufriedenheit bei Patienten mit Totalendoprothese

Schlittenprothese	t_{N2}			t_{N3}			t_{N4}			
		<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<i>Patientenzufriedenheit</i>	EG	18	3,83	0,35	15	3,86	0,18	11	3,67	0,42
	KG	20	3,81	0,28	18	3,85	0,19	11	3,61	0,47

Anmerkungen.

Die Variable Patientenzufriedenheit mit der stationären Versorgung in der ATOS-Praxisklinik wird hinsichtlich Fallzahlen, Mittelwerte, Standardabweichungen der Experimental- und Kontrollgruppe spezifiziert. Es liegt eine vierstufige Ratingskala vor (1 = unzufrieden bis 4 = sehr zufrieden).

Die Kommentierung der Fallzahlen deckt sich mit den obig genannten Informationen zu den Messzeitpunkten vier, fünf und sechs des Merkmals *Symptomen und physischen Funktionseinschränkungen*, die sich an Tabelle 32 anschließen.

Die Standardabweichungen im Merkmal *Patientenzufriedenheit* belaufen sich beim Vergleich von Experimental- und Kontrollgruppe zum ersten Messzeitpunkt (EG = 0,35; KG = 0,28) wie auch im weiteren Verlauf auf ähnlich kleine Werte um 0,30. Auffällig ist, dass die größte Variabilität zum fünften Messzeitpunkt in der Experimentalgruppe (0,42) wie auch in der Kontrollgruppe (0,47) erreicht wird.

In der vorliegenden Stichprobe zeigt sich eine deutliche Linksschiefe der Verteilung, was überwiegend „zufriedenen“ Patienten entspricht. Die Maße der zentralen Tendenz sind deutlich nach rechts verschoben, d.h. höhere Zufriedenheitsscores traten deutlich häufiger auf als niedrige Scores. So kreuzten Patienten beider Gruppen auf der vierstufigen Ratingskala (1 = *unzufrieden*; 4 = *sehr zufrieden*) die Antwortmöglichkeit 1 nur 1 Mal und 2 nur 2 Mal an. Dies soll exemplarisch in Bezug auf den ersten Messzeitpunkt anhand der Häufigkeiten in % verdeutlicht werden. Die Patienten der Kontrollgruppe kreuzten in 85,5% der Fälle die 4 an, nur in 14% die 3 und in 0,6% die 1. Patienten der Experimentalgruppe kreuzten in 86,3% der Fälle die 4, in 14% die 3 und in 1,4% die 2 an.

Die nachfolgende Abbildung 48 verdeutlicht den zeitlichen Verlauf auf der Zufriedenheits-Skala grafisch.

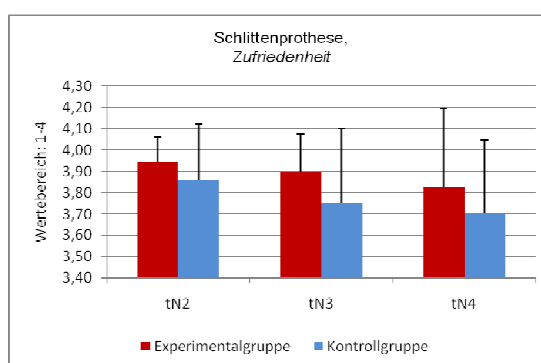


Abbildung 48 *Patientenzufriedenheit bei Patienten mit Totalendoprothese.*
Die Mittelwerte und Standardabweichungen (vertikale Fehlerindikatoren auf den Balken) der Variablen *Patientenzufriedenheit mit der stationären Versorgung in der ATOS-Praxisklinik* wurden zu den letzten drei Messzeitpunkten erhoben.

Die tabellarische (s. Tab. 34) wie auch grafische Abbildung 48 der Mittelwerte des Merkmals *Patientenzufriedenheit* in den beiden Gruppen zeigen, dass sich die Ausgangsmittelwertwerte der beiden Gruppen (EG = 3,83; KG = 3,81) um nur 0,02 auf einer vierstufigen Skala, also minimal bzw. wahrscheinlich zufällig unterscheiden. Auch im

weiteren Verlauf verändern sich die Mittelwerte beider Gruppen nur geringfügig. Allerdings fällt auf, dass mit zunehmender zeitlicher Entfernung zur Operation und dem damit verbundenen stationären Aufenthalt die Mittelwerte beider Gruppen leicht sinken und die Standardabweichungen leicht zunehmen.

Nachhaltigkeit der Intervention und Aspekte des Therapieprozesses

Das hierbei eingesetzte Instrument (s. Abschn. 3.4.2.3) wurde als pilotierendes Verfahren entwickelt, um die studienspezifischen Bedingungen besser beleuchten zu können. Die damit gewonnenen Daten haben lediglich beschreibenden Charakter und werden aus diesem Grund nicht in die inferenzstatistische Analyse aufgenommen.

Die Kommentierung der Fallzahlen in den nachfolgenden Tabellen 35 - 38 zur *Nachhaltigkeit* und zum *Therapieprozess* deckt sich mit den obig genannten Informationen zu den Messzeitpunkten vier, fünf und sechs des Merkmals *Symptomen und physischen Funktionseinschränkungen*, die sich an Tabelle 32 anschließen. Entgegen der bisherigen Struktur werden zur *Nachhaltigkeit* und zum *Therapieprozess* die Standardabweichungen nicht in einem eigenen Abschnitt kommentiert, Auffälligkeiten werden in die Diskussion der Mittelwerte integriert. Auf eine grafische Darstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen wird verzichtet.

Um etwaige Gruppenunterschiede in der *Nachhaltigkeit* der Intervention und in den spezifischen Aspekten des *Therapieprozesses* abzubilden, wurden die statistischen Kennwerte zur *aktuellen Relevanz verschiedener Inhalte aus der Rehabilitation im Alltag* und zur *individuellen Zielerreichung* ausgewertet (s. Tab. 35).

Tabelle 35
Nachhaltigkeit und Aspekte des Therapieprozesses bei Patienten mit Totalendoprothese, Teil 1

Totalendoprothese, NACHHALTIGKEIT/THERAPIEP.:		t _{N2}			t _{N3}			t _{N4}		
		<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<i>Aktuelle Relevanz der Rehalhalte im Alltag</i>	EG	18	3,20	0,98	15	3,17	0,66	11	2,36	0,82
	KG	20	2,94	0,68	18	2,78	0,60	11	2,73	0,75
<i>Zielerreichung</i>	EG	18	3,44	0,70	15	3,46	0,50	11	3,33	0,65
	KG	20	3,35	0,59	18	3,22	0,49	11	2,77	0,82

Anmerkungen.

Die Variablen *Aktuelle Relevanz der Inhalte aus der Rehabilitation im Alltag* und *Zielerreichung* werden hinsichtlich Fallzahlen, Mittelwerte, Standardabweichungen der Experimental- und Kontrollgruppe spezifiziert. Eine vierstufige Ratingskala liegt vor (1 = geringe Ausprägung; 4 = hohe Ausprägung).

Betrachtet man die Daten der Experimentalgruppe im Verlauf, fällt auf, dass die *Relevanz der Inhalte aus der Rehabilitation im Alltag* zum dritten und zum vierten Messzeitpunkt am

höchsten zu sein scheinen ($t_{N2} = 3,70$, $SD = 0,35$; $t_{N3} = 3,17$, $SD = 0,66$), wobei sechs Monate nach der Operation ($t_{N4} = 2,36$, $SD = 0,82$) die Bedeutsamkeit deutlich niedriger eingeschätzt wird. In der Experimentalgruppe interessiert das zusätzliche Item zur Beurteilung der *Relevanz des Mentalen Gehtrainings im Alltag* (vgl. Abschn. 3.4.2.3). Auch hier spiegelt sich die Tendenz, dass mit zunehmender Zeit die Relevanz abnimmt ($t_{N2} = 2,93$, $SD = 1,16$; $t_{N3} = 2,79$, $SD = 0,97$; $t_{N4} = 1,00$, $SD = 0$). Die Probanden der Kontrollgruppen bewerten die Inhalte aus der Rehabilitation im Vergleich zur Experimentalgruppe zum dritten und vierten Messzeitpunkt niedriger ($t_{N2} = 2,94$, $SD = 0,70$; $t_{N3} = 2,78$, $SD = 0,60$), zum fünften jedoch höher ($t_{N4} = 2,73$, $SD = 0,65$).

Hinsichtlich des *Erreichens der Rehabilitationsziele*, die sich die Patienten vor der Operation zusammen mit dem Interventionsleiter gesetzt haben (vgl. Abschn. 3.1.2), unterscheiden sich die Gruppenmittelwerte beim dritten Messzeitpunkt (EG = 3,44, $SD = 0,70$; KG = 3,56, $SD = 0,59$) nicht. Sowohl die Patienten der Experimentalgruppe als auch die der Kontrollgruppe beantworten die Frage nach dem Erreichen der Ziele im Schnitt mit 3 = *eher ja bzw.* 4 = *eindeutig ja*. Während die Experimentalgruppe die höchsten Werte zum dritten und vierten Messzeitpunkt erreichen ($t_{N3} = 3,46$, $SD = 0,50$) und zum fünften die sehr hohe Einschätzung kaum merklich nach unten revidieren ($t_{N4} = 3,33$, $SD = 0,65$), sinken die Mittelwerte der Kontrollgruppe kontinuierlich unter 3 ab ($t_{N3} = 3,22$, $SD = 0,49$; $t_{N4} = 2,77$, $SD = 0,82$).

Um etwaige Gruppenunterschiede in der *Nachhaltigkeit* der Intervention und in den spezifischen Aspekten des *Therapieprozesses* abzubilden, wurden ferner die statistischen Kennwerte zur Einschätzung der *aktuellen Gehfähigkeit* berechnet (s. Tab. 36). Das Merkmal *Gang* umfasst die subjektive Einschätzung des Istzustands der Gehbewegung, das Merkmal *Sollzustand Gangbild* umfasst das Wissen über die optimale Gehbewegung (vgl. Abschn. 2.1.1 und 3.1.2).

Tabelle 36
Nachhaltigkeit und Aspekte des Therapieprozesses bei Patienten mit Totalendoprothese, Teil 2

Totalendoprothese, NACHHALTIGKEIT/THERAPIEPR.: <i>Aktuelle Gehfähigkeit</i>	t_{N2}			t_{N3}			t_{N4}			
		<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
<i>Gang</i>	EG	18	1,94	0,77	15	2,11	0,66	11	2,08	0,90
	KG	20	1,95	0,81	18	1,97	0,76	11	2,18	0,75
<i>Sollzustand Gangbild</i>	EG	18	3,44	0,63	15	3,68	0,37	11	3,33	0,44
	KG	20	3,53	0,47	18	3,50	0,54	11	3,50	0,44

Anmerkungen.

Die Variablen *Gang* und *Sollzustand Gangbild* werden hinsichtlich Fallzahlen, Mittelwerte, Standardabweichungen der Experimental- und Kontrollgruppe spezifiziert. Eine vierstufige Ratingskala liegt vor (1 = geringe Ausprägung; 4 = hohe Ausprägung).

Je höher der Mittelwert in der Variablen *Gang* ausfällt, desto weniger Unsicherheiten beim Gehen, Gehfehler oder Schonhaltungen liegen vor. Die Einschätzung der Experimentalgruppe (t_{N2} : $M = 1,94$, $SD = 0,77$; t_{N3} : $M = 2,11$, $SD = 0,66$; t_{N4} : $M = 2,08$, $SD = 0,90$) fällt diesbezüglich zu allen drei Messzeitpunkten ähnlich zu der der Kontrollgruppe ($t_{N2} = 1,95$, $SD = 0,81$; $t_{N3} = 1,97$, $SD = 0,76$; $t_{N4} = 2,18$, $SD = 0,75$) aus. Beide Gruppen weisen im zeitlichen Verlauf sich kaum verändernde Werte auf.

Hinsichtlich des Wissens über den *Sollzustand der Gehbewegung* erreicht die Experimentalgruppe zum vierten Messzeitpunkt, also 6 Wochen nach der Operation, ihren Bestwert von 3,68 ($SD = 0,37$). Bei der Kontrollgruppe liegt der Höchstwert etwas darunter mit 3,53 zum dritten ($SD = 0,47$).

Die Vorteile der Experimentalgruppe spiegeln sich auch in den Daten zur Zielerreichung (vgl. Tab. 35) wieder. Das Item zum therapeutischen Erfolg in Bezug auf die Wiedererlangung der Gehfähigkeit wird durchweg von den Probanden, die am Mentalen Training teilnehmen, höher bewertet ($t_{N2} = 3,53$, $SD = 0,72$; $t_{N3} = 3,71$, $SD = 0,47$; $t_{N4} = 3,00$, $SD = 1,00$) als von denen der Kontrollgruppe ($t_{N2} = 3,29$, $SD = 0,77$; $t_{N3} = 3,06$, $SD = 0,64$; $t_{N4} = 2,82$, $SD = 0,87$).

Um etwaige Gruppenunterschiede in der *Nachhaltigkeit* der Intervention und in den spezifischen Aspekten des *Therapieprozesses* abzubilden, wurden die statistischen Kennwerte zur Evaluation der *Therapieinhalte* analysiert (s. Tab. 37).

Die Evaluation der *Therapieinhalte* bezieht sich zum dritten Messzeitpunkt auf die postoperative Rehabilitation in der ATOS-Praxisklinik, zum vierten auf die Rehabilitation in der Anschlussheilbehandlung in der Rehabilitationsklinik ihrer Wahl und zum fünften Messzeitpunkt auf die sich am Wohnort der Patienten anschließenden Rehabilitation.

Die Evaluation der *Therapieinhalte* in der ATOS-Praxisklinik (t_{N2}) ergab, dass die meisten Patienten an *Krankengymnastik*, an *physikalischen Anwendungen* und *Gehtraining* teilnahmen. Die Effektivität wurde hierbei als besonders hoch eingeschätzt, wobei die Probanden der Experimentalgruppe *Krankengymnastik* mit durchschnittlich mit 4,0 ($SD = 0,0$), *Mentales Gehtraining* mit 3,86 ($SD = 0,38$) und *physikalische Anwendungen* mit 3,71 ($SD = 0,49$) bewerteten, während die Kontrollgruppe alle drei Behandlungsmaßnahmen (*Krankengymnastik*: $M = 4,00$, $SD = 0$; *physikalische Anwendungen*: $M = 3,80$, $SD = 0,42$) ähnlich hoch, *Gehtraining* mit 3,50 ($SD = 0,51$) etwas niedriger einschätzten. Am Muskelaufbautraining nahm ein Viertel der Probanden teil (EG 4 von $n = 18$, KG 5 von $n = 20$). Die Wirksamkeit dieser Behandlung wurde von der Experimentalgruppe mit 3,75 ($SD =$

0,50) wie auch von der Kontrollgruppe mit 3,60 ($SD = 0,89$) als hoch eingeschätzt. Entspannungstraining und Aquajogging wurden am wenigsten praktiziert.

Die Evaluation der *Therapieinhalte* in der Anschlussheilbehandlung (t_{N3}) ergab erneut, dass die meisten Patienten an *Krankengymnastik*, an *physikalischen Anwendungen* und *Gehtraining* teilnahmen. Die Effektivität wurde hierbei als besonders hoch eingeschätzt, wobei die Probanden der Experimentalgruppe erneut einhellig *Krankengymnastik* durchschnittlich mit 4,0 ($SD = 0,0$), *Mentales Gehtraining* mit 3,73 ($SD = 0,65$) und *physikalische Anwendungen* mit 3,64 ($SD = 0,50$) bewertete und die Kontrollgruppe alle drei Behandlungsmaßnahmen ähnlich einschätzte (*Krankengymnastik*: $M = 3,78$, $SD = 0,43$; *physikalische Anwendungen*: $M = 3,64$, $SD = 0,50$; *Gehtraining*: 3,63, $SD = 0,62$). Am Muskelaufbautraining nahm ungefähr die Hälfte der Probanden teil (EG 7 von $n = 15$, KG 13 von $n = 18$). Die Wirksamkeit dieser Behandlung wurde von der Experimentalgruppe mit 3,71 ($SD = 0,49$) als hoch eingeschätzt, von der Kontrollgruppe geringfügig niedriger ($M = 3,54$, $SD = 0,66$) bewertet. Entspannungstraining und Aquajogging wurden auch in der Anschlussheilbehandlung am wenigsten praktiziert.

Tabelle 37

Nachhaltigkeit und Aspekte des Therapieprozesses bei Patienten mit Totalendoprothese, Teil 3

Totalendoprothese, NACHHALTIGKEIT/ THERAPIEPROZESS: <i>Therapieinhalte</i>			t_{N2}				t_{N3}				t_{N4}			
		<i>n</i>	<i>ja</i> ¹	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>ja</i> ¹	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>ja</i> ¹	<i>M</i>	<i>SD</i>	
<i>Entspannungstherapie</i>	EG	13	5	3,60	0,55	11	4	3,25	0,96	6	5	3,20	0,45	
	KG	19	1	3,00	-	16	2	3,00	0,00	10	1	3,00	-	
<i>Krankengymnastik</i>	EG	10	8	4,00	0,00	5	10	4,00	0,00	0	11	3,73	0,47	
	KG	7	13	4,00	0,00	0	18	3,78	0,43	0	11	4,00	0,00	
<i>Physikalische Anwendungen</i>	EG	11	7	3,71	0,49	4	11	3,64	0,50	0	11	3,75	0,62	
	KG	10	10	3,80	0,42	1	17	3,71	0,47	1	10	3,90	0,32	
<i>Mentales Gehtraining Gehtraining</i>	EG	11	7	3,86	0,38	4	11	3,73	0,65	0	11	3,50	0,52	
	KG	10	10	3,50	0,71	2	16	3,63	0,62	3	8	3,75	0,46	
<i>Muskelaufbautraining</i>	EG	14	4	3,75	0,50	8	7	3,71	0,49	3	8	3,75	0,46	
	KG	15	5	3,60	0,89	5	13	3,54	0,66	4	7	3,29	0,76	
<i>Aquajogging</i>	EG	17	1	4,00	-	10	5	4,00	0,00	5	6	3,50	0,84	
	KG	18	2	4,00	0,00	14	4	4,00	0,00	5	6	3,50	0,55	

Anmerkungen.

Die Variablen zu den *Therapieinhalten* werden hinsichtlich Fallzahlen, Mittelwerte, Standardabweichungen der Experimental- und Kontrollgruppe spezifiziert.

¹ Darin ist: Rating zur Teilnahme: *nein (n)/ja (j)*; wenn *ja*, vierstufige Bewertung: 1 = *wirkte erschwerend* bis 4 = *half sehr*).

Die Evaluation der *Therapieinhalte* der sich am Wohnort der Patienten anschließenden Rehabilitation (t_{N4}) ergab, dass fast alle Patienten noch an *Krankengymnastik* (EG 11 von $n = 11$, KG 11 von $n = 11$) und viele an *physikalischen Anwendungen* (EG 11 von $n = 11$, KG 10 von $n = 11$) und *Gehtraining* (EG 11 von $n = 11$, KG 8 von $n = 11$) teilnahmen. Die Effektivität wurde hierbei als besonders hoch eingeschätzt, wobei die Probanden der Experimentalgruppe *physikalische Anwendungen* durchschnittlich mit 3,75 ($SD = 0,62$), *Krankengymnastik* mit 3,73 ($SD = 0,47$) und *Mentales Gehtraining* mit 3,50 ($SD = 0,52$) bewerteten und die Kontrollgruppe alle drei Behandlungsmaßnahmen ähnlich einschätzten (*Krankengymnastik*: $M = 4,00$, $SD = 0$; *physikalische Anwendungen*: $M = 3,75$, $SD = 0,62$; *Gehtraining*: 3,75, $SD = 0,46$). Am Muskelaufbautraining nahm mehr als die Hälfte der Probanden teil (EG 8 von $n = 11$, KG 7 von $n = 11$). Die Wirksamkeit dieser Behandlung wurde wie auch zum dritten Messzeitpunkt von der Experimentalgruppe mit 3,75 ($SD = 0,0$) als sehr hoch eingeschätzt, von der Kontrollgruppe hingegen etwas niedriger ($M = 3,29$, $SD = 0,76$) bewertet. Entspannungstraining und Aquajogging wurden auch in der Anschlussheilbehandlung am wenigsten praktiziert.

In dem Fragebogen wurden die Probanden aufgefordert *weitere Behandlungsmethoden* zu nennen, die sie angewendet haben und diese zu bewerten. Zum dritten Messzeitpunkt nannte eine Versuchsperson der Kontrollgruppe *Liegen&Kühlen* (Bewertung 4, auf der vierstufigen Skala mit 1 = *half nicht* bis 4 = *half sehr*) und eine Versuchsperson der Experimentalgruppe *Knie-Tapeverband* (Bewertung 4). Zum vierten Messzeitpunkt machten vier Probanden der Kontrollgruppe folgende Angaben: *Liegen & Kühlen* (4), *Eis* (3), *Expandertraining&Knie-Tapeverband* (4) und *Radfahren* (3). Drei Probanden der Experimentalgruppe nannten *Quarkpackungen* (3), *Spaziergänge* (4) bzw. *Neurophysiologische Komplextherapie* (4). Zum fünften Messzeitpunkt nannten drei Probanden der Kontrollgruppe *Radfahren* (3), *Schwimmen* (4) bzw. *Knie-Tapeverband* (4) und zwei der Experimentalgruppe *Gymnastik* (Bewertung 4) bzw. *Akupunktur* (Bewertung 4).

Um die *Nachhaltigkeit* der Intervention und in den spezifischen Aspekten des *Therapieprozesses* besser abbilden zu können, wurden der *Gesundheitszustandes* und die damit verbundene *beruflichen Funktionsfähigkeit* erfasst (s. Tab. 38).

Zum dritten Messzeitpunkt konnten die Daten von 18 Probanden in der Experimentalgruppe (davon neun Berufstätige, neun Rentner/Innen) und 20 in der Kontrollgruppe (davon neun Berufstätige, 10 Rentner/Innen und ein/e Hausmann/Hausfrau) erfasst werden. Die Berufstätigen der Experimentalgruppe gaben an durchschnittlich 42,3 Stunden/Woche ($SD = 5,54$; $Min = 35$; $Max = 50$) zu arbeiten; 6 von 9 waren aufgrund der Knieerkrankung

arbeitsunfähig. Die Berufstätigen der Kontrollgruppe gaben an im Schnitt 43 Stunden/Woche ($SD = 10,98$; $Min = 20$; $Max = 50$) zu arbeiten; 6 von 9 waren aufgrund der Knieerkrankung arbeitsunfähig.

Tabelle 38

Nachhaltigkeit und Aspekte des Therapieprozesses bei Patienten mit Totalendoprothese, Teil 4

Totalendoprothese, NACHHALTIGKEIT/ THERAPIEPROZESS:	t_{N2}		t_{N3}		t_{N4}			
	<i>n</i>	<i>H</i>	<i>Arbeits- unfähig¹</i>	<i>n</i>	<i>H</i>	<i>Arbeits- unfähig¹</i>	<i>n</i>	<i>H</i>
<i>Gesundheitszustand und berufliche Funktionsfähigkeit</i>	EG	18		15			11	
<i>Berufstätige</i>			9	6		7	5	7
<i>Rentner/In., Pensionär/In</i>			9			5		4
<i>Hausmann/Hausfrau</i>			-			1		-
	KG	20		18			11	
<i>Berufstätige</i>			9	6		7	6	6
<i>Rentner/In, Pensionär/In</i>			10			10		4
<i>Hausmann/Hausfrau</i>			1			1		1

Anmerkungen.

Die Variablen *Gesundheitszustand* und *berufliche Funktionsfähigkeit* werden hinsichtlich Fallzahlen, Mittelwerte, Standardabweichungen der Experimental- und Kontrollgruppe spezifiziert.

¹Die Variable *Arbeitsunfähigkeit* bezieht sich nur auf berufstätige Patienten. Die Variable *Arbeitsunfähigkeit* bezieht sich nur auf Berufstätige.

Zum vierten Messzeitpunkt liegen die Daten von 15 Probanden in der Experimentalgruppe (davon sieben Berufstätige, fünf Rentner/Innen und ein/e Hausmann/Hausfrau) und 18 in der Kontrollgruppe (davon sieben Berufstätige, 10 Rentner/Innen und ein/e Hausmann/Hausfrau) vor. Die Berufstätigen der Experimentalgruppe gaben an durchschnittlich 39,5 Stunden/Woche ($SD = 1,80$; $Min = 37,5$; $Max = 42$) zu arbeiten; 5 von 7 waren aufgrund der Knieerkrankung arbeitsunfähig. Die Berufstätigen der Kontrollgruppe gaben an im Schnitt 48,7 Stunden/Woche ($SD = 11,43$; $Min = 40$; $Max = 70$) zu arbeiten; 6 von 7 waren aufgrund der Knieerkrankung arbeitsunfähig.

Zum fünften Messzeitpunkt konnten die Daten von 11 Probanden in der Experimentalgruppe (davon sieben Berufstätige, vier Rentner/Innen) und 11 in der Kontrollgruppe (davon sechs Berufstätige, vier Rentner/Innen und ein/e Hausmann/Hausfrau) erfasst werden. Die Berufstätigen der Experimentalgruppe arbeiteten durchschnittlich 39,3 Stunden/Woche ($SD = 3,45$; $Min = 35$; $Max = 45$). Eine Versuchsperson von 7 war arbeitsunfähig. Die Berufstätigen der Kontrollgruppe arbeiteten im Schnitt 29,5 Stunden/Woche ($SD = 22,30$; $Min = 10$; $Max = 70$). 3 Probanden von 6 waren arbeitsunfähig.

Die Befragung zum *Gesundheitszustandes* und der damit verbundenen *beruflichen Funktionsfähigkeit* ergab, dass alle Probanden ihren beruflichen Status von vor der Operation

auch nach der Operation, zu jedem der Messzeitpunkte, erhalten konnten. Zu keinem der Zeitpunkt gab es Arbeitslosigkeit.

Vorstellungsfähigkeit

Um die Vorstellungsfähigkeit der Patienten der Experimentalgruppe zu evaluieren (vgl. Abschn. 3.4.2.3), wurden die beiden Subskalen *Visuelle Vorstellungsfähigkeit* und *Kinästhetische Vorstellungsfähigkeit* ausgewertet. An dieser Stelle sei erneut darauf hingewiesen, dass das adaptierte Instrument als Pilot-Verfahren (s. Abschn. 3.4.2.3) eingesetzt wurde. Die damit gewonnenen Daten haben lediglich vorläufigen, heuristischen Charakter und sollen daher lediglich auf deskriptivstatistischer Ebene ausgewertet werden. Zusätzlich werden die Ergebnisse der Korrelationsanalyse vorgestellt.

Die nachfolgende Tabelle 39 bildet die statistischen Kennwerte beider Skalen ab.

Die Kommentierung der Fallzahlen deckt sich für die ersten vier Messzeitpunkte mit den obigen genannten Informationen zu den *Symptomen und physischen Funktionseinschränkungen*, die sich an Tabelle 32 anschließen.

Die Standardabweichungen schwanken im Merkmal *Visuelle Vorstellungsfähigkeit* zwischen 0,99 (t_{N2}) und 1,50 (t_{V1}) und in der Variablen *Kinästhetische Vorstellungsfähigkeit* zwischen 1,05 (t_{N4}) und 1,48 (t_{V1}).

Die tabellarische Auflistung (s. Tab. 39) der Mittelwerte der beiden Skalen zur Vorstellungsfähigkeit zeigt, dass *visuelle Vorstellungsfähigkeit* beim ersten Messzeitpunkt auf durchschnittlich 5,01 ($SD = 1,50$) eingeschätzt wird. Wobei die Werten bis zum letzten Messzeitpunkt 5,65 ($SD = 1,20$) leicht zunehmen. Im zeitlichen Verlauf ist beinahe durchgängig ein, konform mit der Theorie (vgl. Abschn. 1.5.4) stabiler Mittelwert, mit mittleren bis sehr hohen Korrelationskoeffizienten zwischen den Messzeitpunkten (zwischen .69 und .84, bei $p > 0,01$) zu beobachten (s. Anh. E). Die Korrelation des ersten mit dem letzten Messzeitpunkt fällt deutlich kleiner aus (.44, $p = .10$).

Die *Kinästhetische Vorstellungsfähigkeit* wird beim ersten Messzeitpunkt auf durchschnittlich 4,89 ($SD = 1,48$) mit tendenziell leicht zunehmenden Werten bis auf 5,48 ($SD = 1,05$) zum letzten Messzeitpunkt eingeschätzt. Die Stabilität des Kennwertes zeigt sich nur in Bezug auf die ersten drei Messzeitpunkte in mittleren bis hohen Korrelationskoeffizienten (zwischen .70 und .84, bei $p > .01$), zu beobachten. Die Korrelation des ersten mit dem vorletzten Messzeitpunkt (.52, $p = .03$) sowie die mit dem letzten (.38, $p = .14$) fallen deutlich kleiner aus (s. Anh. E). Eine naheliegende Erklärung für diesen Effekt ist die Anordnung der Messzeitpunkte. Während der Gedächtnisanteil zwischen den ersten drei, eng

zusammenliegenden Messzeitpunkten (ein Tag vor der Operation, 2 Tage und 12 Tage postoperativ) hoch ist, verliert er sich mit der Zeit (vierter Messzeitpunkt: 6 Wochen postoperativ, fünfter Messzeitpunkt: 6 Monate postoperativ).

Tabelle 39
Vorstellungsfähigkeit bei Experimentalgruppenpatienten mit Totalendoprothese

Schlittenprothese	t _{V1}			t _{N1}			t _{N2}			t _{N3}			t _{N4}			
	n	M	SD	n	M	SD	n	M	SD	n	M	SD	n	M	SD	
<i>Visuelle Vorstellungsfähigkeit</i>	EG	19	5,01	1,50	19	4,97	1,14	17	5,51	0,99	15	5,58	1,20	10	5,65	1,20
<i>Kinästhetische Vorstellungsfähigkeit</i>	EG	19	4,89	1,48	19	4,68	1,26	17	5,25	1,06	15	5,33	1,35	10	5,48	1,05

Anmerkungen.

Die Variablen *Visuelle* und *Kinästhetische Vorstellungsfähigkeit* werden hinsichtlich Fallzahlen, Mittelwerte, Standardabweichungen der Experimental- und Kontrollgruppe spezifiziert. Eine siebenstufige Ratingskala liegt vor (1 = sehr schwer, 7 = sehr leicht). Je größer der numerische Wert der *Vorstellungsfähigkeit*, desto leichter wird das innere Bild generiert.

Die Fähigkeit innere Bilder lebhaft und kontrolliert zu generieren scheint den Totalendoprothesepatienten in der visuellen Modalität geringfügig leichter zu fallen. Dies spiegelt sich in durchgehend höheren Werten in der Skala zur *visuellen Vorstellungsfähigkeit* verglichen mit denen in der Skala *kinästhetischen Vorstellungsfähigkeit*.

Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung

Optimistische Kompetenzerwartung könnte die Effekten des Mentalen Trainings moderieren (vgl. Abschn. 1.5.4). Um zunächst etwaige Gruppenunterschiede in der Selbstwirksamkeitserwartung zu erfassen, wurde die Skala *Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung* ausgewertet (Tab. 40).

Tabelle 40
Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung bei Patienten mit Totalendoprothese

Totalendoprothese	t _{V1}			t _{N1}			t _{N2}			t _{N3}			t _{N4}			
	n	M	SD	n	M	SD	n	M	SD	n	M	SD	n	M	SD	
<i>Selbstwirksamkeitserwartung</i>	EG	19	3,2	0,32	19	3,2	0,36	18	3,1	0,31	15	3,3	0,40	11	3,1	0,32
	KG	20	3,0	0,52	20	3,1	0,46	20	3,1	0,45	18	2,9	0,47	11	3,1	0,41

Anmerkungen.

Die Variable *Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung* wird hinsichtlich Fallzahlen, Mittelwerte, Standardabweichungen der Experimental- und Kontrollgruppe spezifiziert. Eine vierstufige Ratingskala (1 = Aussage trifft nicht zu, 5 = Aussage stimmt genau) liegt vor. Je größer der numerische Wert der Variablen, desto höher ist die *Selbstwirksamkeitserwartung*.

Die Kommentierung der Fallzahlen deckt sich mit den obig genannten Informationen zu den *Symptomen und physischen Funktionseinschränkungen*, die sich an Tabelle 32 anschließen.

Im Merkmal *Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung* schwanken die Standardabweichungen zwischen 0,31 (t_{N2} , EG) und 0,52 (t_{V1} , KG). Die Experimentalgruppe weist in den Standardabweichungen zu allen Messzeitpunkten niedrigere Werte auf, als die der Kontrollgruppe. Die Differenz ist allerdings zu allen fünf Messzeitpunkten minimal (0,20; 0,10; 0,14; 0,07; 0,09). Die nachfolgende Abbildung 49 verdeutlicht den Verlauf der grafisch.

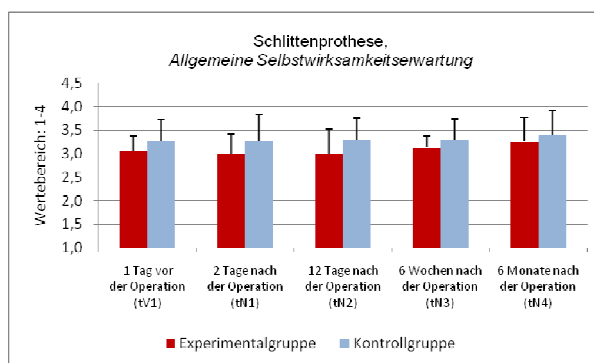


Abbildung 49 *Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung bei Patienten mit Totalendoprothese.* Die Mittelwerte und Standardabweichungen (vertikale Fehlerindikatoren auf den Balken) wurden an fünf Messzeitpunkten erhoben.

Die tabellarische (s. Tab. 40) wie auch grafische Abbildung 49 der Mittelwerte des Merkmals *Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung* in den beiden Gruppen zeigen, dass sich die Ausgangsmittelwertwerte der beiden Gruppen (EG $M = 3,2$, $SD = 0,32$; KG $M = 3,0$, $SD = 0,52$), wie auch die Werte zu allen anderen Messzeitpunkten, mit einer maximalen Mittelwertsdifferenz von 0,4 (t_{N3}), kaum unterscheiden. Bei genauer Betrachtung fällt auf, dass in der Kontrollgruppe der kleinste Wert (Min) im Durchschnitt um 0,5 Punktwerte unter dem kleinsten Wert in der Experimentalgruppe liegt. Im zeitlichen Verlauf ist in beiden Gruppen ein, konform der Theorie, stabiler Mittelwert mit mittleren bis hohen Korrelationskoeffizienten zwischen den Messzeitpunkten zwischen .64 und .82, zu beobachten. Die Korrelationen sind durchgängig auf dem Niveau von 0,01 (1-seitig) signifikant.

Aus der Betrachtung der deskriptiven Daten zur *Allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung* wird deutlich, dass in diesem Merkmal auf Gruppenebene keine Unterschiede vorzuliegen scheinen. Bleibt nun den moderierenden Zusammenhang auf inferenzstatistischer Ebene zu prüfen.

Täglicher Zeitaufwand für physiotherapeutische Übungen

Die Rücklaufquote der Trainingstagebücher betrug trotz Aufforderung lediglich 15% (5 vollständige Tagebücher von insgesamt 33 Patienten, die noch am vierten Messzeitpunkt

teilgenommen haben). Deswegen wird auf die statistische Auswertung dieser Variablen verzichtet. Als Grund gaben die meisten Patienten an, das Tagebuch entweder im Zeitraum der Anschlussheilbehandlung nicht mehr geführt zu haben oder das Mitbringen vergessen zu haben.

Kontrollvariablen

Alter, Geschlecht, Sportgewohnheiten, Vorerfahrungen mit Entspannung/Mentalem Training, Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung gingen in die inferenzstatistischen Analysen ein.

Zwischenbilanz zu den Ergebnissen der deskriptiven Auswertung (Studie 2)

In Studie 2 mit Totalendoprothesepatienten ergibt die bisherige Analyse der statistischen Kennwerte der Experimental- und Kontrollgruppe drei zentrale Befunde:

- Erstens waren die beiden Gruppen bezüglich ihrer Ausgangswerte in fast allen Variablen ähnlich. Eine Ausnahme bilden die Ausgangswerte in der Variablen *Standphasenanteil* (vgl. Tab. 31).
- Zweitens zeichneten sich im weiteren Verlauf in mehreren relevanten Evaluationskriterien Unterschiede zugunsten der Patienten der mental trainierenden Versuchsgruppe ab. So wiesen sie verglichen mit den Patienten der Kontrollgruppe in der Evaluationsdimension *Beweglichkeit* im Hauptzielkriterium *Flexion* zum dritten Messzeitpunkt durchschnittlich bessere Flexionswinkel auf (vgl. Tab. 30). Diese positive Tendenz zugunsten der Experimentalgruppe zeigte sich auch in der Evaluationsdimension *objektives Gangbild*, deutlich zum dritten Messzeitpunkt in der Variablen *Symmetrie des Gangbildes* und tendenziell in der Variablen *Standphasenanteil* (vgl. Tab. 31). Auffällig waren in Bezug auf die *subjektive Krankheitsbewältigung* in der Subskala *Aktives Coping* bessere statistische Kennwerte der mental trainierenden Gruppen zum dritten und fünften Messzeitpunkt. In der Evaluationsdimension *Symptome und physischen Funktionseinschränkungen* wies die Experimentalgruppe hinsichtlich der *Funktion*, des *Schmerzes* und der *Steifigkeit* (vgl. Tab. 32) beim fünften Messzeitpunkt bessere Werte auf.
- Drittens zeichneten sich im weiteren Verlauf in mehreren relevanten Evaluationskriterien Unterschiede zugunsten der Patienten der Kontrollgruppe ab. Dies waren *Flexion*, *Extension* *Symmetrie des Gangbildes* zum vierten Messzeitpunkt sowie *Schmerz* zum dritten und vierten Messzeitpunkt.

- Viertens konnten Merkmale identifiziert werden, in den die Kennwerte beider Gruppe einen sehr ähnlichen Verlauf nehmen. Dies sind zum vierten Messzeitpunkt *Aktives Coping* (vgl. Tab. 33), zum dritten und vierten Messzeitpunkt die Skalen zu *Symptome und physischen Funktionseinschränkungen* (vgl. Tab. 32) sowie im gesamten Verlauf *Gehgeschwindigkeit* (vgl. Tab. 31), *Depressive Verarbeitung* (vgl. Tab. 33), *Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung* (vgl. Tab. 40) und *Patientenzufriedenheit* (vgl. Tab. 34). *Extension* und *Hyperextension* als Maße für die Beweglichkeit haben nicht nur einen ähnlichen Verlauf im Gruppenvergleich, auch bei der Betrachtung über die Zeit hinweg treten nur minimale Veränderungen auf (vgl. Tab. 30). *Extension* und *Hyperextension* scheinen keine Evaluationskriterien zu sein, in denen sich operationsbedingte bzw. therapiebedingte Veränderungen deutlich niederschlagen. Daher werden sie nicht als geeignete Evaluationskriterien erachtet, um durch Therapie erzielte Erfolge zu operationalisieren.

Aus der Zwischenbilanz zur deskriptiven Analyse lässt sich als Schwerpunkt der inferenzstatistischen Analyse die Prüfung der Unterscheidbarkeit von Experimentalbedingung vs. Kontrollbedingung bzgl. ihrer zentralen Tendenz für die kombinierten und singulären abhängigen Variablen *Flexion*, *Symmetrie des Gangbildes* und *Aktives Coping* ableiten.

3.4.3.3 Inferenzstatistik der Hauptstudie 1

Die Hypothesen (s. 3.4.1) hatten folgende Zielrichtung: Patienten, die mit einem kognitiv-verhaltenstherapeutischen Programm (Mentales Training) behandelt wurden, sollten durchschnittlich größere, umfänglichere und nachhaltigere Erfolge als entsprechende Kontrollgruppen erzielen. Erwartet wurde in den einzelnen Variablen der fünf Evaluationsdimensionen: a) Bewegungsumfang im Kniegelenk: eine größere *Flexion* (Hauptzielkriterium), eine kleinere *Extension*, eine größere *Hyperextension*; b) Gehfähigkeit: eine größere *Gehgeschwindigkeit*, eine Verringerung des *Standphasenanteils* und eine Zunahme der *Gangsymmetrie*; c) Symptome und physische Funktionseinschränkungen: eine kleinere Einschränkung der *physischen Funktionsfähigkeit*, geringere *Schmerzen* und geringere *Steifigkeit*; d) Krankheitsbewältigung: geringere *depressive Verarbeitungstendenz* und ein geringeres *aktiv problemorientiertem Coping*; e) Patientenzufriedenheit: eine größere *Zufriedenheit*.

Um ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Stichprobengröße und Anzahl der abhängigen Variablen (aV) zu wahren, wird die Zusammensetzung des ersten Pools von Variablen (*AV-Pool₁*) in Anlehnung an die Ergebnisse der deskriptiven Auswertung der beiden Hauptstudien (s. Fazit im Abschn. 3.4.3.1) ausgesucht. Eine Auswahl der Variablen nach theoretisch-inhaltlichen Gesichtspunkten ist in dem vorliegenden Setting nicht möglich, da keine Befunde zum Mentalen Training in der orthopädischen Rehabilitation nach Knieendoprothetik existieren auf die ein Bezug nötig wäre.

Aus den 17 möglichen Variablen des *AV-Pool₁* wurden als objektive Maße aus dem Bereich der *Beweglichkeit im Kniegelenk* die, als Hauptzielkriterium definierte (vgl. Abschn. 3.4.1) Variable *Flexion* und aus den Variablen zum *Gangbild* die *Gangsymmetrie* ausgewählt. Subjektive Maße, die als besonders bedeutungsvoll galten, waren *Symptome und physische Funktionseinschränkungen* sowie die *Krankheitsbewältigung*. Aus dem ersten Bereich wurden sowohl der WOMAC-Gesamtwert als auch die WOMAC-Subskalen *Funktion*, *Schmerz* und *Steifigkeit* genauer untersucht. Aus dem Bereich der *Subjektiven Krankheitsbewältigung* wurden beide Subskalen *Depressive Verarbeitung* und *Aktives problemorientiertes Coping* einbezogen. Für jeden der fünf Messzeitpunkte wurden schrittweise Kombinationen von zwei bis fünf Variablen in die Diskriminanzfunktionen aufgenommen, bis die Diskriminanzfunktion die größte Trennkraft zwischen den Gruppen hatte. Nachfolgend werden die Ergebnisse der Diskriminanzanalysen für die Messzeitpunkte getrennt dargestellt. Dabei ist immer zu beachten, dass die diskriminanzanalytischen Ergebnisse sich auf das Optimum der Trennbarkeit zwischen den involvierten Gruppen beziehen (Minimum-Maximum-Prinzip der einbezogenen Varianz-Kovarianz-Matrizen).

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass in die Diskriminanzanalysen in SPSS nur diejenigen Probanden aufgenommen werden können, bei denen vollständige Datensätze vorliegen. Fehlten zu einem Messzeitpunkt bspw. die Gangdaten einer Versuchsperson, weil diese den Nachsorgetermin nicht wahrgenommen hatte, so gingen die Daten in die Diskriminanzanalysen trotz Vorhandensein der restlichen Variablen, die z.B. postalisch erfasst wurden, nicht mit ein. Aus diesem Umstand heraus lässt sich die geringe Stichprobengröße z.B. in der Studie 1 mit Schlittenprothesepatienten zum vierten Messzeitpunkt von $n = 9$ erklären. In diesem Fall wird bei der Auswertung die Variable, die zur Einschränkung führt, nicht berücksichtigt.

Die Vorstellung der inferenzstatistischen Ergebnisse erfolgt für die erste Studie der Patienten mit unikondylärer Schlittenprothese (s. Abschn. 3.4.3.4) und für die zweite Studie der Patienten mit bikondylärer Totalendoprothese (s. Abschn. 3.4.3.4) getrennt.

Hauptstudie 1, Unikondyläre Schlittenprothese: Einfaktorielle Varianzanalyse

Die Ergebnisse der Berechnungen zum ersten Messzeitpunkt (t_{V1}), also einen Tag vor der Operation, nehmen insofern eine Sonderstellung ein, als erwartet wird, dass die Ausgangswerte der Gruppen sich zu diesem Zeitpunkt nicht signifikant unterscheiden. Varianzhomogenität als Voraussetzung für die Durchführung der Varianzanalysen ist für jede Variable gegeben (Levene-Tests s. Anh. F). Die inferenzstatistische Überprüfung mittels einfaktorieller Varianzanalysen konnte zeigen, dass sich die Untersuchungsgruppen in den Ausgangswerten fast aller Variablen nicht signifikant voneinander unterscheiden. Wie es sich bereits in der deskriptiven Auswertung angedeutet hatte (vgl. Abschn. 3.4.3.1), unterscheiden sich Experimental- und Kontrollgruppe trotz Randomisierung in den Ausgangswerten der abhängigen Variablen *Aktives Coping* ($F(1, 23) = 6,58; p = .02; \eta^2 = 0,23$; Schärfe 69%) und *Steifigkeit* ($F(1, 23) = 5,49; p = .03; \eta^2 = 0,20$; Schärfe 61%) signifikant. Zudem gibt es in der aus allen WOMAC-Skalen gemittelten Variablen *Symptome und physischen Funktionseinschränkungen* einen marginal signifikanten Unterschied ($F(1, 23) = 2,86; p = .12; \eta^2 = 0,12$; Schärfe 37%).

Hauptstudie 1, Unikondyläre Schlittenprothese: Diskriminanzanalysen

Die Ergebnisse der Berechnungen zum zweiten Messzeitpunkt (t_{N1}), also zwei Tage nach der Operation, ergeben in Bezug auf die Analyse der am besten trennenden Diskriminanzfunktion bei zwei Variablen im Modell (*Flexion* und *Depressive Verarbeitung*; $n = 24$; Homogenität der Kovarianzmatrizen gegeben, vgl. Anh. G) keinen signifikanten Wert (Wilks' $\Lambda = 0,96; X^2_2 = 0,83; p = .66; c = .20$). *Gehgeschwindigkeit* taucht hier nicht auf, da diese Variable zwei Tage nach der Operation nicht erfasst werden kann (vgl. Tab. 17). Aus der Betrachtung der Klassifizierungsergebnisse wird deutlich, dass eine befriedigende Zuordnung der Fälle zu den Gruppen auch zum zweiten Messzeitpunkt nicht erreicht ist. Nur 66,7% aller Fälle werden korrekt klassifiziert.

Dies kann dadurch erklärt werden, dass am Tage des zweiten Messzeitpunkts die Intervention inhaltlich erst beginnt und sich etwaige Unterschiede noch gar nicht entfalten konnten. Gerade vor dem Hintergrund der Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse zum ersten Messzeitpunkt, vor der Operation, war dies zu erwarten.

Die Ergebnisse der Berechnungen zum dritten Messzeitpunkt (t_{N2}), also zwölf Tage nach der Operation, ergeben in Bezug auf die Analyse der Diskriminanzfunktion bei drei Variablen im Modell (*Flexion*, *Depressive Verarbeitung*, *Gangsymmetrie*; $n = 19$; Homogenität der

Kovarianzmatrizen gegeben, vgl. Anh. G) einen marginal signifikanten Wert (Wilks' $\Lambda = 0,64$; $X^2_3 = 7,00$; $p = .07$; $c = .60$). Die Tabelle der Klassifizierungsergebnisse ergibt eine zufriedenstellende Zuordnungsrate der korrekten Klassifikation von 78,90%.

Der Gleichheitstest der Gruppenmittelwerte liefert weitere Informationen. Die Variable *Flexion* wird mit $F(1, 17) = 7,00$ und $p = .02$ ($skd = 0,82$) signifikant. Aufschluss über die Richtung der Unterschiede gibt die Betrachtung der deskriptiven Statistik der Variablen *Flexion*. Der Unterschied fällt zugunsten der Experimentalgruppe aus.

Aus diesem Teilergebnis der Diskriminanzanalysen folgt, dass um der Frage nach der Gültigkeit der in Abschnitt 3.4.1 aufgestellten Hypothesen zur abhängigen Variablen *Flexion* genauer nachgehen zu können, eine univariate, zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt werden muss.

Die Berechnungen zum vierten Messzeitpunkt (t_{N3}), also 6 Wochen nach der Operation, ist in Bezug auf die Analyse der Diskriminanzfunktion bei drei Variablen im Modell (*Flexion-Depressive Verarbeitung-Gangsymmetrie*) bei einer Stichprobengröße von nur $n = 9$ Probanden und dem Missverhältnis von Größe der Experimentalgruppe zur Größe der Kontrollgruppe von 2 zu 7 nicht sinnvoll (zur Begründung der fehlenden Gangdaten zu t_{N3} s. Abschn. 3.4.3.1 und 3.4.3.2).

Die Ergebnisse der Berechnungen ergeben in Bezug auf die Analyse der Diskriminanzfunktion bei anderen drei Variablen im Modell (*Flexion-Depressive Verarbeitung-WOMAC-Skala Funktion*); $n = 17$; Homogenität der Kovarianzmatrizen gegeben, vgl. Anh. G) einen signifikanten Wert (Wilks' $\Lambda = 0,44$; $X^2_2 = 11,19$; $p = .01$; $c = .75$). Die Tabelle der Klassifizierungsergebnisse ergibt eine sehr gute Zuordnungsrate der korrekten Klassifikation von 94,10%. Der Gleichheitstest der Gruppenmittelwerte liefert weitere Informationen. Die Variable *Flexion* wird mit $F(1, 15) = 8,77$ und $p = .01$ ($skd = 0,70$) signifikant. Die Variable *Depressive Verarbeitung* wird mit $F(1, 15) = 3,10$ und $p = .09$ ($skd = 0,39$) marginal signifikant. Die Variable *Funktion* wird mit $F(1, 15) = 5,60$ und $p = .03$ ($skd = 0,70$) signifikant. Aufschluss über die Richtung der Unterschiede gibt die Betrachtung der deskriptiven Statistik der beiden Variablen. Die Unterschiede fallen in allen drei Fällen zugunsten der Experimentalgruppe aus.

Auch aus diesem Teilergebnis der Diskriminanzanalysen folgt, dass um der Frage nach der Gültigkeit der in Abschnitt 3.4.1 aufgestellten Hypothesen zur abhängigen Variable *Flexion* und zur Variablen *Funktion* genauer nachgehen zu können, jeweils univariate, zweifaktorielle Varianzanalysen mit Messwiederholung durchgeführt werden müssen (s. in diesem Abschn.

weiter unten). Ferner erscheint es lohnenswert die Variablen *Funktion* der gleichen Prozedur zu unterziehen.

Die Ergebnisse der Berechnungen zum fünften Messzeitpunkt (t_{N4}), also ½ Jahr nach der Operation, ergeben in Bezug auf die Analyse der Diskriminanzfunktion bei zwei Variablen im Modell (*Depressive Verarbeitung* und WOMAC-Skala *Funktion*; $n = 19$; Homogenität der Kovarianzmatrizen gegeben, vgl. Anh. G) keinen signifikanten Wert (Wilks' $\Lambda = 0,84$; $X^2_2 = 2,85$; $p = .24$; $c = .40$). Aus der Betrachtung der Klassifizierungsergebnisse wird deutlich, dass eine befriedigende Zuordnung der Fälle zu den Gruppen zum fünften Messzeitpunkt nicht erreicht ist. Nur 68,4% aller Fälle werden korrekt klassifiziert.

Die Diskriminanzanalysen wurden in ihrer Filterfunktion, die eine Variablenauswahl nach statistischen Gesichtspunkten ermöglicht, eingesetzt. Aus den Ergebnissen der obigen Berechnungen lassen sich diejenigen abhängigen Variablen, die deutlich die Gruppen trennen, selektieren und zu einem zweiten Pool der abhängigen Variablen (*AV-Pool₂*) zusammenzufassen. Die Auswahl der Variablen schließt allerdings die Einschränkung des Geltungsbereiches ein, da die Variablen aus Trennfunktionen stammen, in denen Variablen miteinander kombiniert worden sind. Der *AV-Pool₂* besteht aus den Variablen: *Flexion*, *Depressive Verarbeitung* und der WOMAC-Subskala *Funktion*.

Hauptstudie 1, Unikondyläre Schlittenprothese: Varianzanalysen

Im zweiten Schritt der inferenzstatistischen Datenauswertung der Studie 1 soll der Frage nach der Gültigkeit der in Abschnitt 3.4.1 aufgestellten Hypothesen genauer nachgegangen werden. Dazu werden vier diskriminierende Variablen, nämlich aus dem Bereich der Beweglichkeit im Kniegelenk die abhängige Variable *Flexion*, unter den Variablen zum Gangbild die *Gehgeschwindigkeit*, die Subskala der subjektiven Krankheitsbewältigung *Depressive Verarbeitung* und die WOMAC-Subskala *Funktion* mit Hilfe von vier univariaten, zweifaktoriellen Varianzanalysen mit Messwiederholung auf Signifikanz geprüft.

Bei der Auswertung der *Flexion* wurde als Innersubjektfaktor der Faktor *Zeit* mit vier Stufen definiert. Diese entsprachen den Messzeitpunkten t_{V1} , t_{N1} , t_{N2} , t_{N3} (ein Tag vor der Operation, zwei Tage, zwölf Tage und 6 Wochen nach der Operation; vgl. Tab. 17). Die Daten zum dritten Messzeitpunkt geben kurzfristige, die zum vierten Messzeitpunkt mittelfristige Veränderungen wider. Die Gruppenzugehörigkeit wurde als Zwischensubjektfaktor festgelegt. Die der Varianzanalyse vorangestellte Überprüfung der Daten auf Varianzhomogenität mittels des Levene-Tests kommt für die vorliegenden Stichprobendaten zu allen vier

Messzeitpunkten zu einem nicht signifikanten Ergebnis (s. Anh. F). Zur Überprüfung der Zirkularitätsannahme, die dann als verletzt gilt, wenn die Varianzen und Kovarianzen inhomogen sind, wird der Mauchly-Test auf Sphärizität durchgeführt. In diesem Fall kann die Sphärizität aufgrund des nicht signifikanten X^2 -Wertes als gegeben gelten (s. Anh. H). Somit ist eine Korrektur der Freiheitsgrade, durch die der Test an Effizienz verlieren würde, nicht geboten (vgl. Bortz, 2005, S. 356; Werner, 1997, S. 487). Die Forderung der Homogenität der Kovarianzmatrizen der abhängigen Variablen über alle Stufen der Zwischensubjektfaktoren wird mit Hilfe des Box-Tests geprüft und ist in diesem Fall ebenfalls erfüllt (s. Anh. G). A-priori-Unterschiede zwischen den Gruppen konnten inferenzstatistisch ausgeschlossen werden (vgl. Abschn. 3.4.3.2 *Einfaktorielle Varianzanalyse Studie 1, Unikondyläre Schlittenprothese*; s. Anh. I).

Die univariate, zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung erbringt sowohl für den Faktor *Zeit* ($F(3, 45) = 86,28; p = .00; \eta^2 = .85$; Schärfe 100%) wie auch für den Faktor *Gruppe* ($F(1, 15) = 10,95; p = .05; \eta^2 = .42$; Schärfe 87%) und für die Wechselwirkung *Zeit*Gruppe* ($F(3, 45) = 6,78; p = .00; \eta^2 = .31$; Schärfe 97%) höchst signifikante Ergebnisse. Die Wahrscheinlichkeit mit 17 Probanden (EG = 6; KG = 11) einen empirischen Effekt der Größen $\eta^2 = .85$ für den Faktor *Zeit*, $\eta^2 = .42$ für den Faktor *Gruppe* und $\eta^2 = .31$ für die Interaktion zu finden, betrug beachtliche 100% für *Zeit*, 87% für *Gruppe* und 97% für die Interaktion. Die Teststärken, um Effekte dieser Größen zu finden, fielen insgesamt also sehr groß aus. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die abhängige Variable *Flexion* sich sowohl im Zeitverlauf ändert, in ihrer mittleren Stärke von der Gruppenzugehörigkeit abhängig ist und die Kombination *Zeit*Gruppe* einen bedeutsamen Effekt auf die zentrale Tendenz der Variable ausübt.

Die Betrachtung der deskriptiven Statistik der Variablen *Flexion* gibt Aufschluss über die Richtung der Unterschiede. Der Unterschied fällt zum zweiten bis vierten Messzeitpunkt zugunsten der Experimentalgruppe aus. Zum ersten Messzeitpunkt schnitt die Kontrollgruppe besser ab.

Die Analyse der Einzelkontraste liefert zusätzliche Informationen zum Entwicklungsverlauf. Zum Vergleich der Innersubjektkontraste kann in SPSS die *Stufe 1 gegen 2*, *Stufe 1 gegen Stufe 3* und *Stufe 1 gegen Stufe 4* getestet werden. Im Falle des Faktors *Zeit* fallen mit $p = .00$ die Stufenvergleiche höchst signifikant aus (*1 gegen 2*: $F(1, 15) = 239,86; \eta^2 = .94$; Schärfe = 100%; bei *1 gegen 3*: $F(1, 15) = 69,23; \eta^2 = .82$; Schärfe = 100%; bei *1 gegen 4*: $F(1, 15) = 23,33; \eta^2 = .61$; Schärfe = 99%;). Hinsichtlich der Einzelkontraste der Wechselwirkung *Zeit*Gruppe* ist der Stufenvergleich *1 gegen 2* nicht signifikant ($F(1, 15) = 18,23; p = .82; \eta^2$

= .00; Schärfe = 5%). Dies war zu erwarten (vgl. Hypothese a) Abschn. 3.4.2.1) und kann dadurch erklärt werden, dass am Tage des zweiten Messzeitpunkts die Intervention inhaltlich erst beginnt und sich dadurch bedingte etwaige Unterschiede zwischen den Gruppen noch nicht entfalten können. Die Variable *Flexion* verändert sich über die Zeit hinweg. Hinsichtlich der Einzelkontraste der Wechselwirkung *Zeit*Gruppe* ist der Stufenvergleich *1 gegen 3* ist signifikant ($F(1, 15) = 17,33; p = .01; \eta^2 = .54$; Schärfe = 97%). Beim Stufenvergleich wird die marginale Signifikanzgrenze knapp verpasst (*1 gegen 4*: $F(1, 15) = 8,46; p = .11; \eta^2 = .36$; Schärfe = 78%). Dass der Unterschied zwischen mental trainierenden Patienten und Kontrollgruppenpatienten zum dritten Messzeitpunkt und nicht erst zum vierten größer sein würde, war hypothesenkonform (s. Abschn. 3.4.1). Möglicherweise kann sich die Verbesserung der Experimentalgruppenpatienten im Zeitraum der Intervention, die durch regelmäßiges Training (auch) unter Anleitung während der stationären Versorgung gekennzeichnet war, deutlicher entfalten. Im Zeitraum der Anschlussheilbehandlung, die nach dem dritten Messzeitpunkt in einer anderen Klinik stattfand, sollten die Patienten zwar selbstständig trainieren. Einen Hinweis darauf, dass dieses selbstständige Training doch nicht so konsequent wie das angeleitete erfolgte, gibt das Ausbleiben der Abgabe vieler Trainingstagebücher und die Auswertung der Selbstauskünfte aus dem Fragebogen *Nachhaltigkeit der Intervention und Aspekte des Therapieprozesses* (vgl. Abschn. 3.4.3.1 und 3.4.3.2).

Einfaktorielle Varianzanalysen wurden für jeden der Messzeitpunkte zusätzlich gerechnet. Die Ergebnisse dieser Nachfolgetests zur *Flexion* decken sich mit denen der zweifaktoriellen Varianzanalysen mit Messwiederholung bzw. der Einzelkontrastberechnungen. Der Gruppenvergleich zum zweiten Messzeitpunkt ist nicht signifikant ($F(1, 23) = 0,86; p = .36$), zum dritten ($F(1, 23) = 12,60; p = .00$) und vierten ($F(1, 23) = 8,77; p = .01$) ist er eindeutig signifikant.

Im Hinblick auf die Entwicklungsverläufe der beiden Gruppen in der Variablen *Flexion* ist festzuhalten, dass für den im vorherigen Abschnitt zur deskriptiven Statistik (s. Abschn. 3.4.3.1) angedeuteten positiveren kurz- wie mittelfristigen Verlauf der zusätzlich mental trainierenden Versuchsgruppe eine Verbesserung aus inferenzstatistischer Sicht mittels der univariaten, zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung nachgewiesen werden kann.

Bei der Auswertung der Subskala der subjektiven Krankheitsbewältigung *Depressive Verarbeitung* wurde in der univariaten, zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung als Innersubjektfaktor der Faktor *Zeit* mit nur drei Stufen definiert. Diese

entsprachen den Messzeitpunkten t_{V1} , t_{N1} und t_{N2} (ein Tag vor, zwei Tage nach und zwölf Tage nach der Operation; vgl. Tab. 17). Die Gruppenzugehörigkeit wurde als Zwischensubjektfaktor festgelegt. Der Faktor *Zeit* wurde bewusst nicht mit fünf Stufen definiert, da sich dadurch die Personenanzahl der Experimentalgruppe auf lediglich fünf Probanden, von denen Daten zu allen Messzeitpunkten vorliegen, reduzieren würde. Die Daten der letzten beiden Messzeitpunkte (t_{N3} und t_{N4}) werden daher mittels univariater, einfaktorierter Varianzanalyse getrennt ausgewertet.

Die der Varianzanalysen vorangestellte Überprüfung der Daten auf Varianzhomogenität ist zu den ersten beiden Messzeitpunkten gegeben, zum dritten Messzeitpunkt liegt sie jedoch nicht vor (s. Anh. F). Eine genaue Betrachtung der Zellengrößen und Größen der Standardabweichung erlaubt in Anlehnung an Stevens (1999, S. 97) dennoch varianzanalytisch auszuwerten. Eine Inhomogenität der Varianzen sei nur dann kritisch, wenn das Verhältnis zwischen größter und kleinster Zellengröße größer als 1,5 ist. Zwar ist dies hier knapp der Fall ($EG = 11$; $KG = 13$), aber da weiterhin gilt, dass bei Vorkommen der größeren Varianzen in den Zellen mit den größeren n der F-Test konservativer wird (weniger Power, größeres Beta-Fehler Risiko) und dies zutrifft ($SD_{EG} = 0,28$; $SD_{kg} = 0,50$), ist eine varianzanalytische Auswertung gerechtfertigt. Die Forderungen nach Sphärizität (s. Anh. H) und nach Homogenität der Kovarianzmatrizen über alle Stufen der Zwischensubjektfaktoren sind erfüllt (s. Anh. G). A-priori-Unterschiede zwischen den Gruppen konnten inferenzstatistisch ausgeschlossen werden (vgl. Abschn. 3.4.3.2 *Einfaktorielle Varianzanalyse Studie 1, Unikondyläre Schlittenprothese*; s. Anh. I).

In einem ersten Schritt erbringt die Varianzanalyse mit Messwiederholung mit der Variablen *Depressive Verarbeitung* zwar für den Faktor *Zeit* marginal signifikante Ergebnisse ($F(2, 44) = 3,13$; $p = .05$; $\eta^2 = .12$; Schärfe 57%), allerdings keine signifikanten Resultate für den Faktor *Gruppe* ($F(1, 22) = 0,15$; $p = .70$; $\eta^2 = .00$; Schärfe 6%) und für die Wechselwirkung *Zeit*Gruppe* ($F(2, 44) = 0,47$; $p = .63$; $\eta^2 = .02$; Schärfe 12%). Die Wahrscheinlichkeit mit 24 Probanden ($EG = 11$; $KG = 13$) einen empirischen Effekt der Größe $\eta^2 = .12$ für den Faktor *Zeit* betrug 57%. Die Teststärke, um einen etwaigen Effekt dieser Größen zu finden, fiel insgesamt klein aus. Es scheint also, dass über den Zeitraum der ersten 2 Wochen nach der Operation (erster bis dritter Messzeitpunkt) die Variable sich über die *Zeit* hinweg verändert und die Entwicklungen in den Gruppen ähnlich gestaltet sind.

Die Analyse der Einzelkontraste liefert weitere Informationen zum Entwicklungsverlauf. Nur beim Stufenvergleich *Stufe 1 gegen Stufe 3* fällt der Faktor *Zeit* mit $p = .03$ signifikant aus (F

(1, 22) = 5,50; $\eta^2 = .20$; Schärfe = 40%), wobei die Wechselwirkung *Zeit*Gruppe* nicht signifikant ist ($F(1, 22) = 0,47$; $p = .50$; $\eta^2 = .01$; Schärfe = 9%).

Die Überprüfung der Unterschiedlichkeit der Gruppen zu den letzten beiden Messzeitpunkten liefert die univariate, einfaktorielle Varianzanalysen für den vierten ($F(1, 19) = 2,86$; $p = .11$; $\eta^2 = .14$; Schärfe 36%) wie für den fünften Messzeitpunkt ($F(1, 19) = 3,17$; $p = .09$; $\eta^2 = .16$; Schärfe 39%) zwar keine signifikanten Ergebnisse, jedoch für den letzten Messzeitpunkt einen statistischen Trend.

Die sich in der deskriptiven Statistik (s. Tab. 22) und den Diskriminanzanalysen (s. Beginn dieses Abschnittes) abzeichnenden Gruppenunterschiede in der Variablen *Depressive Verarbeitung* können bei der vorliegenden geringen Stichprobengröße inferenzstatistisch nicht bzw. für den vierten (t_{N3}) resp. den fünften Messzeitpunkt (t_{N4}) auf den Niveaus $p = .09$ bzw. $p = .10$ bestätigt werden.

Bei der Auswertung der WOMAC-Subskala *Funktion* wurde als Innersubjektfaktor der Faktor *Zeit* mit drei Stufen definiert. Diese entsprachen den Messzeitpunkten t_{V1} , t_{N1} und t_{N2} (ein Tag vor, zwei Tage nach und zwölf Tage nach der Operation; vgl. Tabelle 17). Die Gruppenzugehörigkeit wurde als Zwischensubjektfaktor festgelegt. Der Faktor *Zeit* wurde bewusst nicht mit fünf Stufen definiert, da sich dadurch die Personenanzahl der Experimentalgruppe auf lediglich fünf Probanden, von denen Daten zu allen Messzeitpunkten vorliegen, reduzieren würde. Die Daten der letzten beiden Messzeitpunkte (t_{N3} und t_{N4}) werden daher mittels univariater, einfaktorieller Varianzanalyse getrennt ausgewertet.

Die den Varianzanalysen vorangestellte Überprüfung der Voraussetzungen Varianzhomogenität, Sphärizität und Homogenität der Kovarianzmatrizen sind fast alle erfüllt (s. Anh. F, H und G). Eine Ausnahme bilden die Ergebnisse zur Varianzhomogenität zum fünften Messzeitpunkt. Hier liegt sie nicht vor. Eine genaue Betrachtung der Zellengrößen und Größen der Standardabweichung ($EG = 8$; $KG = 11$; $SD_{EG} = 0,37$; $SD_{KG} = 1,07$) erlaubt in Anlehnung an Stevens (1999, S. 97; Begründung s. obiger Abschn. zu *Depressive Verarbeitung*, Voraussetzungen) dennoch varianzanalytisch auszuwerten. A-priori-Unterschiede zwischen den Gruppen konnten inferenzstatistisch ausgeschlossen werden (vgl. Abschn. 3.4.3.2 *Einfaktorielle Varianzanalyse Studie 1, Unikondyläre Schlittenprothese*; s. Anh. I).

Die univariate, zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung erbringt für den Faktor *Zeit* ($F(1, 42) = 14,71$; $p = .00$; $\eta^2 = .41$; Schärfe 100%) höchst signifikante Ergebnisse, jedoch nicht signifikante Ergebnisse für den Faktor *Gruppe* ($F(1, 21) = 1,86$; $p = .19$; $\eta^2 = .08$; Schärfe 26%) und für die Wechselwirkung *Zeit*Gruppe* ($F(1, 42) = 0,31$; $p = .74$; $\eta^2 =$

.02; Schärfe 10%). Die Wahrscheinlichkeit mit 23 Probanden (EG = 11; KG = 12) einen empirischen Effekt der Größen $\eta^2 = .41$ für den Faktor *Zeit*, $\eta^2 = .08$ für den Faktor *Gruppe* und $\eta^2 = .02$ für die Interaktion zu finden, betrug beachtliche 100% für *Zeit*, jedoch lediglich 26% für *Gruppe* und 10% für die Interaktion. Die Teststärken, um Effekte dieser Größen zu finden, falls sie existieren, fielen insgesamt also klein aus. Es scheint, dass über den Zeitraum der ersten 2 Wochen nach der Operation (erster bis dritter Messzeitpunkt) die Variable sich über die *Zeit* hinweg verändert und die Entwicklungen in den Gruppen ähnlich gestaltet sind. Aufschluss über die Richtung der Unterschiede gibt die Betrachtung der deskriptiven Statistik der Variablen *Funktion*. Der Unterschied fällt zu den betrachteten Messzeitpunkten t_{V1} , t_{N1} und t_{N2} , zugunsten der Experimentalgruppe aus. Der Vergleich der Mittelwerte mithilfe der Analyse der Einzelkontraste liefert keine neuen Informationen: Bei Stufe 1 gegen 2 wird der Faktor *Zeit* höchst signifikant ($F(1, 21) = 13,57$; $p = .00$), die Wechselwirkung *Zeit*Gruppe* jedoch nicht ($F(1, 21) = 0,19$; $p = .67$); Der Stufenvergleich 1 gegen 3 ist weder für Faktor *Zeit* ($F(1, 21) = 0,27$; $p = .61$) noch für die Wechselwirkung *Zeit*Gruppe* ($F(1, 21) = 0,07$; $p = .80$) signifikant.

Bei der Überprüfung der Unterschiede zwischen den Gruppen zu den letzten beiden Messzeitpunkten liefert die univariate, einfaktorielle Varianzanalyse für den vierten einen signifikanten Wert ($F(1, 18) = 6,71$; $p = .02$; $\eta^2 = .28$; Schärfe 69%), für den fünften Messzeitpunkt kein signifikantes Resultat ($F(1, 19) = 2,27$; $p = .15$; $\eta^2 = .12$; Schärfe 30%).

Im Hinblick auf die Entwicklungsverläufe der beiden Gruppen in der Variablen *Funktion* ist festzuhalten, dass für den im vorherigen Abschnitt zur deskriptiven Statistik (s. Abschn. 3.4.3.1) angedeuteten positiveren Verlauf der zusätzlich mental trainierenden Versuchsgruppe in Bezug auf den zweiten, dritten und vierten Messzeitpunkt (t_{N1} , t_{N2} , t_{N3}) eine statistische Signifikanz mittels der univariate, zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung nur bezogen auf die ersten drei Messzeitpunkte für den Faktor *Zeit* und mittels der univariaten, einfaktoriellen Varianzanalyse nur für den vierten Messzeitpunkt nachgewiesen werden konnte.

Für die aufgestellten Hypothesen (Abschn. 3.4.1) ergeben sich für die Studie 1 mit Schlittenprothesepatienten aus den obigen Berechnungen die nachfolgend zusammengefassten Befunde. Es sei daran erinnert, dass die Daten zum dritten Messzeitpunkt kurzfristige, die zum vierten Messzeitpunkt mittelfristige und die zum fünften langfristige Veränderungen wiedergeben.

Die spezifische Alternativhypothese zum Bewegungsumfang im Kniegelenk (s. Abschn. 3.4.1, a, H₁), operational definiert über die Messung der *Flexion*, die besagt, dass das Mentale Training bei Patienten nach Implantation einer unikondylären Schlittenprothese zu einer größeren und stabiler bleibenden Vergrößerung der *Flexion* führt als die Behandlung der Kontrollgruppe, kann im Rahmen der Ergebnisse vorliegender Untersuchung angenommen werden. Die Hypothese hat für den dritten und vierten Messzeitpunkt Gültigkeit. Langfristige Veränderungen (fünfter Messzeitpunkt) wurden in der Variablen *Flexion* nicht erhoben. Die Hypothese kann für die Variablen *Extension* und *Hyperextension* nicht bestätigt werden.

Die spezifische Alternativhypothese zu Symptomen und physischen Funktionseinschränkungen (s. Abschn. 3.4.1, c, H₃), operational definiert über die Messung der Merkmale *Funktion*, *Steifigkeit* und *Schmerz*, die besagt, dass das Mentale Training bei Patienten nach Implantation einer unikondylären Schlittenprothese zu einer kleineren Einschränkung der physischen Funktionsfähigkeit, zu geringeren Schmerzen und einer geringeren Steifigkeit führt als die Behandlung der Kontrollgruppe, kann im Rahmen der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung nicht bestätigt werden.

Die spezifische Alternativhypothese zur Krankheitsbewältigung (s. Abschn. 3.4.1, d, H₄), operational definiert über die Messung der Merkmale *Depressive Verarbeitungstendenz* und *Tendenz zu aktiv problemorientiertem Coping*, die besagt, dass das Mentale Training bei Patienten nach Implantation einer unikondylären Schlittenprothese zu geringerer depressiver Verarbeitungstendenz und einem geringeren aktiv problemorientiertem Coping führt, als die Behandlung der Kontrollgruppe, kann im Rahmen der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung nicht bestätigt werden.

Die spezifischen Alternativhypothesen zur Gehfähigkeit (s. Abschn. 3.4.1, b, H₂) und zur Patientenzufriedenheit (s. Abschn. 3.4.1, e, H₅) können im Rahmen der Studie 1 mit Schlittenprothesepatienten nicht bestätigt werden.

3.4.3.4 Inferenzstatistik der Hauptstudie 2

Hauptstudie 1, Bikondyläre Totalendoprothese: Einfaktorielle Varianzanalyse

Die Ergebnisse der Berechnungen zum ersten Messzeitpunkt (t_{v1}), also einen Tag vor der Operation, nehmen insofern eine Sonderstellung ein, als dass erwartet wird, dass die Ausgangswerte der Gruppen sich zu diesem Zeitpunkt nicht signifikant unterscheiden. Varianzhomogenität, als Voraussetzung für die Durchführung der Varianzanalysen, ist für alle Variablen, mit Ausnahme des *Standphasenanteils* und der *Selbstwirksamkeitserwartung* gegeben (Levene-Tests s. Anh. F). Die inferenzstatistische Überprüfung mittels einfaktorieller

Varianzanalysen konnte zeigen, dass sich die Untersuchungsgruppen in den Ausgangswerten fast aller Variablen nicht signifikant voneinander unterscheiden. Wie es sich bereits in der deskriptiven Auswertung angedeutet hatte (vgl. Abschn. x), unterscheiden sich Experimental- und Kontrollgruppe trotz Randomisierung in den Ausgangswerten der abhängigen Variablen *Standphasenanteil* ($F(1, 35) = 4,36; p = .04; \eta^2 = .11$; Schärfe 53%).

Hauptstudie 2, Bikondyläre Totalendoprothese: Diskriminanzanalysen

Die Ergebnisse der Berechnungen zum zweiten Messzeitpunkt (t_{N1}), also zwei Tage nach der Operation, ergeben in Bezug auf die Analyse der am besten trennenden Diskriminanzfunktion bei vier Variablen im Modell (*Flexion, Aktives Coping* und WOMAC-Skala *Schmerz*; $n = 39$; Homogenität der Kovarianzmatrizen gegeben, vgl. Anh. G) keinen signifikanten Wert (Wilks' $\Lambda = 0,92; X^2_3 = 3,10; p = .38; c = .29$). *Gangsymmetrie* taucht hier nicht auf, da diese Variable zwei Tage nach der Operation nicht erfasst werden kann (vgl. Tab. 17). Aus der Betrachtung der Klassifizierungsergebnisse wird deutlich, dass eine befriedigende Zuordnung der Fälle zu den Gruppen auch zum zweiten Messzeitpunkt nicht erreicht ist. Nur 56,4% aller Fälle werden korrekt klassifiziert.

Dies kann dadurch erklärt werden, dass die Intervention inhaltlich erst am Tage des zweiten Messzeitpunkts begann und sich etwaige Unterschiede noch gar nicht entfalten konnten. Gerade vor dem Hintergrund der Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse zum ersten Messzeitpunkt, vor der Operation, war dies zu erwarten.

Die Ergebnisse der Berechnungen zum dritten Messzeitpunkt (t_{N2}), also zwölf Tage nach der Operation, ergeben in Bezug auf die Analyse der Diskriminanzfunktion bei drei Variablen im Modell (*Flexion, Gangsymmetrie, Aktives Coping* und WOMAC-Skala *Schmerz*; $n = 32$; Homogenität der Kovarianzmatrizen gegeben, vgl. Anh. G) einen signifikanten Wert (Wilks' $\Lambda = 0,67; X^2_4 = 11,16; p = .03; c = .57$). Die Tabelle der Klassifizierungsergebnisse ergibt eine zufriedenstellende Zuordnungsrate der korrekten Klassifikation von 75,0%.

Der Gleichheitstest der Gruppenmittelwerte liefert weitere Informationen. Die Variable *Flexion* wird mit $F(1, 30) = 6,63$ und $p = .02$ ($skd = 0,70$) signifikant. Aufschluss über die Richtung der Unterschiede gibt die Betrachtung der deskriptiven Statistik der Variablen *Flexion*. Der Unterschied fällt zugunsten der Experimentalgruppe aus. Zudem wird die Variable *Aktives Coping* mit $F(1, 30) = 3,30$ und $p = .08$ ($skd = -0,48$) marginal signifikant. Bei der Betrachtung der deskriptiven Statistik der Variablen *Aktives Coping* (vgl. Tab. 22) zeigt sich ebenfalls ein Unterschied zugunsten der Experimentalgruppe.

Aus diesem Teilergebnis der Diskriminanzanalysen folgt, dass um der Frage nach der Gültigkeit der in Abschnitt 3.4.1 aufgestellten Hypothesen zur abhängigen Variable *Flexion* genauer nachgehen zu können, eine univariate, zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung durchgeführt werden muss. Ferner erscheint es lohnenswert die Variable *Aktives Coping* der gleichen Prozedur zu unterziehen.

Die Berechnungen zum vierten Messzeitpunkt (t_{N3}), also 6 Wochen nach der Operation, ergeben in Bezug auf die Analyse der Diskriminanzfunktion bei vier Variablen im Modell (*Flexion*, *Gangsymmetrie*, *Aktives Coping* und WOMAC-Skala *Schmerz*; $n = 15$; Homogenität der Kovarianzmatrizen gegeben, vgl. Anh. G) einen Wert der knapp das marginale Signifikanzniveau ($p \leq .10$) verpasst (Wilks' $\Lambda = 0,53$; $X^2_4 = 6,93$; $p = .14$; $c = .69$). Die Tabelle der Klassifizierungsergebnisse ergibt eine sehr gute Zuordnungsrates der korrekten Klassifikation von 80,0%. Der Gleichheitstest der Gruppenmittelwerte liefert weitere Informationen. Die einzelnen Variablen werden jedoch nicht signifikant.

Die Ergebnisse der Berechnungen zum fünften Messzeitpunkt (t_{N4}), also ½ Jahr nach der Operation, ergeben in Bezug auf die Analyse der Diskriminanzfunktion bei zwei Variablen im Modell (*Aktives Coping* und WOMAC-Skala *Schmerz*; $n = 22$; Homogenität der Kovarianzmatrizen gegeben, vgl. Anh. G) keinen signifikanten Wert (Wilks' $\Lambda = 0,86$; $X^2_2 = 2,92$; $p = .23$; $c = .38$). Aus der Betrachtung der Klassifizierungsergebnisse wird deutlich, dass eine befriedigende Zuordnung der Fälle zu den Gruppen zum fünften Messzeitpunkt nicht erreicht ist. Nur 63,6% aller Fälle werden korrekt klassifiziert.

Die Diskriminanzanalysen wurden in ihrer Filterfunktion, die eine Variablenauswahl nach statistischen Gesichtspunkten ermöglicht, eingesetzt. Aus den Ergebnissen der obigen Berechnungen lassen sich diejenigen abhängigen Variablen, die deutlich die Gruppen trennen, selektieren und zu einem zweiten Pool der abhängigen Variablen (*AV-Pool₂*) zusammenfassen; wobei diese Auswahl der Variablen allerdings die Einschränkung des Geltungsbereiches einschließt, da die Variablen aus Trennfunktionen stammen, in denen Variablen miteinander kombiniert worden sind. Der *AV-Pool₂* besteht aus den Variablen: *Flexion* und *Aktives Coping*.

Hauptstudie 2, Bikondyläre Totalendoprothese: Varianzanalysen

Im zweiten Schritt der inferenzstatistischen Datenauswertung der Studie 2 soll der Frage nach der Gültigkeit der in Abschnitt 3.4.1 aufgestellten Hypothesen genauer nachgegangen werden. Dazu werden zwei diskriminierende Variablen, nämlich aus dem Bereich der Beweglichkeit im Kniegelenk die abhängige Variable *Flexion* und die Subskala der subjektiven

Krankheitsbewältigung *Aktives Coping* mit Hilfe von je einer univariaten, zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung auf Signifikanz geprüft.

Bei der Auswertung der *Flexion* wurde als Innersubjektfaktor der Faktor *Zeit* mit vier Stufen definiert. Diese entsprachen den Messzeitpunkten t_{V1} , t_{N1} , t_{N2} , t_{N3} (ein Tag vor der Operation, zwei Tage, zwölf Tage und 6 Wochen nach der Operation; vgl. Tab. 17). Die Daten zum dritten Messzeitpunkt geben kurzfristige, die zum vierten Messzeitpunkt mittelfristige Veränderungen wider. Die Gruppenzugehörigkeit wurde als Zwischensubjektfaktor festgelegt. Die der Varianzanalyse vorangestellte Überprüfung der Daten auf Varianzhomogenität mittels des Levene-Tests kommt für die vorliegenden Stichprobendaten zu drei von vier Messzeitpunkten zu einem nicht signifikanten Ergebnis (s. Anh. F). Varianzhomogenität für die Variable *Flexion* ist zum zweiten Messzeitpunkt nicht gegeben ($F(1, 23) = 11,57$; $p = .00$). Eine genaue Betrachtung der Zellengrößen und Größen der Standardabweichung erlaubt in Anlehnung an Stevens (1999, S. 97) dennoch varianzanalytisch auszuwerten. Es gilt, dass bei Vorkommen der größeren Varianzen in den Zellen mit den größeren n , der F-Test konservativer wird (weniger Power, größeres Beta-Fehler Risiko). Da dies zutrifft (EG = 9; KG = 16; $SD_{EG} = 11,40$; $SD_{KG} = 19,92$), ist eine varianzanalytische Auswertung vertretbar. Die Forderungen nach Sphärizität und nach Homogenität der Kovarianzmatrizen über alle Stufen der Zwischensubjektfaktoren sind erfüllt (s. Anh. H und G). A-priori-Unterschiede zwischen den Gruppen konnten inferenzstatistisch ausgeschlossen werden (vgl. Abschn. 3.4.3.2 *Einfaktorielle Varianzanalyse Studie 1, Unikondyläre Schlittenprothese*; s. Anh. I).

Die univariate, zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung erbringt zwar für den Faktor *Zeit* hoch signifikante Ergebnisse ($F(3, 69) = 80,00$; $p = .00$; $\eta^2 = .78$; Schärfe 100%) jedoch für den Faktor *Gruppe* ($F(1, 23) = 0,08$; $p = .79$; $\eta^2 = .00$; Schärfe 6%) wie auch für die Wechselwirkung *Zeit*Gruppe* keine signifikanten Ergebnisse ($F(3, 69) = 1,07$; $p = .37$; $\eta^2 = .05$; Schärfe 28%). Die Wahrscheinlichkeit mit 25 Probanden (EG = 9; KG = 16) einen empirischen Effekt der Größen $\eta^2 = .78$ für den Faktor *Zeit*, $\eta^2 = .00$ für den Faktor *Gruppe* und $\eta^2 = .05$ für die Interaktion zu finden, betrug beachtliche 100% für *Zeit*, jedoch nicht zufriedenstellende 6% für *Gruppe* und 28% für die Interaktion. Die Teststärken, um Effekte dieser Größen zu finden, falls sie existieren, fielen abgesehen vom Faktor *Zeit* sehr klein aus. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass sich die abhängige Variable *Flexion* in beiden Gruppen allein durch das Vergehen von *Zeit* verändert und dass dem Faktor *Gruppe* kein singulärer und auch kein interaktiver Einfluss zugeschrieben werden kann.

Die Betrachtung der deskriptiven Statistik der Variablen *Flexion* gibt Aufschluss über die Richtung der Unterschiede. Der Unterschied fällt lediglich zum dritten Messzeitpunkt zugunsten der Experimentalgruppe aus. Zum ersten, zweiten und vierten Messzeitpunkt schnitt die Kontrollgruppe geringfügig besser ab.

Die Analyse der Einzelkontraste liefert weitere Informationen zum Entwicklungsverlauf. Zum Vergleich der Innersubjektkontraste kann in SPSS die *Stufe 1 gegen 2*, *Stufe 1 gegen Stufe 3* und *Stufe 1 gegen Stufe 4* getestet werden. Im Falle des Faktors *Zeit* fallen mit $p = .00$ die Stufenvergleiche höchst signifikant aus (*1 gegen 2*: $F(1, 23) = 294,17$; $\eta^2 = .93$; Schärfe = 100%; bei *1 gegen 3*: $F(1, 23) = 64,96$; $\eta^2 = .74$; Schärfe = 100%; bei *1 gegen 4*: $F(1, 23) = 12,11$; $\eta^2 = .35$; Schärfe = 92%). Hinsichtlich der Einzelkontraste der Wechselwirkung *Zeit*Gruppe* ist kein Stufenvergleich signifikant (*1 gegen 2*: $F(1, 23) = 0,24$; $p = .63$; $\eta^2 = .01$; Schärfe = 8%; bei *1 gegen 3*: $F(1, 23) = 1,59$; $p = .22$; $\eta^2 = .7$; Schärfe = 23%; bei *1 gegen 4*: $F(1, 23) = 0,0$; $p = .99$; $\eta^2 = .00$; Schärfe = 5%).

Dass der Unterschied zwischen mental trainierenden Patienten und Kontrollgruppenpatienten zum dritten Messzeitpunkt, und nicht erst zum vierten größer sein würde, überrascht nicht (s. Abschn. 3.4.1). Möglicherweise kann sich die Verbesserung der Experimentalgruppenpatienten nur während der Intervention deutlicher entfalten. Dieser Zeitraum, in dem alle Patienten in der ATOS-Klinik stationär versorgt werden, war durch regelmäßiges Training unter Anleitung gekennzeichnet.

Im Zeitraum der Anschlussheilbehandlung, die nach dem dritten Messzeitpunkt in einer anderen Klinik stattfand, sollten die Patienten zwar selbstständig trainieren. Einen Hinweis darauf, dass dieses selbstständige Training jedoch nicht so konsequent wie das angeleitete erfolgte, gibt das Ausbleiben der Abgabe vieler Trainingstagebücher und die Auswertung der Selbstauskünfte aus dem Fragebogen *Nachhaltigkeit der Intervention und Aspekte des Therapieprozesses* (vgl. Abschn. 3.4.3.1 und 3.4.3.2).

Einfaktorielle Varianzanalysen wurden für jeden der Messzeitpunkte zusätzlich gerechnet. Die Ergebnisse dieser Nachfolgetests zur *Flexion* decken sich mit denen der zweifaktoriellen Varianzanalysen mit Messwiederholung bzw. der Einzelkontrastberechnungen. Der Gruppenvergleich zum zweiten und vierten Messzeitpunkt sind nicht signifikant ($F(1, 38) = 0,01$; $p = .92$ und $F(1, 26) = 0,8$; $p = .79$). Zum dritten Messzeitpunkt fällt er signifikant aus ($F(1, 37) = 6,78$; $p = .01$).

Im Hinblick auf die Entwicklungsverläufe der beiden Gruppen in der Variablen *Flexion* ist festzuhalten, dass für den im vorherigen Abschnitt zur deskriptiven Statistik (s. Abschn. 3.4.3.2) angedeuteten positiveren kurzfristigen Verlauf der zusätzlich mental trainierenden

Versuchsgruppe eine Verbesserung aus inferenzstatistischer Sicht mittels der univariaten, zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung nicht nachgewiesen werden kann. Inferenzstatistisch lässt sich lediglich mittels einfaktorierlicher varianzanalytischer Nachfolgetests für den dritten Messzeitpunkt ein Mittelwertsunterschied zugunsten der Experimentalgruppe belegen.

Bei der Auswertung der Subskala der subjektiven Krankheitsbewältigung *Aktives Coping* wurde in der univariaten, zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung als Innersubjektfaktor der Faktor *Zeit* mit fünf Stufen definiert. Diese entsprachen den Messzeitpunkten t_{V1} bis t_{N4} (1 Tag vor der Operation, 2 Tage, 12 Tage, 6 Wochen und 6 Monate postoperativ; vgl. Tab. 17). Die Gruppenzugehörigkeit wurde als Zwischensubjektfaktor festgelegt.

Die der Varianzanalysen vorangestellte Überprüfung der Daten auf Varianzhomogenität ist für alle Messzeitpunkte gegeben (s. Anh. F). Sphärizität ist allerdings aufgrund des signifikanten X^2 -Wertes im Mauchly-Test nicht gegeben (s. Anh. H). In der gängigen Literatur werden zwei Wege zur Lösung des Problems vorgeschlagen. Bei kleinen Stichproben wird die Verwendung der Korrektur der Freiheitsgrade der Signifikanzprüfung empfohlen (vgl. Bortz, 2005). Bei starker Verletzung der Sphärizitätsannahme soll die multivariate Auswertung reliablere Ergebnisse liefern (Rasch et al., 2006, SPSS-Ergänzungen, S.4). Die Forderung der Homogenität der Kovarianzmatrizen der abhängigen Variablen über alle Stufen der Zwischensubjektfaktoren wird mit Hilfe des Box-Tests geprüft und ist in diesem Fall ebenfalls erfüllt (s. Anh. G).

A-priori-Unterschiede zwischen den Gruppen konnten inferenzstatistisch ausgeschlossen werden (vgl. Abschn. 3.4.3.2 *Einfaktorielle Varianzanalyse Studie 1, Unikondyläre Schlittenprothese*; s. Anh. I).

In einem ersten Schritt erbringt die Varianzanalyse mit Messwiederholung mit der Variablen *Aktives Coping*, nach Adjustierung der Freiheitsgrade nach Greenhouse-Geisser (in SPSS irrtümlicherweise als „Untergrenze“ bezeichnet) zwar für den Faktor *Zeit* signifikante Ergebnisse ($F(1, 15) = 5,70$; $p = .03$; $\eta^2 = .28$; Schärfe 61%), allerdings keine signifikanten Resultate für den Faktor *Gruppe* ($F(1, 15) = 0,23$; $p = .64$; $\eta^2 = .02$; Schärfe 7%) und für die Wechselwirkung *Zeit*Gruppe* ($F(1, 15) = 1,14$; $p = .30$; $\eta^2 = .07$; Schärfe 17%). Die Wahrscheinlichkeit mit 17 Probanden (EG = 7; KG = 10) einen empirischen Effekt der Größen $\eta^2 = .28$ für den Faktor *Zeit*, $\eta^2 = .02$ für den Faktor *Gruppe* und $\eta^2 = .07$ für die Interaktion zu finden, betrug 61% für *Zeit*, unzufriedenstellende 7% für *Gruppe* und 17% für die Interaktion. Die Teststärken, um Effekte dieser Größen zu finden, falls sie existieren,

fielen abgesehen vom Faktor *Zeit* sehr klein aus. Es scheint also, dass über den Zeitraum eines halben Jahres nach der Operation (erster bis fünfter Messzeitpunkt) die Variable sich über die *Zeit* hinweg verändert und die Entwicklungen in den Gruppen ähnlich gestaltet sind.

Die Analyse der Einzelkontraste liefert weitere Informationen zum Entwicklungsverlauf. Nur beim Stufenvergleich *Stufe 1 gegen Stufe 5* fällt der Faktor *Zeit* mit $p = .01$ signifikant aus ($F(1, 15) = 9,46$; $\eta^2 = .39$; Schärfe = 82%), wobei die Wechselwirkung *Zeit*Gruppe* nicht signifikant ist ($F(1, 15) = 2,34$; $p = .24$; $\eta^2 = .09$; Schärfe = 21%).

Die Überprüfung der Unterschiedlichkeit der Gruppen zu den letzten beiden Messzeitpunkten liefert univariate, einfaktorische Varianzanalysen für keinen der Messzeitpunkte signifikante Ergebnisse.

Die sich in der deskriptiven Statistik (s. Tab. 33) und den Diskriminanzanalysen (vgl. Beginn dieses Abschnittes) abzeichnenden Gruppenunterschiede in der Variablen *Aktives Coping* können bei der vorliegenden geringen Stichprobengröße inferenzstatistisch nicht bestätigt werden.

Für die aufgestellten Hypothesen (Abschn. 3.4.1) ergeben sich aus den obigen Berechnungen der Studie 2 mit Totalendoprothesepatienten die nachfolgend zusammengefassten Befunde. Es sei daran erinnert, dass die Daten zum dritten Messzeitpunkt kurzfristige, die zum vierten Messzeitpunkt mittelfristige und die zum fünften langfristige Veränderungen wiedergeben.

Die spezifische Alternativhypothese zum Bewegungsumfang im Kniegelenk (s. Abschn. 3.4.1, a, H_{11}), operational definiert über die Messung der *Flexion*, die besagt, dass das Mentale Training bei Patienten nach Implantation einer bikondylären Totalendoprothese zu einer größeren und stabiler bleibenden Vergrößerung der *Flexion* führt als die Behandlung der Kontrollgruppe, kann im Rahmen der Ergebnisse vorliegenden Untersuchung eingeschränkt angenommen werden. Die Hypothese hat nur für den kurzfristigen Zeitraum, für den dritten Messzeitpunkt Gültigkeit. Mittelfristig, also für den vierten Messzeitpunkt kann sie nicht bestätigt werden. Langfristige Veränderungen (fünfter Messzeitpunkt) wurden in der Variablen *Flexion* nicht erhoben. Die Hypothese kann für die Variablen *Extension* und *Hyperextension* nicht bestätigt werden.

Die spezifischen Alternativhypothesen zur Gehfähigkeit (s. Abschn. 3.4.1, b, H_{21}), zu Symptomen und physischen Funktionseinschränkungen (s. Abschn. 3.4.1, c, H_{31}), zur Krankheitsbewältigung (s. Abschn. 3.4.1, d, H_{41}) und zur Patientenzufriedenheit (s. Abschn. 3.4.1, e, H_{51}) können im Rahmen der Studie 2 mit Totalendoprothesepatienten nicht bestätigt werden.

3.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im nachfolgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der beiden Hauptstudien im Überblick dargestellt. Den Schwerpunkt bilden die deskriptiven und inferenzstatistischen Ergebnisse bezüglich der aus der Fragestellung (vgl. Abschn. 3.2) generierten Hypothesen (vgl. Abschn. 3.4.2). Als deskriptivstatistische Differenzen werden in der Folge solche Differenzen bezeichnet, die eine Signifikanzgrenze nicht oder mit Wahrscheinlichkeit nicht überschreiten, sich also die Gruppenmittelwerte nur der Tendenz nach unterscheiden. Rein deskriptive Differenzen sind demnach nicht zufallskritisch geprüft.

Wenn man nach Maßgabe der angeführten Erklärung (vgl. Abschn. 3.4.2.5 und Tab. 18) zur singulären Testung argumentiert, dann ergibt sich ein Rekurs auf eine univariate Prüfung, was im Falle der Diskriminanzanalyse einer varianzanalytischen Modalität entspricht.

Die Hypothesen hatten folgende Zielrichtung: Patienten, die mit einem Mentalen Trainingsprogramm behandelt wurden, sollten durchschnittlich größere, umfänglichere und nachhaltigere Erfolge als entsprechende Kontrollgruppen erzielen (vgl. Abschn. 3.4.1).

Erwartet wurde in den einzelnen Variablen der fünf Evaluationsdimensionen:

- a) Bewegungsumfang im Kniegelenk: eine größere *Flexion* (Hauptzielkriterium), eine kleinere *Extension*, eine größere *Hyperextension*;
- b) Gehfähigkeit: eine größere *Gehgeschwindigkeit*, eine Verringerung des *Standphasenanteils* und eine Zunahme der *Gangsymmetrie*;
- c) Symptome und physische Funktionseinschränkungen: eine kleinere Einschränkung der *physischen Funktionsfähigkeit*, geringere *Schmerzen* und geringere *Steifigkeit*;
- d) Krankheitsbewältigung: geringere *depressive Verarbeitungstendenz* und ein geringeres *aktiv problemorientiertes Coping*;
- e) Patientenzufriedenheit: eine größere *Zufriedenheit*.

Wenn in der Folge auf die Messzeitpunkte (vgl. Abschn. 3.4.2.2, Tab. 17) Bezug genommen wird, wird aus Gründen der Übersichtlichkeit beim Zeitpunkt der Entlassung aus der Klinik, also zwölf Tage nach der Operation (t_{N2}) von kurzfristigen Veränderungen, beim Zeitpunkt der Nachsorgeuntersuchung, also 6 Wochen postoperativ (t_{N3}) von mittelfristigen Veränderungen sowie beim letzten Messzeitpunkt, ½ Jahr nach der Operation (t_{N4}) von langfristigen Veränderungen gesprochen.

Hauptstudie 1, Unikondyläre Schlittenprothese

Bei Patienten mit Schlittenprothese (Hauptstudie 1) ist im Hinblick auf die Entwicklungsverläufe der beiden Gruppen im Bewegungsumfang im Kniegelenk (a), bezogen auf die Variable *Flexion* festzuhalten, dass die kurz- wie mittelfristig besseren Kennwerte der zusätzlich mental trainierende Versuchsgruppe (s. Abschn. 3.4.3.1, Tab. 19) inferenzstatistisch abgesichert wurden (s. Abschn. 3.4.3.3). Diskriminanzanalysen ergaben signifikante Diskriminanzfunktionen für den dritten bzw. vierten Messzeitpunkt ($X^2_3 = 7,00$; $p = .07$ bzw. $X^2_2 = 11,19$; $p = .01$), wobei *Flexion* ($F(1, 17) = 7,00$; $p = .02$ bzw. mit $F(1, 15) = 8,77$; $p = .01$) innerhalb konventioneller Grenzwerte signifikant wurde. Univariate, zweifaktorielle Varianzanalyse mit viermaliger Messwiederholung ergaben höchst signifikante Ergebnisse (*Zeit* $F(3, 45) = 86,28$; $p = .00$; *Zeit*Gruppe* $F(3, 45) = 6,78$; $p = .00$). Diese decken sich mit den Ergebnissen einfaktorierter varianzanalytischer Nachfolgetests, für den dritten Messzeitpunkt ($F(1, 23) = 12,60$; $p = .00$) bzw. den vierten Messzeitpunkt ($F(1, 23) = 8,77$; $p = .01$).

Es sei darauf hingewiesen, dass in einem ersten inferenzstatistischen Schritt mittels Diskriminanzanalysen die Trennung der Gruppen hinsichtlich des dritten Messzeitpunkts über das Variablen trio *Flexion-Depressive Verarbeitung-Gangsymmetrie*, hinsichtlich des vierten Messzeitpunkts über das Variablen trio *Flexion-Depressive Verarbeitung-WOMAC-Skala Funktion* erfolgte (s. Abschn. 3.4.3.2).

Die Mittelwerte in den Variablen *Extension* und *Hyperextension* blieben unabhängig vom operativen Eingriffs und unabhängig von Zeit oder Gruppenzugehörigkeit relativ stabil (s. Abschn. 3.4.3.1, Tab. 19).

Bei Patienten mit Schlittenprothese konnten im Hinblick auf die Entwicklungsverläufe der beiden Gruppen in der Gehfähigkeit (b), bezogen auf die Variablen *Symmetrie des Gangbildes* und *Gehgeschwindigkeit*, kurz- wie mittelfristig Mittelwertsunterschiede zugunsten der Experimentalgruppe beobachtet werden (s. Abschn. 3.4.3.1, Tab. 20). Diese positive Tendenz zugunsten der mental trainierenden Patienten zeigte sich in der Variablen *Standphasenanteil* nur im kurzfristigen Verlauf. In die weitere inferenzstatistische Auswertung (s. Abschn. 3.4.3.3) wurde lediglich das Merkmal mit den deutlichsten Mittelwertunterschieden, nämlich die *Symmetrie des Gangbildes* integriert. Die multivariaten Diskriminanzanalysen ergaben zwar signifikante Werte für die Diskriminanzfunktion beim dritten (Variablen trio *Flexion-Depressive Verarbeitung-Gangsymmetrie*; $X^2_3 = 7,00$; $p = .07$) und vierten Messzeitpunkt (Variablen trio *Flexion-Depressive Verarbeitung-WOMAC-Skala Funktion*; $X^2_2 = 11,19$; $p = .01$) jedoch keine signifikanten Ergebnisse für die einzelne Variable *Symmetrie des*

Gangbildes. Folglich wurde von einer varianzanalytischen Nachfolgetestung des Merkmals abgesehen.

Bei Patienten mit Schlittenprothese ist im Hinblick auf die Entwicklungsverläufe der beiden Gruppen in den Symptomen und physischen Funktionseinschränkungen (c), bezogen auf die Variablen *Schmerz* und *Steifigkeit* festzuhalten, dass im kurz-, mittel- wie langfristigen Verlauf die Kennwerte beider Gruppen sehr ähnlich waren (s. Abschn. 3.4.3.1, Tab. 21), sodass eine inferenzstatistische Auswertung überflüssig war. Die sich in der deskriptiven Statistik angedeutete Überlegenheit der Experimentalgruppe in der Variablen *physischen Funktionsfähigkeit* beim dritten und vierten Messzeitpunkt (s. Abschn. 3.4.3.1, Tab. 21), wurde hingegen inferenzstatistisch geprüft (s. Abschn. 3.4.3.3). Diskriminanzanalysen ergaben für die Diskriminanzfunktion beim Variablen trio *Flexion-Depressive Verarbeitung-WOMAC-Skala Funktion* signifikante Werte für den vierten Messzeitpunkt ($X^2_2 = 11,19; p = .01$), wie auch für die einzelne Variable *Physische Funktion* ($F(1, 15) = 5,60; p = .03$). Der sich abzeichnende Vorteil der zusätzlich mental trainierenden Versuchsgruppe konnte mittels einer univariaten, einfaktoriellen Varianzanalyse für den vierten Messzeitpunkt ($F(1, 18) = 6,71; p = .02$) nachgewiesen werden.

Bei Patienten mit Schlittenprothese ist im Hinblick auf die Entwicklungsverläufe der beiden Gruppen in der Krankheitsbewältigung (d), bezogen auf das Merkmal *Depressive Verarbeitungstendenz* festzuhalten, dass im kurz-, mittel- wie langfristigen Verlauf die zusätzlich mental trainierende Versuchsgruppe bessere Kennwerte aufwies (s. Abschn. 3.4.3.1, Tab.22). Diskriminanzanalysen (s. Abschn. 3.4.3.3) ergaben für die Diskriminanzfunktion beim Variablen trio *Flexion-Depressive Verarbeitung-Physische Funktionsfähigkeit* signifikante Werte für den vierten Messzeitpunkt ($X^2_2 = 11,19; p = .01$). Die einzelne Variable *Depressive Verarbeitung* wurde marginal signifikant ($F(1, 15) = 3,10; p = .09$). Mittels der univariaten, zweifaktoriellen Varianzanalyse mit dreimaliger Messwiederholung konnte keine signifikante Verbesserung aus inferenzstatistischer Sicht für den kurzfristigen Zeitraum erbracht werden. Mittels der univariaten, einfaktoriellen Varianzanalysen konnte zwar nicht mittelfristig, jedoch langfristig ein statistischer Trend ($F(1, 19) = 3,17; p = .09; \eta^2 = .16$; Schärfe 39%) bestätigt werden (s. Abschn. 3.4.3.3).

Bei Patienten mit Schlittenprothese ist im Hinblick auf die Entwicklungsverläufe der beiden Gruppen in der Patientenzufriedenheit (e) festzuhalten, dass sich die Kennwerte beider Gruppen kurz-, mittel- wie langfristig auf sehr ähnliche Werte belaufen (s. Abschn. 3.4.3.1, Tab. 23), sodass von einer inferenzstatistischen Auswertung abgesehen wurde.

Tabelle 41 zeigt alle signifikanten Befunde im Überblick.

Hauptstudie 2, Bikondyläre Totalendoprothese

Bei Patienten mit Totalendoprothese (Hauptstudie 2) ist im Hinblick auf die Entwicklungsverläufe der beiden Gruppen im Bewegungsumfang im Kniegelenk (a), bezogen auf die Variable *Flexion* festzuhalten, dass die Überlegenheit der zusätzlich mental trainierenden Versuchsgruppe im kurzfristigen Verlauf, die sich in der deskriptiven Statistik andeutete (s. Abschn. 3.4.3.2, Tab. 30), inferenzstatistisch abgesichert wurde (s. Abschn. 3.4.3.4). Diskriminanzanalysen ergaben eine signifikante Diskriminanzfunktion für den dritten Messzeitpunkt ($X^2_{(4;n=32)} = 11,16; p = .03$), wobei *Flexion* ($F(1, 30) = 6,63; p = .02$) signifikant wurde. Die univariate, zweifaktorielle Varianzanalyse mit viermaliger Messwiederholung erbrachte nur für den Faktor Zeit höchst signifikante Ergebnisse (*Zeit* $F(3, 69) = 80,28; p = .00$; *Zeit*Gruppe* $F(3, 69) = 1,07; p = .37$). Jedoch wurde mittels einer einfaktorier Varianzanalyse *Flexion* zum dritten Messzeitpunkt signifikant ($F(1, 37) = 6,78; p = .01$; s. Abschn. 3.4.3.3).

Es sei darauf hingewiesen, dass in einem ersten inferenzstatistischen Schritt mittels Diskriminanzanalysen die Trennung der Gruppen über das Variablenquartett *Flexion-Gangsymmetrie-Aktives Coping-Schmerz* erfolgte (s. Abschn. 3.4.3.4).

Bei Patienten mit Totalendoprothese ist im Hinblick auf die Entwicklungsverläufe der beiden Gruppen in den Symptomen und physischen Funktionseinschränkungen (c), bezogen auf alle drei Variablen, *physischen Funktionsfähigkeit* und *Steifigkeit* festzuhalten, dass kurz- wie mittelfristig die Kennwerte beider Gruppen sehr ähnlich waren (s. Abschn. 3.4.3.1, Tab. 32), sodass von einer inferenzstatistischen Auswertung abgesehen wurde. Aufgrund des deskriptiv-statistisch größten Unterschieds in der Variablen *Schmerz*, beim dritten/vierten Messzeitpunkt zugunsten der Kontrollgruppe, beim fünften mit Überlegenheit der Experimentalgruppe (s. Abschn. 3.4.3.1, Tab. 32), wurde dieser inferenzstatistisch geprüft (s. Abschn. 3.4.3.3). Diskriminanzanalysen ergaben für die Diskriminanzfunktion beim Variablenquartett *Flexion-Gangsymmetrie-Aktives Coping-Schmerz* signifikante Werte zum dritten Messzeitpunkt ($X^2_{(4;n=32)} = 11,16; p = .03$), jedoch keine signifikanten Ergebnisse für die einzelne Variable *Schmerz*. Von einer weiteren varianzanalytischen Nachfolgetestung des Merkmals wurde folglich abgesehen.

Tabelle 41

Zusammenfassung der Ergebnisse: Signifikante Befunde bei Patienten mit Schlittenprothese

1) Diskriminanzanalysen				
	Messzeitpunkte			
	t _{N1}	t _{N2}	t _{N3}	t _{N4}
Signifikante Diskriminanzfunktion	n.sign.	marg. sign.	sign.	n.sign.
AV-Pool ₁	-	<i>Flexion-Depressive Verarbeitung-Gangsymmetrie</i>	<i>Flexion-Gehgeschwindigkeit-Depressive Verarbeitung</i>	-
Signifikante singuläre Variablen (AV-Pool ₂)	-	<i>Flexion: sign.</i>	<i>Flexion: sign. Depressive Verarbeitung: marg. sign. Funktion: sign.</i>	-

2) Varianzanalyse mit Messwiederholung ¹							
Variable	Gruppe:	Zeit:	t _{v1}	t _{N1}	t _{N2}	t _{N3}	t _{N4}
		<i>Flexion</i>	EG KG			Zeit und Interaktion höchst sign.	
<i>Depressive Verarbeitung</i>	EG KG					3	3
<i>Funktion</i>	EG KG					3	3

Kontrasteffekte:

Variable		Stufenvergleich			
		1 gegen 2	1 gegen 3	1 gegen 4	1 gegen 5
<i>Flexion</i>	<i>Zeit</i>	höchst sign.	höchst sign.	höchst sign.	2
	<i>Interaktion</i>	n.sign.	sign.	n.sign.	2
<i>Depressive Verarbeitung</i>	<i>Zeit</i>	n.sign.	sign.	4	4
	<i>Interaktion</i>	n.sign.	n.sign.	4	4
<i>Funktion</i>	<i>Zeit</i>	sign.	n.sign.	n.sign.	4
	<i>Interaktion</i>	n.sign.	n.sign.	n.sign.	4

3) Nachfolgetestung mittels univariaten, einfaktoriellem Varianzanalysen (weg?)

	t _{N1}	t _{N2}	t _{N3}	t _{N4}
<i>Flexion</i>	n.sign.	höchst sign.	sign.	2
<i>Depressive Verarbeitung</i>	5		n.sign.	marg. sign.
<i>Funktion</i>	5		sign.	n.sign.

Anmerkungen.
 Es gelten konventionelle Grenzwerte ($p \leq 0.10$ = marginal signifikant; $p \leq 0.05$ = signifikant; $p \leq 0.01$ = hoch signifikant; $p \leq 0.001$ = höchst signifikant).
¹ Mit der Variablen Flexion wurde eine 2 X 4 Varianzanalyse, mit Depressive Verarbeitung sowie mit Funktion eine 2 X 3 Varianzanalyse durchgeführt.
² Zu diesem Messzeitpunkt wurde Flexion nicht erhoben (vgl. Abschn. 3.4.2.3).
³ Diese Messzeitpunkte gingen nicht in die varianzanalytische Berechnung ein (vgl. Abschn. 3.4.3.3).
⁴ Zu diesen Messzeitpunkten wurde kein Stufenvergleich gerechnet (vgl. Abschn. 3.4.3.3). ⁵ Zu diesen Messzeitpunkten wurde keine varianzanalytische Nachfolgetestung gerechnet (vgl. Abschn. 3.4.3.3).

Bei Patienten mit Totalendoprothese ist im Hinblick auf die Entwicklungsverläufe der beiden Gruppen in der Krankheitsbewältigung (d), bezogen auf das Merkmal *Aktives Coping* festzuhalten, dass für die kurz- wie langfristig besseren Kennwerte der mental trainierenden Versuchsgruppe (s. Abschn. 3.4.3.2, Tab. 33), eine signifikante Verbesserung aus inferenzstatistischer Sicht weder mittels der univariaten, zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung noch mittels der univariaten, einfaktoriellen Varianzanalysen bestätigen lässt (s. Abschn. 3.4.3.4). Die multivariaten Diskriminanzanalysen hatten zwar signifikante Werte für die Diskriminanzfunktion beim dritten Messzeitpunkt ($X^2_{(4;n=32)} = 11,16; p = .03$) ergeben, jedoch keine signifikanten Ergebnisse für die einzelne Variable *Aktives Coping*.

Es sei darauf hingewiesen, dass in diesem ersten inferenzstatistischen Schritt mittels Diskriminanzanalysen die Trennung der Gruppen über das Variablenquartett *Flexion-Gangsymmetrie-Aktives Coping-Schmerz* erfolgte (s. Abschn. 3.4.3.4).

Die Ergebnisse bei Patienten mit Totalendoprothese belaufen sich hinsichtlich der Patientenzufriedenheit (e), wie auch bei den Patienten mit Schlittenprothese, im Gruppenvergleich auf sehr ähnliche Werte, sodass auch hier von einer inferenzstatistischen Auswertung abgesehen wurde.

Alle varianzanalytischen Tests mit Messwiederholung (s. Abschn. 3.4.3.3 und 3.4.3.4) wurden unter Berücksichtigung der Kontrollvariablen *Alters*, des *Geschlechts*, der *Sportgewohnheiten* und eventueller *Vorerfahrungen mit Entspannungsverfahren oder Mentalem Training* sowie der durchschnittlichen *Selbstwirksamkeitserwartung* (vgl. Abschn. 3.4.3.1 und 3.4.3.2) wiederholt durchgeführt. Jedoch änderten sich die Ergebnisse durch das Einbeziehen dieser Kovariaten nicht.

Die nachfolgende Tabelle 42 zeigt alle signifikanten Befunde im Überblick. Zusammenfassend ist im Studienvergleich festzuhalten, dass Patienten mit Schlittenprothese in der Studie 1 durchschnittlich größere und umfänglichere signifikant abgesicherte Erfolge erzielten als Patienten mit Totalendoprothese in der Studie 2. Die Ergebnisse sind was die Variable *Flexion* der Evaluationsdimension *Beweglichkeit* angeht in beiden Studien gut gesichert.

Tabelle 42

Zusammenfassung der Ergebnisse: Signifikante Befunde bei Patienten mit Totalendoprothese

1) Diskriminanzanalysen					
	Messzeitpunkte				
	t _{N1}	t _{N2}	t _{N3}	t _{N4}	
Diskriminanzfunktion	n.sign.	sign.	n.sign.	n.sign.	
AV-Pool ₁	-	Flexion- Gangsymmetrie- Aktives Coping-Schmerz	-	-	
Signifikante singuläre Variablen (AV-Pool ₂)	-	Flexion: sign. Coping: marg. sign.	-	-	

2) Varianzanalyse mit Messwiederholung ¹						
Variable	Gruppe:	Zeit:				
		t _{V1}	t _{N1}	t _{N2}	t _{N3}	t _{N4}
Flexion	EG KG	Zeit höchst sign./Interaktion n.sign.				2
Coping	EG KG	Zeit sign./Interaktion n.sign.				

Kontrasteffekte:

Variable		Stufenvergleich			
		1 gegen 2	1 gegen 3	1 gegen 4	1 gegen 5
Flexion	Zeit	höchst sign.	höchst sign.	höchst sign.	2
	Interaktion	n.sign.	sign.	n.sign.	2
Coping	Zeit	n.sign.	n.sign.	n.sign.	marg. sign.
	Interaktion	n.sign.	n.sign.	n.sign.	n.sign.

3) Nachfolgetestung mittels univariaten, einfaktoriellen Varianzanalysen				
	t _{N1}	t _{N2}	t _{N3}	t _{N4}
Flexion	n.sign.	sign.	n.sign.	2
Coping	n.sign.	n.sign.	n.sign.	n.sign.

Anmerkungen.
 Es gelten konventionelle Grenzwerte ($p \leq 0.10$ = marginal signifikant; $p \leq 0.05$ = signifikant; $p \leq 0.01$ = hoch signifikant; $p \leq 0.001$ = höchst signifikant).
¹ Mit der Variablen Flexion wurde eine 2 X 4, mit Coping eine 2 X 5 Varianzanalyse durchgeführt.
² Zu diesem Messzeitpunkt wurde Flexion nicht erhoben (vgl. Abschn. 3.4.2.3.).

3.6 Methodenkritik

Vor der Diskussion der Ergebnisse (s. Abschn. 3.7) wird auf potenzielle methodische Einschränkungen der durchgeführten Untersuchung eingegangen. Hierbei werden Besonderheiten der Stichprobe, Optimierungsmöglichkeiten der Untersuchungsdurchführung und der Messinstrumente sowie mögliche Störgrößen angesprochen und zukünftige Verbesserungsmöglichkeiten vorgeschlagen.

Im klinischen Setting tritt das Problem der Stichprobengröße häufig auf, weil die Teilnahme vieler Patienten von vorneherein aufgrund engmaschiger Ausschlusskriterien nicht in Frage kommt. Zudem sind diejenigen Patienten, die die Einschlusskriterien potentiell erfüllen, nicht zwangsläufig an einer Studienteilnahme interessiert, sodass es mitunter sehr lange dauern kann bis auch nur kleine Stichproben rekrutiert werden. Erschwerende Umstände ergeben sich darüber hinaus bei Untersuchungen mit Messwiederholung im Langzeitdesign durch den *drop-out* von Patienten, die aus verschiedensten Gründen nicht mehr an den Studien teilnehmen können (vgl. 3.4.2.1). Die Stichprobengröße in den vorliegenden Evaluationsstudien liegt mit $N = 66$ (Studie 1: je 13 Patienten pro Zelle, Studie 2: je 20) im Durchschnitt (vgl. Abschn. 2.3 und 2.4).

Bei der Interpretation der Daten muss beachtet werden, dass in den vorliegenden Untersuchungen eine besondere Stichprobenzusammensetzung, genauer gesagt eine anfallende Stichprobe, vorhanden ist. Die Evaluationsstudien wurden als Auftragsforschung im Zentrum für Knie- und Fußchirurgie der ATOS-Praxisklinik durchgeführt. Hier werden allerdings nur privat krankenversicherte Patienten behandelt. Somit ist eine Replikation der Befunde mit gesetzlich versicherten Patienten sinnvoll. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass in künftigen Studien bei größerer Fallzahl (etwa $N > 100$) die Möglichkeiten der *Quotierung* bzw. *Stratifizierung*, ebenso wie die bereits erwähnte Möglichkeit zur Prä-Clusterung, bspw. unterschiedlicher Diagnosegruppen, bestehen.

Um die Studienergebnisse sicher interpretieren zu können, muss eine mögliche Selektivität der Stichprobe analysiert werden. Hierfür wurden Verweigerer- und *Drop-out-Analysen* durchgeführt (s. Abschn. 3.4.2.1).

In Bezug auf die Durchführung der Untersuchung wurden in den vorliegenden Evaluationsstudien den Patienten zum Erlernen der Übungen Trainingshandbücher (vgl. Abschn. 3.4.2.3) zur Verfügung gestellt. Diese beinhalteten auch Fotos von den zu trainierenden Bewegungen. Der Vorteil davon ist, dass Patienten jederzeit und nicht nur in Anwesenheit des Therapeuten darauf zurückgreifen können. Mit der Begründung Fotos seien für Bewegung ein weniger geeignetes Modell, ist es jedoch auch denkbar das Medium Film

oder Video zu nutzen. Die Besprechung optimaler wie auch individueller Gehmuster anhand eines Videos (vgl. Abschn. 2.3.1; Liu et al., 2004) könnte hilfreich beim Aufbau der Bewegungsvorstellung sein und zusätzlich motivierend wirken. Allerdings müssten dafür die Anzahl der Interventionssitzungen und damit auch die Therapiekosten erhöht werden.

Optimierungsvorschläge in Bezug auf die verwendeten Messinstrumente werden zu zwei Evaluationsdimensionen, zur *Gehfähigkeit* und zu den Kontrollvariablen *Vorstellungsfähigkeit* und *Arbeitsgedächtnis* gemacht. Zur Bewertung der kinematischen Gangdaten kann ein computergestütztes dreidimensionales Bewegungsanalysesystem eingesetzt werden. Dies würde zwar eine erhöhte Reliabilität gewährleisten, jedoch gleichzeitig mit einem erheblichen Kosten-, Material- und Zeitaufwand, für die Vorbereitung sowie für die Messung selbst, einhergehen. Denkbar ist auch die Erweiterung um eine videogestützte observative Ganganalyse mit standardisierten Ratingskalen mit der man zusätzlich die Dimensionen Bewegungsqualität und -sicherheit erfassen kann.

Zur Erhebung der *Vorstellungsfähigkeit* (vgl. Abschn. 1.3.4) gab es bislang lediglich subjektive Tests, wie es auch der hier eingesetzte MIQ-R ist. Um sich nach der Instruktion eine bestimmte Bewegung vorzustellen, müssen Probanden bspw. die Lebhaftigkeit ihrer Vorstellung bewerten. Dieses Urteil ermöglicht jedoch zweierlei nicht: weder tatsächlich zu kontrollieren, ob sich Probanden auch das Gewünschte vorstellen, noch interindividuell Leistungen in diesem Bereich zu vergleichen, da ja jeder Proband seinen eigenen subjektiven Maßstab für bspw. Lebhaftigkeit einer Bewegungsvorstellung anwendet. Zwischenzeitlich wurde ein innovativer Test zur Kontrollierbarkeit von Bewegungsvorstellung (TK-KBV) entwickelt und an gesunden jungen Erwachsenen validiert (Schott, 2004). Zur Überprüfung der Kontrollierbarkeit von Bewegungsvorstellungen werden zwei Testbedingungen überprüft. Bei beiden Bedingungen müssen die Probanden sechs aufeinander folgende Instruktionen absolvieren. Pro Instruktion soll ein Körperteil (Kopf, Arme, Rumpf) bewegt werden, wobei es ihnen nicht erlaubt ist, sich während der Instruktionen aktiv zu bewegen. In der Regeneration-Bedingung müssen die Probanden die finale Position aktiv einnehmen, während sie in der Recognition-Bedingung aus einer Auswahl von fünf Bildern dasjenige auswählen müssen, das ihrer Vorstellung am nächsten kommt. Dieser Test zur Kontrollierbarkeit von Bewegungsvorstellungen wird momentan in unserem Kooperationsprojekt mit der Heidelberg Schmieder Klinik an die Voraussetzungen älterer, neurologischer Patienten angepasst und mit Patienten mit rechtshemisphärischer Läsion validiert. Künftigen Untersuchungen zum Mentalen Training in der Rehabilitation empfiehlt sich die Anwendung der letztgenannten Testversion.

Eine weitere Empfehlung betrifft die Kontrolle des *Arbeitsgedächtnisses*. Beim Mentalen Training wird eine bereits bekannte Bewegungsrepräsentation aus dem Arbeitsgedächtnis reaktiviert, ohne die Bewegung tatsächlich auszuführen. Folglich ist es notwendig, dass Patienten, die mental trainieren Informationen aus dem Arbeitsgedächtnis aufrufen und manipulieren können (vgl. Abschn. 1.5.4 und Abb. 14). Es ist denkbar, dass eine Beeinträchtigung des Arbeitsgedächtnisses Schwierigkeiten beim Abruf und der Manipulation der Bewegungsrepräsentation erzeugt und dadurch geringere Effekte mit einem Mentalen Training erzielt werden (Dolman et al., 2000; Dickstein et al., 2007; Malouin et al., 2004; Schott & Munzert, 2007). Im Kontext der neurologischen Rehabilitation nach Schlaganfall konnten signifikante Korrelationen zwischen dem Grad der durch Mentales Training erzielten motorischen Verbesserung und der Arbeitsgedächtniskapazität, im visuell-räumlichen, im verbalen und im kinästhetischen Bereich, nachgewiesen werden (Malouin et al., 2004). Die Befunde zur Rolle des Arbeitsgedächtnisses als Mediator von Effekten des Mentalen Trainings konnten unlängst durch eine Studie an 157 Probanden gestützt werden (Schott, *subm.*). Es sei jedoch an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es (nach Kenntnis der Verfasserin) zur Erfassung der Leistung im Arbeitsgedächtnis bislang in der orthopädischen Rehabilitation keine und in der neurologischen Rehabilitation wenig Erhebungsinstrumente gibt. Dennoch sollten in künftigen Untersuchungen neben der visuell-räumlichen auch die verbale Domäne des Arbeitsgedächtnisses erfasst werden. Hierfür bieten sich möglicherweise der Corsi-Block-Tapping-Test (BTT; Schellig & Hättig, 1993) und der Verbal-Span-Test (Wechsler, 1997) an.

Um den Einfluss möglicher Störquellen in der Datenanalyse zu berücksichtigen, wurden relevante Kontrollvariablen vor und während der Untersuchung erfasst (s. Abschn. 3.4.2.3). Dennoch sind in der zweiten Projektphase während der Durchführung der Hauptstudie weitere Störgrößen aufgefallen, die unter Umständen die interne Validität der Untersuchung einschränken könnten. Ebenso betroffen könnte der Geltungsbereich der Ergebnisse via externer Validität und die Art der anfallenden Stichprobe im Hinblick der statistischen Validität betroffen sein. Im Einzelnen sind mögliche Störgrößen die Erkrankungsdauer in Jahren, mangelnde Mitarbeit der Patienten während der Interventionssitzungen und im selbstständigen Training, der Therapeuten-Einfluss in der herkömmlichen Physiotherapie, der Einfluss der Anschlussheilbehandlung.

Die Erkrankungsdauer in Jahren könnte einen Einfluss auf die Dauer der Rehabilitation haben und könnte sich auf die Erfolge der Behandlung auswirken. Daher sollte sie in zukünftigen Untersuchungen miterfasst werden. Die Dokumentation des individuellen Genesungsverlaufes

anhand der Röntgendiagnostik stellt eine weitere sinnvolle, wenngleich zeit- und kostenintensive Maßnahme dar.

Mangelnde Mitarbeit der Patienten der Experimentalgruppen beim „Imaginationsversuch“ in den Interventionssitzungen ist nicht auszuschließen. Die nicht zufriedenstellende Rücklaufquote der Trainingstagebücher und die Begründungen hierfür (vgl. Abschn. 3.4.3.1 und 3.4.3.2) lassen insuffiziente Mitarbeit bei den selbstständigen, täglichen mentalen Trainingseinheiten vermuten. In künftigen Untersuchungen erscheint es daher sinnvoll in den Interventionssitzungen nach jedem Imaginationsversuch die Kontrollierbarkeit der Bewegungsvorstellung zu erfragen. Hierfür bietet sich neben der quantitativen Erfassung, die qualitative Dokumentation an. Eine zusätzliche Messung der aktuellen intrinsischen wie extrinsischen Motivation per Fragebogen könnte sich ebenfalls als aufschlussreich erweisen.

Eine Störgröße, die nicht kontrolliert werden konnte (z.B. durch *Konstanthaltung*) ist der mögliche Stationstherapeuten-Einfluss während der klinikinternen Physiotherapie. Während der stationären Versorgung in der ATOS-Praxisklinik wurden alle Patienten mit der herkömmliche Physiotherapie behandelt. Hierfür stand ein achtköpfiges Team von Stationstherapeuten zur Verfügung.

Eine entscheidende weitere Störquelle kann der Einfluss der Anschlussheilbehandlung sein. In der Regel wurden zwischen der zweiten und sechsten postoperativen Woche die Patienten in einer speziellen Rehabilitationsklinik ihrer Wahl behandelt. Die Durchführung kombinierter krankengymnastischer, physikalischer, balneologischer und trainingstherapeutischer Einzelstrategien ist Standard. Um diese Störquelle zu kontrollieren wurden spezifische Aspekte des Therapieprozesses während der Anschlussheilbehandlung retrospektiv erfasst und ausgewertet (vgl. Tab. 26 und 37). Die Auswertung auf individueller Ebene hat jedoch aufgezeigt, dass sich Konstellation, Dauer und Intensität der Behandlungen stark unterscheiden (vgl. Abschn. 3.4.3.1 und 3.4.3.2). Ferner wurden alle Probanden angehalten Trainingsdauer und -häufigkeit in ihrem Trainingstagebuch schriftlich festzuhalten. Auch in dieser Variablen sind Dauer und Häufigkeit der Trainingseinheiten extrem heterogen. Dies könnte zu einer Vergrößerung des Fehlerterms zum vierten Messzeitpunkt führen. Dem sollte bei der Planung künftiger Untersuchungen Rechnung getragen werden. Es sei darauf verwiesen, dass es zur Kontrolle solcher interindividuell divergierender Größen methodologisch nur zwei durchschlagende, indizierte Verfahren gibt: *Prä-Cluster-Bildung* der Patienten aufgrund der ermittelten Messwerte (von Dauer und Häufigkeit) oder Einführung als Kovariate, wenn deren Voraussetzungen erfüllt sind und inferenzstatistische Aussagen angestrebt werden. Erstes konnte in den vorliegenden Evaluationsstudien nicht durchgeführt

werden aufgrund der vorliegenden Stichprobengröße, die zweite Möglichkeit aufgrund der geringen Rücklaufquote.

Ein weiterer Punkt, der unter Umständen die Geltung der Untersuchungsergebnisse einschränken kann, ist die Bewertung der Evaluationsdimension Gehfähigkeit anhand der Variablen *Gehgeschwindigkeit*. Ihre Aussagekraft kann aus mehreren Gründen hinterfragt werden. Eine höhere Gehgeschwindigkeit spricht nicht zwangsläufig für ein besseres Gangbild. Stellenweise wird die Empfehlung formuliert die Geschwindigkeit auf die Körpergröße zu relativieren, da Körpergröße einen Einfluss darauf haben soll, wie schnell eine Strecke zurückgelegt wird (Hegewald, 1999). Konsequenterweise müsste man aber dann die Gehgeschwindigkeit auch auf Gewicht oder im Kontext der vorliegenden Studien auf sportliche Gewohnheiten relativieren. Es sei ferner darauf hingewiesen, dass Gehgeschwindigkeit mit zunehmendem Alter abnimmt und außerdem vom Geschlecht abhängig ist (Knüsel & Wiedmer, 1993). In den vorliegenden Studien wurde versucht den relevanten Aspekten dieser Überlegungen Rechnung zu tragen, indem die Kovariaten Alter und Geschlecht in die Auswertung mit einfließen und darüber hinaus die Evaluationsdimension Gehfähigkeit nicht an der Variablen *Gehgeschwindigkeit* allein festgemacht wurde, sondern auch *Standphasenanteil* und *Gangsymmetrie* ergänzend berechnet und ausgewertet wurden.

3.7 Diskussion

Im nachfolgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Hauptstudien erörtert und zu den theoretischen und empirischen Ausführungen der ersten beiden Kapitel in Bezug gesetzt.

Durch die Evaluationsstudien sollte geklärt werden, ob ein zusätzliches Mentales Trainingsprogramm ergänzt durch Spiegeltraining bessere Behandlungsergebnisse als das herkömmliche Therapiekonzept in der frühen postoperativen Rehabilitation von Knieendoprothesepatienten hervorruft. Folgende Fragestellung stand folglich im Vordergrund: Stellt das zusätzliche Mentale Trainingsprogramm ergänzt durch Spiegeltraining eine wirksame Erweiterung der Therapie zur Bewegungsoptimierung in der frühen Rehabilitation nach Knieendoprothetik dar?

Ein Studienziel war es den Einsatz der Spiegeltechnik als Ergänzung des Mentalen Trainings zu erproben (vgl. Abschn. 3.2). Das Beobachten gespiegelter Kniegelenksbewegungen sollte perzeptuelle Hinweisreize liefern, die wiederum eine klare, kontrollierte Bewegungsvorstellung begünstigen sollten (vgl. Abschn. 2.3.2 und 3.1.3). Die Spiegeltechnik wurde von den Patienten im Allgemeinen sehr gut angenommen. Die hohe Akzeptanz ist

sicherlich nur im Kontext einer genauen Aufklärung über die Funktionsprinzipien der Spiegelung gegeben. In der vorliegenden Untersuchung kam die Spiegelvorrichtung lediglich unter Anleitung in den Interventionssitzungen zum Einsatz. In künftigen Studien ist es denkbar ein tragbares Modell zu entwickeln, das den Patienten mitgegeben werden kann. Vermutlich können die Effekte durch eine Steigerung der Übungsfrequenz erhöht werden.

Zentrales Studienziel war es durch Mentales Training ergänzt mit Spiegeltraining den Bewegungsumfang im Kniegelenk zu verbessern, was sich auch in einer Verbesserung der Gangbildkriterien niederschlagen sollte. Im Hinblick auf die Fragestellung (s. Abschn.3.2) und die Hypothesen (vgl. Abschn. 3.4.1) lassen sich in den vorliegenden Evaluationsstudien eindeutige Tendenzen erkennen. Diese werden in der Folge in der Reihenfolge der Hypothesen zu Ergebnissen verschiedener Studien aus der orthopädischen Rehabilitation in Bezug gesetzt und diskutiert.

Eine Verbesserung der Gelenkbeweglichkeit durch Mentales Training wurde bislang nur in Bezug auf die obere Extremität untersucht. Eine Studie zu distaler Radiusfraktur bei dreiwöchig immobilisiertem Handgelenk, konnte durch den Einsatz des Mentalen Trainings signifikant weniger Bewegungseinschränkung in den Variablen *Dorsalextension* und *Ulnarabduktion* nachweisen (Schneider, 2006; vgl. Abschn. 2.4).

Zur Verbesserung der Beweglichkeit durch Mentales Training in der unteren Extremität, genauer gesagt im Kniegelenk, liefern die vorliegenden Evaluationsstudien neue Befunde. In der Kniegelenkbeweglichkeit, im Hauptzielkriterium *Flexion* erzielten Patienten, die mit dem Mentalen Trainingsprogramm ergänzt durch Spiegeltraining behandelt wurden, eine statistisch signifikant bessere Beweglichkeit sowohl in der Studie 1 bei Patienten mit Schlittenprothese (vgl. Abschn. 3.4.3.), im kurz- (t_{N2} : 2 Wochen postoperativ) wie im mittelfristigen Verlauf (t_{N3} : 6 Wochen postoperativ), als auch in der Studie 2 bei Patienten mit Totalendoprothese (vgl. Abschn. 3.4.3.4), allerdings lediglich im kurzfristigen Verlauf (t_{N2} : 2 Wochen postoperativ). Langfristige Veränderungen (t_{N4} : ½ Jahr postoperativ) wurden in der Variablen *Flexion* nicht erhoben, weil dieser Teil der Datenerhebung postalisch erfolgte musste.

Ein für die Interpretation wesentliches Detail ist, dass die Interventionssitzungen unter Anleitung nur in den ersten 2 Wochen nach der Operation, in der Zeit in der die Patienten stationär in der ATOS-Klinik zu Akutversorgung untergebracht waren, stattfanden. Zu beachten ist auch, dass die Totalendoprothese im Vergleich zur Schlittenprothese bei schwerstgradigen Destruktionen des Kniegelenks eingesetzt wird (Heisel & Jerosch, 2007) und dass die Implantation dieser Prothese den weitaus massiveren operativen Eingriff darstellt

(vgl. Abschn. 3.1.1). Vor diesem Hintergrund ist es erfreulich, dass auch die Totalendoprothesepatienten von dem Mentalen Trainingsprogramm kurzfristig profitierten. Für die unterschiedlichen Ergebnisse beider Studien im mittelfristigen Verlauf der Variablen *Flexion* (Studie 1, Schlittenprothese signifikant, Studie 2 Totalendoprothese nicht signifikant) scheint als Erklärung denkbar, dass Patienten nach Totalendoprotheseoperation länger als 2 Wochen angeleitete Betreuung nach dem Mentalen Trainingskonzept benötigen, um auch noch bei der Nachuntersuchung 6 Wochen nach dem Eingriff bessere *Flexions*-Werte im Vergleich zu herkömmlich behandelten Patienten aufzuweisen. In zukünftigen Studien ist es daher wünschenswert das betreute Training auf den Zeitraum der Anschlussheilbehandlung, also auch noch von der dritten bis zur sechsten postoperativen Woche, auszudehnen. Dies wird allerdings nur in einer Klinik möglich sein in der die Akutversorgung und Anschlussheilbehandlung unter einem Dach vereint sind. Der Vergleich der Ergebnisse einer zweiwöchigen mit einer sechswöchigen Behandlung mit Mentalem Training würde es ermöglichen genauere Empfehlung bzgl. des Trainingsumfangs bei Knieendoprothesepatienten zu formulieren.

Im Gegensatz zur vorab als Hauptzielkriterium definierten *Flexion* (vgl. Abschn. 3.4.1) veränderten sich die Variablen *Extension* und *Hyperextension* infolge des operativen Eingriffs unabhängig von Zeit oder Gruppenzugehörigkeit nur geringfügig (vgl. Tab. 19 und 30). Sollte sich dieser Teilbefund in groß angelegten Studien mit größerem Stichprobenumfang bewähren, könnte man verallgemeinern und für darauffolgende Untersuchungen ihre Erhebung vernachlässigen.

Die positiven Effekte im Merkmal *Flexion* spiegelten sich zum Teil in den Variablen der Gehfähigkeit (vgl. Abschn. 3.5), allerdings nur auf deskriptiver Ebene (d.h. keine erfolgreiche zufallskritische Prüfung; vgl. Präambel zu 3.5) wider. In Studie 1 hatten Patienten mit Schlittenprothese, bezogen auf den dritten und vierten Messzeitpunkt, in 5 von 6 Gangvariablen bessere Werte, in Studie 2 war dies in nur 3 von 4 Gangvariablen der Fall. In der *Gehgeschwindigkeit* gab es hier keine Unterschiede zwischen den Gruppen. Die Tatsache, dass die Ergebnisse zur *Gehfähigkeit* nicht signifikant wurden, kann u.a. auf die geringe Stichprobengröße (Kommentierung der Fallzahlen s. Abschn. 3.4.3.1 und 3.4.3.2) und die geringe Teststärke zurückgeführt werden. Ein weiterer wesentlicher Grund liegt in den physischen Einschränkungen des frisch operierten Patienten (vgl. Abschn. 3.1.1) und der Anordnung der Messzeitpunkte. Mit ersten Gehübungen kann grundsätzlich erst nach Abschluss der Wundheilung in der Regel ab dem 7. postoperativen Tag begonnen werden. Erst 6 - 7 Wochen nach dem künstlichen Gelenkersatz sollte der Patient in der Lage sein, das

operierte Bein schmerzfrei voll zu belasten. Das Gehen ohne Unterarmgehstützen ist in aller Regel erst nach 10 – 12 Wochen erreicht (Heisel & Jerosch, 2005). Insofern ist es nicht verwunderlich, dass bei den Gangmessungen, die nur 2 und 6 Wochen nach der Operation liegen, die Unterschiede zwischen den Gruppen nicht signifikant wurden. Die Anordnung der Messzeitpunkte war durch die Organisationsstruktur der ATOS-Praxisklinik bedingt, so vorgegeben. Ferner sei darauf hingewiesen, dass die evaluierte Intervention auf die Verbesserung der Beweglichkeit im Kniegelenk und nicht der Gehfähigkeit zielte. Die Patienten „gingen“, mit zwei Unterarmgehstützen im 3-Punkte-Gang, erstmalig in der vierten von fünf Interventionssitzungen (vgl. Abschn. 3.4.2.2). Im Rahmen der letzten Interventionssitzung erhielten sie weitere Übungshinweise und wurden befähigt Gehen sowie Treppensteigen nach dem mentalen oder physischen Trainingsprogramm, je nach Gruppenzugehörigkeit, selbstständig zu üben.

Folglich wird aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen zur Gehfähigkeit geschlussfolgert, dass ein speziell auf die Schulung der Gehfähigkeit ausgelegtes Mentales Trainingsprogramm im Sinne des Mentalen Gehtrainings nach Mayer et al. (2003) in der zweiten Phase der Rehabilitation, im Rahmen der Anschlussheilbehandlung notwendig wäre, um messbare Veränderungen der Gangkriterien zu erzielen. Gestützt wird diese Annahme durch die Ergebnisse zweier Studien mit Hüftendoprothesepatienten (Mayer, 2001; Mayer et al. 2005; vgl. Abschn. 2.4). Verbesserungen der Gehfähigkeit wurden hier über ein dreiwöchiges Mentales Gehtraining während der Anschlussheilbehandlung erzielt.

Aufschlussreich, jedoch in den vorliegenden Untersuchungen aus geografischen Gründen nicht realisierbar, wäre die Beweglichkeitsmessung und Ganganalyse zum letzten Messzeitpunkt, also ½ Jahr postoperativ.

In den Symptomen und physischen Funktionseinschränkungen gab es bezogen auf die Variablen *Schmerz* und *Steifigkeit* in Studie 1 bei Patienten mit Schlittenprothese und auf die Variablen *physische Funktionsfähigkeit* und *Steifigkeit* in Studie 2 bei Patienten mit Totalendoprothese zu keinem der Messzeitpunkte nennenswerte Unterschiede zwischen den Gruppen. Die unterschiedlichen Verlaufsmerkmale zwischen den Gruppen in der Variablen *Schmerz* in Studie 2 konnten inferenzstatistisch nicht bestätigt werden. Eine Erklärung hierfür wäre rein spekulativ, da neben dem Zufall sehr viele Faktoren in Frage kommen. Folglich wird auf eine Interpretation in diesem Punkt verzichtet.

Bezogen auf die Variable *physischen Funktionsfähigkeit* erzielte in Studie 1 die mental trainierende Gruppe im mittelfristigen Verlauf signifikant bessere Leistungen. Gleichzeitig wurden für die Experimentalgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant bessere

Flexionswerte festgestellt. Diese Ergebnisse lassen Interpretationsspielraum bzgl. des vierten Messzeitpunkts zu. Die Items der Skala *physische Funktionsfähigkeit* erfragen Schwierigkeiten bei bestimmten Alltagsaufgaben wie z.B. beim Treppen hinaufsteigen, beim sich zu Boden bücken oder Socken an-/ausziehen. All diese Aufgaben beinhalten bei ihrer Ausführung eine Flexionsbewegung im Kniegelenk. Mittels des mentalen Trainingsprogramms wurde insbesondere die Funktionalisierung der mentalen Bewegungsrepräsentation, genauer gesagt die Optimierung der internen Abbildung der Flexionsbewegungen angestrebt. Die Vorstellung das operierte Bein zu beugen wurde von den Patienten der Experimentalgruppe durch die Basisübungen eins bis drei (vgl. Tab. 15) erarbeitet und geübt. Da die mental trainierenden Patienten eindeutig und signifikant bessere Beweglichkeit im Hinblick auf die Flexion erzielten, liegt die Schlussfolgerung nahe, dass dieser Unterschied tatsächlich auf die im höheren Maße funktionalisierte mentale Bewegungsrepräsentation zurückzuführen sein kann. Außerdem zeigte die Experimentalgruppe auch sechs Monate später bei der postalischen Nachbefragung im Hinblick auf die *physische Funktionsfähigkeit* eindeutig bessere Leistungen als zum Ausgangsmesszeitpunkt vor der Operation. Dabei unterschied sie sich jedoch nicht statistisch bedeutsam von den Patienten der Kontrollgruppe, was möglicherweise auf die Notwendigkeit für weitere mentale Interventionssitzungen nach einer bestimmten Zeitspanne hinweist.

Bezüglich der Krankheitsbewältigung konnten in einer Evaluationsstudie mit Kontrollgruppendesign zu Mentalem Training nach Hüftendoprothetik signifikant positive Effekte auf die Dimension *Aktives Coping* nachgewiesen werden (Mayer, 2001; vgl. Abschn. 2.4).

In den vorliegenden Evaluationsstudien mit Knieendoprothesepatienten fanden sich in Studie 1 auf deskriptivstatistischer Ebene Hinweise, dass Patienten, die mental trainierten, kurz-, mittel- wie langfristig eine bessere Krankheitsverarbeitung, genauer gesagt weniger *Depressive Verarbeitungstendenz*, entwickelten. Inferenzstatistisch konnte diese Überlegenheit allerdings nur für den letzten Messzeitpunkt als statistischer Trend nachgewiesen werden.

In Studie 2 fanden sich auf deskriptivstatistischer Ebene Hinweise, dass Patienten, die mental trainierten, kurz- und langfristig eine bessere Krankheitsverarbeitung, bezogen auf *Aktives Coping*, entwickelten. Die unterschiedlichen Verlaufsmerkmale zwischen den Gruppen konnten jedoch inferenzstatistisch nicht bestätigt werden. Die genaue Betrachtung der jeweiligen Effektstärken und der Schärfe (vgl. Abschn. 3.4.3.3 und 3.4.3.3) zeigen auf, dass ein Grund für ausbleibende Signifikanzen in der geringen Stichprobengröße (Kommentierung

der Fallzahlen s. Abschn. 3.4.3.1 und 3.4.3.2) und der geringen Teststärke liegt. Eine weitere Erklärung könnte sein, dass das auf 2 Wochen angelegte Mentale Trainingsprogramm mit 5x60 Minuten Intervention verglichen mit dem Mentalen Gehtraining in der Untersuchung mit Hüftendoprothesepatienten (Mayer, 2001), in der 9x30 Minuten innerhalb von 3 Wochen angeleitet mental trainiert wurde, zu kurz und zu wenig intensiv war, um signifikante Effekte auf die subjektive Krankheitsverarbeitung zu erzielen.

In beiden Studien stellten sich die Ergebnisse der Befragung zur Patientenzufriedenheit in allen Gruppen als relativ einheitlich dar. Ein möglicher Grund hierfür kann mangelnde Differenzierungsmöglichkeit der nur vierstufigen Ratingskala des Fragebogens ZUF-8 sein. Auch wenn es sich bei dem hier eingesetzten Erhebungsinstrument um ein höchst ökonomisches Verfahren handelt (Schmidt, Lamprecht & Wittmann, 1989), das Patientenzufriedenheit mit nur acht Items erfasst, sollte zum Zwecke einer differenzierteren Zufriedenheitsanalyse auf andere Messinstrumente mit einer breiteren Ratingskala zurückgegriffen werden. Dabei steht man vor der Schwierigkeit, dass solch ein Fragebogen noch nicht existiert sondern erst entwickelt und validiert werden muss. Bezogen auf die vorliegenden Evaluationsstudien bleibt festzuhalten, dass alle Patienten mit der Art und Qualität der Behandlung und der Klinik im Allgemeinen sehr zufrieden waren. Diese Zufriedenheit spiegelt sich auch in den qualitativ erfassten Daten auf die Fragen „Was ist Ihnen an Ihrem Klinikaufenthalt besonders negativ/positiv aufgefallen?“ wieder (s. 3.4.2.3).

Zusammenfassend ist trotz der Tatsache, dass viele Hypothesen nur eingeschränkt oder keine Gültigkeit haben (vgl. Abschn. 3.5) und trotz der langen Methodenkritik (s. Abschn. 3.6) die Fragestellung der vorliegenden Evaluationsstudien positiv zu beantworten: Ein zusätzliches Mentale Trainingsprogramm ergänzt durch Spiegeltraining kann eine wirksame Erweiterung der Therapie zur Bewegungsoptimierung in der frühen Rehabilitation nach Knieendoprothetik darstellen. Diese Aussage stützt sich in erster Linie auf die nachweisliche nachhaltige Verbesserung im Hauptzielkriterium *Flexion* und muss von weiteren Untersuchungen mit größeren und dezidiert aufgebauten Stichproben bestätigt werden.

Kapitel 4 *Zusammenfassung und Ausblick*

Im abschließenden Kapitel wird ein Überblick über die Schwerpunkte der Arbeit gegeben. Ferner werden weitere geplante Projekte vorgestellt. Schlussendlich wird aufgezeigt, welche Perspektiven das Mentale Training im Lichte eines interdisziplinären Forschungsbereichs eröffnet.

Der demografische Wandel mit seinem stetig wachsenden Anteil älterer Menschen an der Gesamtbevölkerung rückt zunehmend in den Fokus gesellschaftspolitischer Diskussionen. Die Thematik der Erhaltung der Selbstständigkeit älterer Menschen und Vermeidung von Pflegebedürftigkeit nimmt an Bedeutung zu. Im Bereich der Gelenkchirurgie wird eine kontinuierliche Zunahme der Zahl der Endoprotheseoperationen verzeichnet. So werden in Deutschland jährlich ca. 80.000 Knieendoprothesen, mit einer jährlichen Zuwachsrate von 8%, implantiert (Heisel, 2005). Im Jahre 1994 waren es lediglich ca. 14.000 Eingriffe (Jerosch et al., 1997).

Zwar wurden in den letzten 10 Jahren im Hinblick auf die Beschaffenheit der Prothesen und auf die operative Technik große Fortschritte erzielt, jedoch sind die Behandlungsergebnisse nach Implantation einer Knieendoprothese noch immer unbefriedigend (s. Abschn. 3.1.1). Restbeschwerden und Bewegungseinschränkung nach Abschluss der Rehabilitationsphase sind trotz suffizienter Knochenheilung häufig. Im Zuge der ganzheitlichen medizinischen Betrachtungsweise und der Effizienzmedizin kam es in Bezug auf die Rehabilitation nach der Implantation einer Knieendoprothese zu einem Umdenken: Prozess- und Strukturierungsabläufe in der Rehabilitation sollten optimiert werden (Bizzini & Boldt, 2004; Mayer, et al. 2003). Konsens herrscht darüber, dass eine ausgedehnte postoperative Immobilisation kontraindiziert ist und vielmehr eine frühzeitige Mobilisation des Kniegelenks erfolgen muss. Als Sofortziele der Rehabilitation gelten die Wiederherstellung der Beweglichkeit und der Aufbau des Muskelgewebes zur Stabilisierung des neuen Gelenkes. Aus der meist jahrelangen Arthrose resultieren Fehlbelastungen, Gangstörungen und Muskelatrophie (Heisel, 2005). Die Rehabilitation hat daher die Aufgabe, diese Veränderungen rückgängig zu machen. Vor dem Hintergrund dieser komplexen Problematik wird vermehrt nach innovativen Ansätzen gesucht, die zusätzlich zur herkömmlichen Physio-/Physikalischen Therapie, die Wiedererlangung der Beweglichkeit und damit der Mobilität unterstützen.

Basierend auf den positiven Effekten von Mentalem Training bei jungen Erwachsenen (vgl. Abschn. 1.3 und 1.5) propagieren zahlreiche Forschergruppen das wiederholte, bewusste Vorstellen von Bewegungsabläufen ohne deren gleichzeitige praktische Ausführung (Eberspächer, 1990) als neues und kosteneffizientes zusätzliches Mittel in der neurologischen sowie der orthopädischen Rehabilitation (Dickstein & Deutsch, 2007; Jackson et al., 2001; Mayer, 2001; Mayer und Hermann, 2009; Munzert et al., 2009; Mulder, 2007; Page et al., 2001; Sharma et al., 2006; vgl. Abschn. 2.3 und 2.4). Die Grundannahme ist, dass die bei Bewegungsvorstellung ablaufenden neuronalen Prozesse denen der Bewegungsausführung ähneln (Jeannerod, 2006; vgl. 1.4.3) und, dass Patienten von diesem Isomorphismus profitieren. Insbesondere bei Patienten, die zu schwach oder immobilisiert sind, um ein aktives motorisches Training durchzuführen, bspw. bei Lähmungen nach Schlaganfall oder nach Immobilisation einer Fraktur durch Gips, soll dieses kognitive Trainingsverfahren die Bewegungsausführung positiv beeinflussen.

Studien in der orthopädischen Rehabilitation (vgl. Abschn. 2.4) konnten bislang den therapeutischen Nutzen von Mentalem Training bei Rückenschmerzen (Fairweather & Sidaway, 1993), Kreuzbandruptur (Cupal & Brewer, 2001)/Meniskusläsion (Ross & Berger, 1996) sowie bei Amputation (Gassner et al., 2007; Mayer, 2003) aufzeigen. Die Ergebnisse der Studie von Yue & Cole (1992), bei der sich durch Mentales Training eine Zunahme der Muskelkraft erreichen ließ, führten zu einem vermehrten Interesse bei Medizinern und Physiotherapeuten mentale Trainingsprogramme in die Therapie verletzter und immobilisierte bzw. operierter Patienten einzusetzen. Erste Untersuchungen von immobilisierten Gesunden wiesen bei mental trainierenden Probanden einen geringeren Kraftverlust (Newsom, 2003), eine bessere Gelenkbeweglichkeit und eine geringere Muskelatrophie auf (Schneider, 2006). Im Kontext der Frührehabilitation nach hüftendoprothetischer Operation beeinflusste ein mentales Gehtraining das Gangbild positiv (Mayer, 2001).

Vor dem Hintergrund, dass Vorstellungsfähigkeit die Effekte eines Mentalen Trainings beeinflusst, diese Fähigkeit im hohen Alter jedoch stark abnimmt (Schott, subm.) und der Altersdurchschnitt der Patienten in der orthopädischen Rehabilitation > 60 Jahre ist, stellt sich die Frage, wie ein Mentales Trainingsprogramm so aufbereitet werden kann, dass Patienten eine adäquate Bewegungsvorstellung leichter aufbauen können. Eine Möglichkeit die Generierung der Bewegungsvorstellung durch ein visuelles Feedback zu unterstützen, bietet die Spiegeltechnik (Stevens & Stoykov, 2003, Einzelfallstudie).

Die Spiegeltechnik (vgl. Abschn. 2.3.2 und 3.1.3) wurde ursprünglich für Phantomschmerz-Patienten nach Amputation entwickelt (Ramachandran, 2005) und fand bisher in der Neurorehabilitation nach Schlaganfall Anwendung (Dohle et al., 2007; Yavuzer et al., 2008). Das Grundprinzip der Spiegeltherapie besteht darin, dass die Kombination von selbst initiiertes Bewegung und spezifischer visueller Stimuli eine Aktivierung der betroffenen Hemisphäre bewirkt (Dohle et al., 2004). Hierzu wird ein Spiegel sagittal in der Körpermitte des Patienten platziert. Die amputierte oder gelähmte Extremität wird hinter dem Spiegel, die gesunde davor gelagert. Der Patient sieht im Spiegelbild Bewegung seiner gesunden Extremität, hat jedoch den Eindruck die betroffene Seite zu bewegen. Zu den Effekten des Spiegeltrainings zählt neben der Aktivierung der kontralateralen Hemisphäre, das Vermeiden des erlernten Nichtgebrauchs der betroffenen Extremität (Cranenburgh, 2007).

Mit der vorliegenden Dissertation soll für das Mentale Training (s. Kap. 1 und 2) und für die Spiegeltherapie (s. Abschn. 2.3.2 und 3.1.3) ein klinisch und ökonomisch hochrelevanter Transfer grundlagenwissenschaftlicher Befunde in einen rehabilitativen Therapieansatz geleistet werden. In der orthopädischen Rehabilitation wurde ein Trainingsprogramm für Patienten nach Knieendoprotheseoperation entwickelt und evaluiert (s. Kap. 3)

Ziel ist es mit dem Mentalen Trainingsprogramm ergänzt durch Spiegeltraining den Bewegungsumfang im Kniegelenk zu verbessern, was sich auch in einer Optimierung der definierten Gangbildkriterien niederschlagen könnte.

Zwei Pilotstudien (s. Abschn. 3.3) dienten der Bewertung der Implementierbarkeit und Akzeptanz des Trainingsprogramms an einer kleinen überschaubaren Gruppe, der Optimierung des Untersuchungsablaufs sowie der genauen Hypothesengenerierung (vgl. Abschn. 3.4.1). In einer zweiten Projektphase wurde in zwei Hauptstudien die Wirkung des Trainingsprogramms auf den Genesungsprozess evaluiert (s. Abschn 3.4).

Der Therapieverlauf von 66 Knieendoprothese-Patienten ($M = 37$, $w = 29$) im Alter von 41-86 Jahren ($M = 63,3$; $SD = 9,04$) wurde über $\frac{1}{2}$ Jahr hinweg dokumentiert. Ein sekundär-randomisierter zwei-faktorieller (*Zeit, Gruppe*) Zwei-Gruppen-Versuchsplan lag der Untersuchung zu Grunde (vgl. Abschn. 3.4.2.2, Tab. 12 und 13). Die Experimentalgruppen übten das Trainingsprogramm mental und mit Spiegel, die Kontrollgruppen übten die gleichen Inhalte, im gleichen Zeitumfang und Intensität, hingegen lediglich rein physisch. Das Trainingsprogramm fand zusätzlich zur herkömmlichen Therapie statt und beinhaltete sechs standardisierte Physiotherapieübungen (vgl. Abschn. 3.4.2.2, Tab. 15). Alle Gruppen erlernten es in fünf angeleiteten 45-minütigen Interventionssitzungen innerhalb der ersten 12

postoperativen Tage und übten täglich, über einen Zeitraum von 6 Wochen. In den Experimentalgruppen wurde eine Entspannungsübung vorgeschaltet (vgl. Abschn. 2.1.1). Der Aufbau der Bewegungsvorstellung wurde durch mentale Simulation der Physiotherapieübungen, durch Bewegungen mittels Spiegeltechnik und durch Durchführung mit der nichtoperierten Extremität in den ersten 2 Wochen postoperativ unterstützt. Das Beobachten gespiegelter Kniegelenksbewegungen sollte perzeptuelle Hinweisreize liefern, die wiederum eine klare, kontrollierte Bewegungsvorstellung begünstigen sollte. Die Übungssequenzen wurden mit dem nicht-operierten Bein 1. motorisch bei offenen Augen, 2. mit geschlossenen Augen, 3. im Spiegel sowie mit der operierten Extremität 4. mental, nach dem Modell zum Aufbau der Bewegungsvorstellung (Eberspächer, 2008; vgl. Abschn. 2.1.2 und Abb. 16) ausgeführt.

Die Wirkung der Intervention auf den Genesungsprozess wurde in der Untersuchung mit fünfmaliger Messwiederholung (vgl. Abschn. 3.4.2.2) u.a. über die Merkmale *Flexion* (a priori definiertes Hauptzielkriterium), objektives Gangbild (*Geschwindigkeit*, *Standphasenanteil*, *Gangsymmetrie*), Funktionseinschränkung (WOMAC: *Symptome*, *Schmerz*, *Steifigkeit*) und Krankheitsbewältigung (FKV-LIS: *Depressive Verarbeitung* und *Aktives Coping*) evaluiert (vgl. Abschn. 3.4.2.3 und Tab. 16).

Die Ergebnisse der Studie 1 bei Patienten mit Schlittenprothese ergaben mittels Diskriminanzanalysen (zur Auswertungsstrategie s. Abschn. 3.2.4.5 und Tab. 17) für den kurz- wie für den mittelfristigen Zeitraum eine marginal signifikante ($\chi^2_{(.05;3,n=19)} = 7,00; p = .07$) und eine signifikante Funktion ($\chi^2_{(.05;3,n=17)} = 11,19; p = .01$). Zugunsten der mental trainierenden Patienten wurde das Hauptzielkriterium *Flexion* zum dritten Messzeitpunkt signifikant und zum vierten marginal signifikant. Auch in den varianzanalytischen Nachfolgetests mit viermaliger Messwiederholung wurden Zeit- und Interaktionseffekt signifikant. Die Effekte spiegelten sich im Gangbild wider, allerdings nur auf deskriptiver Ebene (d.h. keine erfolgreiche zufallskritische Prüfung; vgl. Präambel zu 3.5): Die Experimentalgruppe zeichnete sich hinsichtlich *Gehgeschwindigkeit*, *Gangsymmetrie* und *Standphasenanteil*, mit Ausnahme vom vierten Messzeitpunkt, durch bessere Kennwerte aus. In Bezug auf *subjektive Funktionseinschränkungen* gab es keine Gruppenunterschiede. Bezüglich der *Krankheitsbewältigung* wiesen Patienten, die mental trainierten im Untersuchungsverlauf tendenziell abnehmende *depressive Verarbeitung* auf.

Die Ergebnisse der Studie 2 bei Patienten mit Totalendoprothese ergaben mittels Diskriminanzanalysen für den dritten Messzeitpunkt eine signifikante Funktion ($\chi^2_{(.05;4,n=33)} = 11,12; p = .03$). Zugunsten der mental trainierenden Patienten wurde darin *Flexion*

signifikant. Der einfaktorielle varianzanalytische Nachfolgetest zur *Flexion* wurde ebenfalls signifikant. Auf deskriptiver Ebene erreichte die Experimentalgruppe im *Standphasenanteil* und der *Gangsymmetrie*, mit Ausnahme vom vierten Messzeitpunkt, bessere Kennwerte. In Bezug auf *subjektive Funktionseinschränkungen* gab es bis zum vierten Messzeitpunkt keine Gruppenunterschiede, zum fünften schnitten die Experimentalgruppenpatienten besser ab. Bezüglich der *Krankheitsbewältigung* schienen Patienten, die mental trainierten kurz- und langfristig über effektivere Copingstrategien zu verfügen.

Die vorliegenden Evaluationsstudien untersuchten erstmalig im Kontext der Rehabilitation an einer größeren Stichprobe ($N = 66$) die Kombination von Mentalem Training mit Spiegeltraining. Sie versteht sich nicht als Ersatz, sondern vielmehr als Erweiterung herkömmlicher Behandlungskonzepte in der Phase der Frühmobilisation. Die Ergebnisse der Evaluationsstudien bestätigen die Annahme, dass das kombinierte Trainingsprogramm zu einem bessern Bewegungsumfang, operationalisiert über das Kriterium *Flexion*, führt. Hieraus ergeben sich Erklärungen des teilweise besseren Gangbilds.

Die Daten sind was die Variable *Flexion* der Evaluationsdimension Beweglichkeit angeht gut gesichert. Allerdings sind Replikationen mit affinen bzw. vergleichbaren Operationen (Hüfte, distaler Radius) notwendig. Die Stichprobenspezifität in den vorliegenden Evaluationsstudien (vgl. Abschn. 3.6) verlangt Replikation des Therapieverfahrens in anderen Kliniken mit höheren Fallzahlen und kontrollierten Quoten bzw. Strata der Stichproben (vgl. Abschn. 3.6). Eine differenzierte Betrachtung der anteiligen Wirkung des Mentalen Trainingsprogramms ergänzt durch Spiegeltherapie bei hohen Patientenzahlen in der neurologischen wie orthopädischen Rehabilitation und in einem Studiendesign mit mehreren Experimentalgruppen - Mentales Training vs. Spiegeltraining vs. Mentales Training und Spiegeltraining - bleibt nachfolgenden Studien vorbehalten. Dies gilt ebenso für die Untersuchung der Generalisierbarkeit auf obere Extremitäten.

Aus den Ergebnissen der vorliegenden Evaluationsstudien ergeben sich weitere Fragestellungen, von denen zwei Aspekte als zentral für künftige Forschungsarbeiten erachtet werden. Der erste betrifft die Anwendung des Mentalen Trainings als Therapieverfahren im klinischen Alltag. Yaguez et al. (1999) betonen die Wichtigkeit einer Überprüfung der Fähigkeit zur Bewegungsvorstellung, bevor sie als Rehabilitationsmethode eingesetzt werden kann. Für den Fall, nach der Instruktion sich eine bestimmte Bewegung vorzustellen, existiert bislang kaum eine Möglichkeit zu überprüfen, ob sich Patienten auch das Gewünschte vorstellen (vgl. Abschn. 1.5.4 und 3.6). Hierfür müssen künftig Tests zur Kontrollierbarkeit

von Bewegungsvorstellungen entwickelt und an unterschiedlichen Patientengruppen validiert werden. Ferner ist es von großer Bedeutung Trainingsmanuale für Mentales Training mit verschiedenen Patientengruppen zu entwickeln, um die Integration in physiotherapeutische Behandlungskonzepte und die Umsetzung im Praxisalltag zu gewährleisten.

Diesen anwendungsbezogenen Anregungen steht auf der anderen Seite der zweite Aspekt als Implikationen für die Forschung gegenüber. Denn trotz des immer häufigeren Einsatzes des Mentalen Trainings ist dessen lern- und leistungssteigernde Wirkung aus grundlagenwissenschaftlicher Sicht noch nicht eindeutig theoretisch fundiert (Immenroth et al., 2008). Besonderes Interesse gilt in diesem Zusammenhang der Frage, wie genau Mentales Training auf neuronaler Ebene wirkt (Munzert et al., 2009). Die Simulationstheorie (s. Abschn. 1.4) bzw. das Modell der Funktionalen Äquivalenz (s. Abschn. 1.4.3), als aktueller neurophysiologischer Erklärungsversuch, geht davon aus, dass die bei Bewegungsvorstellung ablaufenden neuronalen Prozesse denen der Bewegungsausführung ähneln. Experimentelle Untersuchungen belegen, dass viele Aspekte ausgeführter Bewegungen zentral repräsentiert sind und dass, Bewegungsrepräsentationen Regeln zeitlicher Ordnung, Programmierungsregeln und biomechanische Einschränkungen, die bei der Bewegungsausführung gelten, enkodieren (vgl. Abschn. 1.5.1.1). Dynamische (vgl. Abschn. 1.5.1.2) wie auch zentralnervöse Veränderungen (vgl. Abschn. 1.5.1.3) in physiologischen Parametern, die während Bewegungsvorstellung stattfinden, sollen optimierende Modulation des zentralen sensomotorischen Systems bewirken und wirken sich damit auf nachfolgende motorische Ausführung positiv aus (Überblick bei Jeannerod, 2006). Kritische Stimmen stellen allerdings fest, dass zwar sowohl ein motorisches als auch ein Mentales Training Bewegungsausführung verbessert, dass jedoch diese Verbesserung zumindest zum Teil auf unterschiedliche Gebiete im Gehirn zurückzuführen sei (Nyberg, Eriksson, Larsson & Marklund, 2006). Die Vermutung lautet daher, dass Mentales Training eigne distinkte Korrelate habe. Die Konsequenz allerdings könnte sowohl positiv sein, weil bspw. bei der Bewegungsausführung auf zwei Programme zurückgegriffen werden kann als auch negativ, weil diese Inferenzen erzeugen könnten. Uneinigkeit herrscht darüber hinaus bspw. noch immer über die Beteiligung des primär motorischen Kortex bei Bewegungsvorstellung (vgl. Abschn. 1.5.1.3) oder über den Zusammenhang zwischen Alter, Arbeitsgedächtnis und Vorstellungsfähigkeit (vgl. Abschn. 3.6). Um diese und weitere Fragen eindeutig beantworten zu können, sind daher künftige Untersuchungen wünschenswert, die durch Mentales Training hervorgerufene Veränderungen im Idealfall auf drei Ebenen gleichzeitig untersuchen und diese Ergebnisse

integrieren: auf Ebene der motorischen Leistung, der neuronalen Prozesse und der subjektiven Repräsentationen (Munzert & Reiser, 2007).

In der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass Bewegungsverbesserung bei Knieendoprothesepatienten durch eine die herkömmliche Therapie ergänzende Kombination von Mentalem Training mit Spiegeltraining erreicht werden kann. Damit trägt Mentales Training bei den untersuchten Patienten dazu bei die Rehabilitationszeit nach Implantation einer Knieendoprothese zu verkürzen und die Wiederaufnahme des alltäglichen Lebens zu erleichtern. Diese zusätzliche Maßnahme kann den Erfolg der Knieoperation sichern und künftige Erkrankungen verhindern, was einer langzeitigen Kosteneinsparung der Sozialversicherungsträger entspricht. Eine wiedererlangte Mobilität der Knieendoprothesepatienten kann künftige Pflegebedürftigkeit vermeiden helfen.

Die Integration von Mentalem Training und der Spiegeltherapie in bewährte bewegungstherapeutische Verfahren verspricht, ohne nennenswerten personellen, materiellen und finanziellen Aufwand eine Weiterentwicklung bestehender Behandlungsmöglichkeiten, um Rehabilitation zu optimieren und Kosten des Gesundheitswesens zu reduzieren.

Literaturverzeichnis

- Adams, J. A. (1971). A closed loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3, 111-150.
- Adams, L., Guz, A., Innes, J. A. & Murphy, K. (1987). The early circulatory and ventilatory response to voluntary and electrically induced exercise in man. *Journal of Physiology*, 383, 437-449.
- Alkadhi, H., Brugger, P. & Boendermaker, S. H. (2005). What disconnection tells about motor imagery: evidence from paraplegic patients. *Cerebral Cortex*, 15, 131-140.
- Altschuler, E. L., Wisdom, S. B., Stone, L., Foster, C., Galasko, D., Llewellyn, D. M. et al. (1999). Rehabilitation of hemi paresis after stroke with a mirror. *Lancet*, 353, 2035-2036.
- Anderson, J. R. (1985). *Cognitive psychology and its implications*. New York, NY: Freeman.
- Annett, J. (1995). Motor imagery: perception or action? *Neuropsychologica*, 33, 1395-1417.
- Antonovsky, A. (1979). *Health, stress and coping*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Backhaus, K. (2006). *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung* (11. Aufl.). Berlin: Springer.
- Baddeley, A. (1999). *Essentials of human memory*. East Sussex: Psychology Press.
- Bagg, E. J. K. (1966). *Effect of mental and physical practice on baseball batting*. Los Angeles, University of California: Unpublished master's thesis.
- Bandura, A. (1969). *Principles of behavior modification*. New York, NY: Holt, Rinehart & Winston.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84, 191-215.
- Bäthis, H., Tingart, M., Perlick, L., Lüring, C., Anders, S. & Grifka, J. (2005). Stellenwert von Endoprothetik und Umstellungsosteotomie bei Gonarthrose – Ergebnisse einer Umfrage an unfallchirurgischen und orthopädischen Kliniken. *Zeitschrift für Orthopädie*, 143, 19-24.
- Baumann, U. & Reinecker-Hecht, C. (1991). Methodik der klinisch-psychologischen Interventionsforschung. In M. Perrez & U. Baumann (Hrsg.), *Lehrbuch Klinische Psychologie* (Bd. 2, S. 64-78). Bern: Huber
- Beckers, D. & Deckers, J. (1997). *Ganganalyse und Gangschulung*. Berlin: Springer.
- Beckow, P.A. (1967). *A comparison of the effectiveness of mental practice upon the learning of two gross motor skills*. Eugene, University of Oregon: Unpublished master's thesis.
- Bernstein, D. A. & Borkovec, T. D. (1990). *Entspannungs-Training. Handbuch der „Progressiven Muskelentspannung“ nach Jacobson* (5., erw. Aufl.). München: Pfeiffer.
- Birbaumer, N. & Schmidt, R. F. (2007). *Biologische Psychologie* (6. Aufl.). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Bizzini, M. & Boldt, J.G. (2004). Rehabilitation before and after total knee arthroplasty. In U.K. Munzinger, J.G. Boldt & P.A. Keblish (Eds.) *Primary knee arthroplasty* (pp. 241-254). Berlin: Springer.
- Bonnet, M., Decety, J., Requin, J. & Jeannerod, M. (1997). Mental simulation of an action modulates the excitability of spinal reflex pathways in man. *Cognitive Brain Research*, 5, 221-228.
- Bortz, J. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (6., überarb. Aufl.). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (4., überarb. Aufl.). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Braun, S. M., Beurskens, A. J. & Borm, P. J. (2006). The effects of mental practice in stroke rehabilitation: a systematic review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87 (6), 842-52.
- Braus, D. F. (2004). *Ein Blick ins Gehirn: Moderne Bildgebung in der Psychiatrie*. Stuttgart: Thieme.

- Brodie, E. E., Whyte, A. & Waller, B. (2003). Increased motor control of a phantom leg in humans results from the visual feedback of a virtual leg. *Neuroscience Letters*, 341 (2),167–169.
- Bruyer, R. & Scailquin, J.-C. (2000). Effects of aging on the generation of mental images. *Experimental Aging Research*, 26, 337-351.
- Buccino, G., Binkofski, F., Fink, G. R., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V. et al. (2001). Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: an fMRI study. *European Journal of Neuroscience*, 13, 400-404.
- Buckup, K. (2005a). *Die unikondyläre Schlittenprothese. Pro & Contra*. Darmstadt: Steinkopf.
- Buckup, K. (2005b). Grundzüge der Operationstechnik – Postoperatives Management. In K. Buckup (Hrsg.), *Die unikondyläre Schlittenprothese. Pro & Contra* (S. 65-78). Darmstadt: Steinkopf.
- Cambell, N. A. & Reece, J. B. (2003). *Biologie*. Heidelberg: Spektrum.
- Carpenter, W. B. (1894). *Principles of mental physiology*. New York, NY: Appleton-Century-Crofts.
- Chao, L. L. & Martin, A. (2000). Representation of manipulable man-made objects in the dorsal stream. *Neuroimage*, 12 (4), 478-84.
- Childs, J. M. & Spears, W. D. (1986). Flight-skill decay and recurrent training. *Perceptual and Motor Skills*, 62, 235-242.
- Christmann, F. (1996). *Mentales Training. Anwendung in Psychotherapie, Beratung, Supervision und Selbsthilfe* (2. Aufl.). Göttingen: Verlag für angewandte Psychologie.
- Clark, L. V. (1960). Effect of mental practice on the development of a certain motor skill. *Research Quarterly*, 31, 560-569.
- Corbin, C. B. (1967). Effects of mental practice on skill development after controlled practice. *Research Quarterly*, 38, 534-538.
- Corbin, C. B. (1972). Mental practice. In W. P. Morgan (Ed.). *Ergogenic aids and muscular performance* (pp. 93-118). San Diego, CA: Academic Press.
- Craik, F. I. M. & Dirkx, E. (1992). Age-related differences in three tests of visual imagery. *Psychology and Aging*, 7 (4), 661-665.
- Cramer, S. C., Lastra, L., Lacourse, M. G. & Cohen, M. J. (2005). Brain motor system function after chronic, complete spinal cord injury. *Brain*, 128, 2941-2950.
- Cramer, S. C., Orr, E. L. Cohen, M. J. & Lacourse, M. G. (2006). Effects of motor imagery training after chronic, complete spinal cord injury. *Experimental Brain Research*, 177, 233-242.
- Cranenburgh, B. van (2007). *Neurorehabilitation. Neurophysiologische Grundlagen, Lernprozesse, Behandlungsprinzipien*. München: Elsevier, Urban & Fischer.
- Crosbie, J. H., McDonough, S. M., Gilmore, D. H. & Wiggam, I. (2004). The adjunctive role of mental practice in the rehabilitation of the upper limb after hemiplegic stroke: a pilot study. *Clinical Rehabilitation*, 18, 60-8.
- Cumming, J. & Ste-Marie, D. (2001). The cognitive and motivational effects of imagery workshop on athletes' use of imagery. *Athletic Insight: Online Journal of Sport Psychology*, 6, 1. Retrieved April 14, 2009, from <http://www.athleticinsight.com/>
- Cunnington, R., Egan, G. F., O'Sullivan, J. D., Hughes, A. J., Bradshaw, J. L. & Colebatch, J. G. (2001). Motor imagery in Parkinson's disease: a PET study. *Movement Disorders*, 6 (5), 849-57.
- Cupal, D. D. & Brewer, B. W. (2001). Effects of relaxation and guided imagery on knee strength, reinjury anxiety and pain following anterior cruciate ligament reconstruction. *Rehabilitation Psychology*, 46 (1), 28-43.
- Daug, R. & Blischke, K. (1996). Sportliche Bewegung zwischen Kognition und Motorik. In R. Daug, K. Blischke, F. Marschall & H. Müller (Hrsg.), *Kognition und Motorik* (S. 13-35). Hamburg: Czwalina.

- Decety, J. & Boisson, D. (1990). Effect of brain and spinal cord injuries on motor imagery. *European Archives of Psychiatry & Neurological Sciences*, 240, 39-43.
- Decety, J., & Grèzes J. (1999). Neural mechanisms subserving the perception of human actions. *Trends in Cognitive Sciences*, 3, 172-178.
- Decety, J. & Jeannerod, M. (1996). Mentally simulated movements in virtual reality: does Fitt's law hold in motor imagery? *Behavioural Brain Research*, 72, 127-134.
- Decety J., Jeannerod M., Durozard D. & Baverel G. (1993). Central activation of autonomic effectors during mental simulation of motor actions in man. *Journal of Physiology*, 461, 549-563.
- Decety, J., Jeannerod, M. Germain, A. & Pastene, J. (1991). Vegetative response during imagined movement is proportional to mental effort. *Behavioural Brain Research*, 42, 1-5.
- Decety, J., Jeannerod, M. & Prablanc, C. (1989). The timing of mentally represented actions. *Behavioural Brain Research*, 72, 127-134.
- Decety, J., Perani, D., Jeannerod, M., Bettinardi, V., Tadary, B., Woods, R. et al. (1994). Mapping motor representations with positron emission tomography. *Nature*, 371 (6498), 600-602.
- Dechent, P., Merboldt, K. D. & Frahm, J. (2004). Is the human primary motor cortex involved in motor imagery? *Cognitive Brain Research*, 19, 138-44.
- De Lange, F. P., Hagoort, P. & Toni, I. (2005). Neural topography and content of movement representations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17 (1), 97-112.
- Dickstein, R. & Deutsch, J. E. (2007). Motor imagery in physical practice. *Physical Therapy*, 87, 942-53.
- Dickstein, R., Dunsky, A. & Marcovitz, E. (2004). Motor imagery for gait rehabilitation in post-stroke hemiparesis. *Physical Therapy*, 84, 1167-77.
- Dijkerman, H. C., Swaart, M. Johnston, M. & McWalter, R. S. (2004). Does motor imagery training improve hand function in chronic stroke patients? - A pilot study. *Clinical Rehabilitation*, 18, 538-49.
- Di Monaco, M., Vallero, F., Di Monaco, R., Mautino, F. & Cannava, A. (2003). A functional recovery after concomitant fractures of both hip and upper limb in elderly people. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 35, 195-197.
- Dohle, C., Kleiser, R., Seitz, R. J. & Freund, H. J. (2004). Body scheme gates visual processing. *Journal of Neurophysiology*, 91, 2376-2379.
- Dohle, C., Nakaten, A. & Püllen, J. (2005a). Informationsblatt „Förderung zerebraler Plastizität durch das Spiegeltraining“. Zugriff am 10.4.2009. Verfügbar unter <http://www.refonet.de/projekte/documents/Pat-Information03015.pdf>
- Dohle, C., Nakaten, A., Püllen, J., Rietz, C. & Karbe, H. (2005b). Grundlagen und Anwendung des Spiegeltrainings. In K. Minkwitz & E. Scholz (Hrsg.), *Standardisierte Therapieverfahren und Grundlagen des Lernens in der Neurologie. Herbsttagung DVE Fachkreis Neurologie 2005* (S. 59-68). Idstein: Schulz-Kirchner Verlag.
- Dohle, C., Püllen, J., Nakaten, A., Kuest, J., Wullen, T., Rietz, C. et al. (2007, Juli). *Förderung zerebraler Plastizität durch das Spiegeltraining - Evaluation eines neuen Therapieansatzes für die neurologische Rehabilitation*. Poster anlässlich der Refonet Jahrestagung Update 2007, Bad Neuenahr.
- Dohle, C., Stephan, K. M., Kleiser, R., Valvoda, J. T., Teellmann, L., Hefter, H. et al. (2002). Movement of a right or left virtual arm synchronous to one's own arm movements causes lateralized precuneal activations. *Orlando: Society for Neuroscience*.
- Dolman, R., Roy, E. A., Dimeck, P. T. & Hall, C. R. (2000). Age, gesture span and dissociations among component subsystems of working memory. *Brain and Cognition*, 43 (1-3), 164-168.
- Dominey, P., Decety, J., Broussolle, E., Chazot, G. & Jeannerod, M. (1995). Motor imagery of a lateralized sequential task is asymmetrically slowed in Hemi-Parkinson's patients. *Neuropsychologia*, 33, 727-741.

- Driskell, J., Copper, C. & Moran, A. (1994). Does mental practice enhance performance? *Journal of Applied Psychology*, 79, 481-492.
- Dror, I. E., & Kosslyn, S. M. (1994). Mental imagery and aging. *Psychology and Aging*, 9 (1), 90-102.
- Eberspächer, H. (1990). *Mentale Trainingsformen in der Praxis* (1. Aufl.). Oberhaching: Sportinform.
- Eberspächer, H. (1998). *Ressource Ich: Der ökonomische Umgang mit Stress*. München: Hanser.
- Eberspächer, H. (2004a). *Gut sein wenn's drauf ankommt. Die Psycho-Logik des Gelingens* (1. Aufl.). München: Hanser.
- Eberspächer, H. (2004b). *Mentales Training. Ein Handbuch für Trainier und Sportler* (6., aktual. und überarb. Aufl.). München: Copress Sportinform.
- Eberspächer, H. (2007). *Mentales Training* (7., durchges. NA). München: Copress Sportinform.
- Eberspächer, H. (2008). *Gut sein wenn's drauf ankommt. Erfolg durch Mentales Training* (2., überarb. Aufl.). München: Hanser.
- Eberspächer, H. & Immenroth, M. (1998). Kognitives Fertigkeitstraining im Mannschaftssport - Praxisbericht über den Einsatz im Fußball. *Psychologie & Sport*, 5, 16-27.
- Eberspächer, H. & Immenroth, M. (1999). Mentales Training - hilft es auch dem modernen Chirurgen? *Zentralblatt für Chirurgie*, 124, 895-901.
- Eberspächer, H., Immenroth, M. & Mayer, J. (2002). Sportpsychologie – ein zentraler Baustein im modernen Leistungssport. *Leistungssport*, 5, 5-10.
- Egstorm, G. H. (1964). Effects on an emphasis on conceptualizing techniques during early learning of a gross motor skill. *Research Quarterly*, 35, 472-481.
- Ehrsson, H. H., Geyer, S. & Naito, E. (2003). Imagery of voluntary movement of fingers, toes, and tongue activates corresponding body- part- specific motor representations. *Journal of Neurophysiology*, 90, 3304-3316.
- Elbert, T. & Rockstroh, B. (2003). Kortikale Reorganisation (Kap. 15). In H.-O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie* (S. 661-668). Berlin: Springer.
- Elsner, B. & Prinz, W. (2003). Psychologische Modelle der Handlungssteuerung (Kap. 5). In H.-O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie* (S. 661-668). Berlin: Springer.
- Engelkamp, J. & Pechmann, T. (1993). Kritische Anmerkungen zum Begriff der mentalen Repräsentation. In J. Engelkamp & T. Pechmann (Hrsg.), *Mentale Repräsentation* (S. 15-23). Bern: Huber.
- Epstein, M. L. (1980). The relationship of mental imagery and mental practice to performance of a motor task. *Journal of Sport Psychology*, 2, 211-230.
- Erlacher, D. (2005). *Motorisches Lernen im luziden Traum: Phänomenologische und experimentelle Betrachtungen*. Dissertation. Institut für Sport und Sportwissenschaft. Zugriff am 9.10.2008. Verfügbar unter http://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/volltexte/2005/5896/pdf/Doktorarbeit_EndversionUB_2seitig.pdf
- Everitt, B. S. (1996). *Making sense of statistics in psychology*. Oxford: Oxford University Press.
- Fadiga, L., Buccino, G., Craighero, L., Fogassi, L., Gallese, V. & Pavesi, G. (1999). Corticospinal excitability is specifically modulated by motor imagery: a magnetic stimulation study. *Neuropsychologia*, 37, 147-158.
- Fahle, M. (2003). Perzeptuelles Lernen (Kap. 15). In H.-O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie* (S. 661-668). Berlin: Springer.
- Fairweather, M. M. & Sideway, B. (1993). Ideokinetic imagery as a postural development technique. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 64 (4), 385-392.
- Farah, M. (1984). The neurological basis of mental imagery: a componential analysis. *Cognition*, 18, 245-272.

- Feltz, D. L. & Landers, D. M. (1983). The effects of mental practice on motor skill learning and performance: a meta-analysis. *Journal of Sport Psychology*, 5, 25-57.
- Feltz, D. L., Landers, D. M. & Becker, B. J. (1988). A revised meta-analysis of the mental practice literature on motor skill learning. In D. Druckmann & J. A. Swets (Eds.). *Enhancing human performance: issues, theories and techniques* (Appendix B, pp. 61-101). Washington, DC: National Academy Press.
- Finke, R.A. (1985). Theories relating mental imagery to perception. *Psychological Bulletin*, 98, 236-259.
- Fleishman, E. A. & Quaintance, M. K. (1984). *Taxonomies of human performance*. San Diego, CA: Academic Press.
- Flor, H., Elbert, T. & Birbaumer, N. (1996). Entsteht Phantomschmerz durch Reorganisation der Signalleitung im Gehirn? *Spektrum der Wissenschaft*, 3, 16-17.
- Frak, V. G., Paulignan, Y. & Jeannerod, M. (2001). Orientation of the opposition axis in mentally simulated grasping. *Experimental Brain Research*, 136, 120-127.
- Freiberger, V. (2008). *Mentales Training in der Rehabilitation nach Knieendoprothetik*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg.
- Frester, R. (1996). Interne Repräsentation und Qualität der Bewegungsausführung. In R. Daus, K. Blischke, F. Marschall & H. Müller (Hrsg.), *Kognition und Motorik* (S. 161-166). Hamburg: Czwalina.
- Gale, A., Morris, P. E., Lucas, B. & Richardson, A. (1972). Types of imagery and imagery types: an EEG study. *British Journal of Psychology*, 63, 523-531.
- Gandevia, S. C., Killian, K., McKenzie, D. K., Crawford, M., Allen, G. M., Gorman, R. B. et al. (1993). Respiratory sensations, cardiovascular control, kinaesthesia and transcranial stimulation during paralysis in humans. *Journal of Physiology*, 470, 85-107.
- Gassner, K., Einsiedel, T., Linke, M., Görlich, P. & Mayer, J. (2007). Verbessert Mentales Training das Erlernen der Gehbewegung mit Oberschenkelprothese? *Zeitschrift für Orthopädie*, 7, 673-678.
- Georgopoulos, A. P., Lurito, J. T., Petrides, M., Schwartz, A. B. & Massey, J. T. (1988). Mental rotation of the neuronal population vector. *Science*, 243, 234-6.
- Georgopolous, A.P. (2000). Neural aspects of motor control. *Current opinions in neurobiology*, 10, 238-41.
- Gérardin, E., Sirigu, A., Lehericy, S., Poline, J. B., Gaymard, B., Marsault, C. et al. (2000). Partially overlapping neural networks for real and imagined hand movements. *Cerebral Cortex*, 10 (11), 1093-104.
- Giraux, P., Sirgiu, A., Schneider, F. & Dubernard, J. (2001). Cortical reorganization in motor cortex after graft of both hands. *Nature Neuroscience*, 4, 691-692.
- Goss, S., Hall, C., Buckholz, E. & Fishburne, G. (1986). Imagery ability and the acquisition and retention of movements. *Memoirs of Cognition*, 14, 469-477.
- Gould, D., Weinberg, R. & Jackson, A. (1981). Mental preparation strategies, cognitions and strength performance. *Journal of Sport Psychology*, 2, 329-339.
- Grafton, S. T., Arbib, M. A., Fadiga, L. & Rizzolatti, G. (1996). Localization of grasp representations in humans by positron emission tomography. 2. Observation compared with imagination. *Experimental Brain Research*, 112 (1), 103-111.
- Grifka, J. & Krämer, K. L. (2002). Gonarthrose. In Dt. Ges. f. Orthopädie und orthopädische Chirurgie und Berufsverband der Ärzte für Orthopädie (Hrsg.), *Leitlinien der Orthopädie* (S. 31-35). Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
- Grèzes, J. Decety (2001). Functional anatomy of execution, mental simulation, observation and verb generation of actions: a meta-analysis. *Human Brain Mapping*, 12, 1-19.
- Günther, W. (1980). *Untersuchungen zur Wirksamkeit mentaler Trainingsverfahren grobmotorischer Bewegungen bei der Rehabilitation zentralmotorisch Behinderter*. Unveröffentlichte Dissertation, Eberhard Karls Universität Tübingen.

- Hackenbroch, M. (2002). *Arthrose. Basiswissen zu Klinik, Diagnostik und Therapie*. Stuttgart: Thieme-Verlag.
- Hacker, W. (1983). Handlungsregulation: Zur aufgabenabhängigen Struktur handlungsregulierender mentaler Repräsentationen. In W. Hacker, W. Volpert & M. von Cranach (Hrsg.), *Kognitive und motivationale Aspekte der Handlung* (S. 152-174). Bern: Huber.
- Hacker, W. (1998). *Allgemeine Arbeitspsychologie*. Bern: Huber.
- Hall, C. R. (1998). Measuring imagery abilities and imagery use. In J.L. Duda (Ed.), *Advances in sport and exercise psychology measurement* (pp. 165-173). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Hall, C.R., Pongrac, J. & Buckholz, E. (1985). The measurement of imagery ability. *Human Movement Science, 4*, 107-118.
- Hall, C. R. & Martin, K. (1997). Measuring movement abilities: a revision of the Movement Imagery Questionnaire, *Journal of Mental Imagery, 21* (1&2), 143-154.
- Hall, E. G. & Erffmeyer, E. S. (1983). The effect of visuo-motor behavior rehearsal with videotaped modeling on free throw accuracy of intercollegiate female basketball players. *Journal of Sport Psychology, 5*, 343-346.
- Hanakawa, T., Immisch, I., Toma, K., Dimyan, A., Van Gelderen, P. & Hallett, M. (2003). Functional properties of brain areas associated with motor execution and imagery. *Journal of Neurophysiology, 89*, 989-1002.
- Harby, S. F. (1952). Comparisons of mental and physical practice in the learning of a physical skill. *U.S. Naval Special Device Center Technical Report S. D. C., 269*, 7-25.
- Hardt, J., Petrak, F., Egle, U. T., Kappis, B., Schulz, G., & Küstner, E. (2003). Was misst der FKV? Eine Überprüfung des Freiburger Fragebogens zur Krankheitsverarbeitung bei Patienten mit unterschiedlichen Erkrankungen. *Zeitschrift für Klinische Psychologie und Psychotherapie, 32*, 41-50.
- Hauk, O., Johnsrude, I. & Pulvermüller, F. (2004). Somatotopic representation of action words in human motor and premotor cortex. *Neuron, 41*, 301-307.
- Heckhausen, H. (1996). Intentionseleitetes Handeln und seine Fehler. In J. Kuhl & H. Heckhausen (Hrsg.), *Motivation, Volition und Handlung* (Enzyklopädie der Psychologie. Themenbereich C, Serie 4, Bd. 4, S. 817-845). Göttingen: Hogrefe.
- Hegewald, G. (1999). Ganganalytische Bestimmung und Bewertung der Druckverteilung unterm Fuß und von Gelenkwinkelverläufen. Unveröffentlichte Dissertation, Humboldt Universität Berlin.
- Heil, J. (1993). *Psychology of sport injury*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Heisel, J. (2005). Rehabilitation nach Knieendoprothesen. *Zeitschrift für Orthopädie, 143*, R1-R20.
- Heisel, J. & Jerosch, J. (2005). Rehabilitation nach Hüft- und Knieendoprothese. Köln: Deutscher Ärzteverlag.
- Herbert, R. D., Dean, C. & Gandevia, S. C. (1998). Effects of real and imagined training on voluntary muscle activation during maximal isometric contractions. *Acta Physiologica Scandinavica, 163*, 361-368.
- Hermann, H.-D. (1995). Interdisziplinäre psychische Rehabilitation. In J. Voll (Hrsg.), *Handbuch Sporttraumatologie, Sportorthopädie* (S. 160-171). Heidelberg: Ambrosius Barth.
- Hermann, H.-D. (1999). Die Anwendung sportpsychologischer Basistechniken in Rehabilitation und Therapie. In K. Roth, T. Pauer, & K. Reischle (Hrsg.), *Dimensionen und Visionen des Sports* (S. 65). Hamburg: Czwalina.
- Hermann, H.-D. & Eberspächer, H. (1994). *Psychologisches Aufbautraining nach Sportverletzungen*. München: BLV.
- Hermann, H.-D. & Mayer, J. (2003). Psychologische Aspekte in der orthopädisch-traumatologischen Rehabilitation nach Sportverletzungen. *Dvs-Informationen 18* (1), 8-12.

- Hermann, S. (2009). *Salutogene Therapie durch Mentales Training in der frühen Rehabilitation nach Knieendoprothese*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg.
- Hermann, T. (1979). *Psychologie als Problem*. Stuttgart: Klett.
- Herzig, D. (2007). *Mentales Training bei ruhiggestellter oberer Extremität (distaler Radius); prospektiv – randomisierte Studie an 18 gesunden Probanden*. Unveröffentlichte Dissertation, Universität Ulm.
- Heuer, H. (1985). Wie wirkt mentale Übung? *Psychologische Rundschau*, 36, 191-200.
- Heuer, H. (1992) Psychomotorik. In H. Spada (Hrsg.), *Lehrbuch. Allgemeine Psychologie* (S. 495-559). Bern: Huber.
- Hinshaw, K. (1991). The effects of mental practice on motor skill performance: critical evaluation and meta-analysis. *Imagination, Cognition and Personality*, 11, 3-35.
- Hofmann, E. (1999). *Progressive Muskelentspannung. Ein Trainingsprogramm*. Bern: Hogrefe.
- Hogan, J. (1991). Structure of physical performance in occupational tasks. *Journal of Applied Psychology*, 76, 495-507.
- Hossner, E.-J. & Künzell, S. (2003). Motorisches Lernen. In H. Mechling & J. Munzert (Hrsg.), *Handbuch Bewegungswissenschaft Bewegungslehre* (S. 131-153). Schorndorf: Hofmann.
- Housner, L. D. (1984). The role of visual imagery in recall of modeled motoric stimuli. *Journal of Sport Psychology*, 6, 148-158.
- Iacoboni, M., Woods, R. P., Brass, M., Bekkering, H., Mazziotta, J. C. & Rizzolatti, G. (1999). Cortical mechanism of human imitation. *Science*, 286, 2526-2528.
- Ievleva, L. & Orlick, T. (1991). Mental links to enhance healing: an exploratory study. *Sport Psychologist*, 5, 25-40.
- Immenroth, M. (2003). *Mentales Training in der Medizin. Anwendung in der Chirurgie und Zahnmedizin*. Hamburg: Dr. Kovač.
- Immenroth, M., Eberspächer, H. & Hermann, H.-D. (2008). Training kognitiver Fertigkeiten. In J. Beckmann & M. Kellmann (Hrsg.), *Anwendungen der Sportpsychologie* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich D, Serie 5, Bd. 2, S. 119-176). Göttingen: Hogrefe.
- Ingvar, D. H. & Philipson, L. (1977). Distribution of cerebral blood flow in the dominant hemisphere during motor ideation and motor performance. *Annals of Neurology*, 2, 230-237.
- Isaac, A. R. & Marks, D. F. (1994). Individual differences in mental imagery experience: developmental changes and specialization. *British Journal of Psychology*, 85, 479-500.
- Isaac, A. R., Marks, D. F. & Russell, D. G. (1986) An instrument for assessing imagery of movement: the Vividness of Movement Imagery Questionnaire (VMIQ). *Journal of Mental Imagery*, 10, 23-30.
- Jackson, P. L., Lafleur, M. F., Malouin, F., Richards, C. & Doyon, J. (2001). Potential role of mental practice using motor imagery in neurologic rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82, 1133-41.
- Jacobson, E. (1932). Electrophysiology of mental activities. *American Journal of Physiology*. 44, 677-694.
- Jacobson, E. (1934). *You must relax*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Jacobson, E. (1990). *Entspannung als Therapie: Progressive Relaxation in Theorie und Praxis*. München: Pfeiffer.
- James, W. (1890). *The principles of psychology*. New York, NY: Holt.
- Jancke, L., Shah, N. J., & Peters, M. (2000). Cortical activations in primary and secondary motor areas for complex bimanual movements in professional pianists. *Cognitive Brain Research*, 10 (1-2), 177-183.
- Janssen, J.-P. (1989). *Bewegungslehre. Struktur und Analyse sportlicher Motorik*. Kiel: Christian-Albrechts-Universität, Institut für Sport und Sportwissenschaften.

- Janssen, J.-P. & Rahe, H. (1996). Kontingentes mentales Training beim Hockstrecksprung und Basketballpositionswurf. In R. Daus, K. Blischke, F. Marschall & H. Müller (Hrsg.), *Kognition und Motorik* (S. 167-172). Hamburg: Czwalina.
- Jastrow, J. A. (1892). Study of involuntary movements. *American Journal of Psychology*, 4, 398-407.
- Jeannerod, M. (1994). The representing brain: neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioral and Brain Sciences*, 17, 187-245.
- Jeannerod, M. (1995). Mental imagery in the motor context. *Neuropsychologia*, 33, 1419-1432.
- Jeannerod, M. (2006). *Motor cognition. What actions tell the self*. Oxford: Oxford University Press.
- Jeannerod, M. & Decety, J. (1995). Mental motor imagery: a window into the representational stages of action. *Current Opinion in Neurobiology*, 5, 727-732.
- Jenkins, W. M., Merzenich, M. M., Ochs, M. T., Allard, T. & Guic-Robles, E. (1990). Functional reorganization of primary somatosensory cortex in adult owl monkeys after behaviorally controlled tactile stimulation. *Journal of Neurophysiology*, 63, 82-104.
- Jerosch, J. & Floren, M. (2003). Lebensqualitätsgewinn (SF-36) nach Implantation einer Knieendoprothese. *Unfallchirurg*, 103, 371-374.
- Jerosch, J., Fuchs, S. & Heisel, J. (1997). Knieendoprothetik - eine Standortbestimmung. *Deutsches Ärzteblatt* 94, 8, A-449-455.
- Johnson, P. (1982). The functional equivalence of imagery and movement. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 34 (A), 349-365.
- Johnson, S. H. (2000). Imagining the impossible: intact motor representations in hemiplegics. *Neuroreport*, 11, 729-732.
- Johnson-Frey, S. H. (2004). Stimulation through simulation? Motor imagery and functional reorganization in hemiplegic stroke patients. *Brain and Cognition*, 55 (2), 328-331.
- Jowdy, D. P., Murphy, S. & Durtschi, D. (1989). *An assessment of the use of imagery by elite athletes: athlete, coach and psychologist perspectives*. Unpublished report.
- Juszczak, T.G. (2007). Motorisches Lernen. In B. Suppé & I. Spirgi-Gantert (Hrsg.), *FBL Klein- Vogelbach Functional Kinetics: Die Grundlagen. Bewegungsanalyse, Untersuchung, Behandlung* (S. 117-126). Heidelberg: Springer.
- Käfer, W., Fraitzl, C. R., Kinkel, S., Clessienne, C. B., Puhl, W. & Kessler, S. (2005). Outcome-Messung in der Knieendoprothetik: Ist die klinische Bestimmung der Gelenkbeweglichkeit eine zuverlässig messbare Ergebnisgröße? *Zeitschrift für Orthopädie*, 143, 25-29.
- Kaluza, G. & Schulze, H.-H. (2000). Evaluation von Gesundheitsförderungsprogrammen - Methodische Stolpersteine und pragmatische Empfehlungen. *Zeitschrift für Gesundheitspsychologie*, 8 (1), 18-24.
- Kandel, E., Schwartz, J. H. und Jessell, T. M. (1996). *Neurowissenschaften - Eine Einführung*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Kandel, E., Schwartz, J. H. & Jessell, T. (2000). *Principles of Neural Science* (4th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Karnath, H.-O. & Thier, P. (2006). *Neuropsychologie* (2. Aufl.). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Kassat, G. (1998). *Ereignis Bewegungslernen*. Rödinghausen: Fitness Contur.
- Keblish, P. A. (2004). Unicondylar knee arthroplasty. In U.K. Munzinger, J.G. Boldt & P.A.Keblish (Hrsg.) *Primary knee arthroplasty* (pp. 74-86). Berlin: Springer.
- Kellermann, T., & Piefke, M. (2007). Gedächtnis. In F. Schneider & G. R. Fink (Eds.), *Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie* (pp. 297-307). Berlin Heidelberg: Springer.

- Kemmler, R. W. (1994). *Mentales Training zur handlungsorientierten Risiko-Kontrolle. XV. Internationales Sommer-Symposium der Gesellschaft für Sicherheitswissenschaft* (226-230). Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz.
- Kemmler, R. W. (1995). *Situational awareness training by mental imagery for high technology aircraft pilots. Presentation at International Conference of Registro Aeronautico Italiano about „Human Factors in Civil Aviation“*. Unveröffentlichtes Manuskript.
- Kemps, E. & Newsom, R. (2005). Patterns and predictors of adult age differences in mental imagery. *Aging Neuropsychology and Cognition*, 12, 99-128.
- Klöppel, R. (2007). *Mentales Training für Musiker*. Kassel: Gustav Bosse.
- Kluwe, R. H. (1997). Informationsverarbeitung, Wissen und mentale Modelle beim Umgang mit komplexen Systemen. In K. Sonntag & N. Schaper (Hrsg.), *Störungsmanagement und Diagnosekompetenz* (S. 13-37). ETH Zürich: Vdf Hochschulverlag AG.
- Kimberg, D. Y. & Farah, M. J. (1993). A unified account of cognitive impairments following frontal lobe damage: the role of working memory in complex, organized behaviour. *Journal of Experimental Psychology. General*, 122, 411-428.
- Knutson, K., Lewold, G., Robertsson, O. & Lindgren, L. (1994). The Swedish knee arthroplasty register. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 65, 375.
- Kohl, R. M. & Roenker, D. L. (1980). Bilateral transfer as a function of mental imagery. *Journal of Motor Behavior*, 12, 197-206.
- Konradt, U. (1994). Handlungsstrategien bei der Störungsdiagnose an flexiblen Fertigungseinrichtungen. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 38, 54-61.
- Koritnik, S. (2008). *Mental training in rehabilitation after knee endoprosthesis. 6 case studies*. Unveröffentlichte Zulassungsarbeit, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg.
- Kosslyn, S. M., Alpert, N. M., Thompson, W. L., Maljkovic, V., Weise, S. B., Chabris, C. F. et al. (1993). Visual mental imagery activates topographically organized visual cortex: PET investigations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 263-287.
- Kosslyn, S. M., DiGirolamo, G. J., Thompson, W. L. & Alpert, N. M. (1998). Mental rotation of objects versus hands: neural mechanisms revealed by positron emission tomography. *Psychophysiology*, 35 (2), 151-61.
- Kuhlmann, T. & Brück, W. (2001). Immunpathologie der Multiplen Sklerose. In U.K. Zettl & E. Mix (Hrsg.), *Multiple Sklerose* (S. 11-16). Berlin: Springer.
- Kurle, A. (2009). *Mentales Training zur Bewegungsoptimierung nach Knieendoprothetik. Schwerpunkt Arbeitsgedächtnis*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg.
- Laible, M., Hörer, M., Wanschura, J., Tepper, M., Mader, I., Weiller, C. et al. (2008, September). Interaktion zwischen prämotorischem Kortex und primär sensomotorischem Kortex als Effekt der Spiegeltherapie. *Aktuelle Neurologie*, 34, Heft S 2.
- Langeheine, L. (2004). *Üben mit Köpfchen. Mentales Training für Musiker*. Frankfurt: Zimmermann.
- Lashleys, K. S. (1917). The accuracy of movement in the absence of excitation from the moving organ. *American Journal of Psychology*, 43, 169-194.
- Leape, L. L. (1994). Error in medicine. *Journal of the American Medicine Association*, 272, 1851-1857.
- Leifert-Fiebach, G., Welfringer, A., Babinsky, R. & Brandt, T. (2007, Oktober). *Visuomotorische Imaginationstherapie bei Patienten mit visuell-räumlichem Neglekt: Ein Fallbeispiel*. Poster anlässlich der Jahrestagung der Gesellschaft für Neuropsychologie, Bamberg.
- Linden, C. A., Uhley, J. E., Smith, D. & Bush, M. A. (1989). The effects of mental practice on walking balance in an elderly population. *The Occupational Therapy Journal of Research*, 9, 155-169.
- Lippens, V. (1988). Entwicklung und Erprobung eines Verfahrens zur Erfassung der 'Bewegungsvorstellung' von Ruderern. In R. Daus (Hrsg.), *Neuere Aspekte der Motorikforschung* (S. 302-320). Köln: dvs.

- Lippens, V. (1996). „Die Stabilität durch geschickte Variabilität sichern!“ - Zur zeitlichen und dynamischen Bewegungs-Synchronisation der Mannschaftsarbeit in (ungesteuerten) Riemen-Booten des Rudersports. In R. Daus, K. Blischke, F. Marschall & H. Müller (Hrsg.), *Kognition und Motorik* (S. 109-114). Hamburg: Czwalina.
- Liu, K., Chan, C., Lee, T. & Hui-Chan, C. (2004). Mental imagery for promoting relearning for people after stroke: a randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85, 1403-1408.
- Lotze, M., Heymans, U., Birbaumer, N., Veit, R., Erb, M., Flor, H. et al. (2006). Differential cerebral activation during observation of expressive gestures and motor acts. *Neuropsychologia*, 44 (10), 1787-1795.
- Lotze, M., Montoya, P., Erb, M., Hülsmann, E., Flor, H., Klose, U. et al. (1999). Activation of cortical and cerebellar motor areas during executed and imagined hand movements: an fMRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11 (5), 491-501.
- Luft, A. R., Skalej, M., Stefanou, A., Klose, U. & Voigt, K. (1998). Comparing motion- and imagery-related activation in the human cerebellum: a functional MRI study of 275 patients. *Brain Mapping*, 6, 105-113.
- Lutkus, A. D. (1975). The effect of „imagining“ on mirror drawing. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 5, 389-390.
- Maercker, A. (2000). Entspannungsverfahren. In J. Margraf (Hrsg.), *Lehrbuch der Verhaltenstherapie. Bd. 1: Grundlagen – Diagnostik – Verfahren – Rahmenbedingungen* (S. 397-404). Berlin: Springer.
- Mahoney, M. J., Gabriel, T. J. & Perkins, T. S. (1987). Psychological skills and exceptional athletic performance. *Sport Psychology*, 1, 181-199.
- Malouin, F., Richards, C. L., Doyon, J., Desrosiers, J. & Belleville, S. (2004). Training mobility tasks after stroke with combined mental and physical practice: a feasibility study. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 18, 66-75.
- Malouin, F., Richards, C., Jackson, P., Lafleur, M., Durand, A., Doyon, J. (2007). The Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire (KVIQ) for assessing motor imagery in persons with physical disabilities: a reliability and construct validity study. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 31 (1), 20-29.
- Marculli, C. (2001). Die psychologische Betreuung nach Sportverletzungen. Entwicklung des Interventionsprogramms „Comeback“ und Evaluation von dessen Auswirkungen. Zürich: Gesellschaft zur Förderung der Sportwissenschaften an der ETH Zürich.
- Marculli, C. (2002). Die psychologische Betreuung nach Sportverletzungen – eine retrospektive Befragung der Teilnehmer am Projekt „Comeback“. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*, 50, 71-76.
- Marshall, J. C., Halligan, P. W., Fink, G. R., Wade, D. T. & Frackowiak, R. S. (1997). The functional autonomy of hysterical paralysis. *Cognition*, 64, B1-8.
- Mayer, J. (2001). *Mentales Training - ein salutogenes Therapieverfahren zur Bewegungs-optimierung*. Hamburg: Dr. Kovač.
- Mayer, J., Bohn, J., Görlich, P. & Eberspächer, H. (2005). Mentales Gehtraining – Wirksamkeit eines Therapieverfahrens in der Rehabilitation nach Hüftendoprothetik. *Zeitschrift für Orthopädie*, 143, 419-423.
- Mayer, J., Görlich, P. & Eberspächer, H. (2003). *Mentales Gehtraining. Ein salutogenes Therapieverfahren für die Rehabilitation*. Heidelberg: Springer.
- Mayer, J. & Hermann, H.-D. (2009). *Mentales Training. Grundlagen und Anwendung in Sport, Rehabilitation, Arbeit und Wirtschaft*. Heidelberg: Springer.
- McCabe, C. S., Haigh, R. C., Ring, E. F. R., Halligan, P. W., Wall, P. D. & Blake, D. R. (2003). A controlled pilot study of the utility of mirror visual feedback in the treatment of Complex Regional Pain Syndrome (Type 1). *Rheumatology*, 42, 97-101.

- McCarthy, M., Beaumont, J. G., Thompson, R. & Pringle, H. (2002). The role of imagery in the rehabilitation of neglect in severely disabled brain-injured adults. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 17, 407-442.
- McLennan, N. J., Georgiou, N. L., Mattingley, J. L., Bradshaw, J. L. & Chiu, E. (2000). Motor imagery in Huntington's disease. *Journal of Clinical & Experimental Neurology*, 22, 379-390.
- Meijer, O. G. & Roth, K. (1988). *Complex movement behavior: The motor-action controversy*. Amsterdam: Elsevier Science Publisher.
- Meister, I. G., Krings, T., Foltys, H., Borojerdi, B., Müller, M., Töpper, R. et al. (2004). Playing piano in the mind - a fMRI study on music imagery and performance in pianists. *Cognitive Brain Research*, 19 (3), 219-228.
- Meister, I. G., Krings, T., Foltys, H., Borojerdi, B., Müller, M., Töpper, R. et al. (2005). Effects of long-term practice and task complexity in musicians and nonmusicians performing simple and complex motor tasks: implications for cortical motor organization. *Human Brain Mapping*, 25 (3), 345-352.
- Mendoza, D. & Wichman, H. (1978). Inner darts: effects of mental practice on performance of dart throwing. *Perceptual and Motor Skills*, 47, 1195-1199.
- Merzenich, M. M., Nelson, R. J., Stryker, M. P., Cynader, M. S., Schoppmann, A. & Zook, J. M. (1984). Somatosensory cortical map changes following digit amputation in adult monkeys. *The Journal of Comparative Neurology*, 224, 591-605.
- Meyers, A. W., Cooke, C. J., Cullen, J. & Liles, L. (1979). Psychological aspects of athletic competitors: a replication across sports. *Cognitive Therapy Research*, 3, 361-366.
- Michelon, P., Vettel, J. M. & Zacks, J. M. (2006). Somatotopy during imagined and prepared movements. *Journal of Neurophysiology*, 95, 811-922.
- Miltner, R., Netz, J. & Hömberg, V. (2000). Kognitive Therapie sensomotrischer Störungen. *Zeitschrift für Physiotherapie*, 52, 954-964.
- Miltner, R., Simon, U., Netz, J. & Hömberg, V. (1999). Bewegungsvorstellung in der Therapie von Patienten mit Hirninfarkt. *Neurologie & Rehabilitation*, 5, 66-72.
- Morris, T., Spittle, M. & Watt, A. P. (2005). *Imagery in Sport*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Moseley, G. L. (2004). Graded motor imagery is effective for long-standing complex regional pain syndrome: a randomized controlled trial. *Pain*, 108, 192-198.
- Moseley, G. L. (2005). Graded motor imagery for pathologic pain: a randomized controlled. *Clinical Journal of Pain*, 22 (4), 353-8.
- Moseley, G. L. (2006). Graded motor imagery for pathologic pain. A randomized controlled trial. *Neurology*, 6, 2129-2134.
- Mulder, T. (2007a). *Das adaptive Gehirn. Über Bewegung, Bewusstsein und Verhalten*. Stuttgart: Thieme.
- Mulder, T. (2007b). Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation. *Journal of Neural Transmission*, 114, 1265-1278.
- Mulder, T., Hochstenbach, J. B. H., van Heuvelen, M. J. G. & den Otter, A. R. (2007). Motor imagery: The relationship between age and imagery capacity. *Movement Science*, 26, 203-211.
- Müller, H. (1997). Kognition und motorisches Lernen. *Psychologie und Sport*, 4, 74-91.
- Mumford, P. & Hall, C. (1985). The effects of internal and external imagery on performing figures in figure skating. *Canadian Journal of Applied Sport Science*, 10, 171-177.
- Munn, J., Herbert, R. D. & Gandevia, S. C. (2004). Contralateral effects of unilateral resistance training: a meta-analysis. *Journal of Applied Physiology*, 96, 1861-1866.
- Munzert, J. (2001). Vorstellung und Bewegung. In J. Nitsch & H. Allmer (Hrsg.), *Denken- Sprechen- Bewegen. Bericht über die 32. Tagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie* (S. 41-56). Köln: bps.

- Munzert, J. & Reiser, M. (2007). Vorstellung und mentales Training. H. Mechling & J. Munzert (Hrsg.), *Handbuch Bewegungswissenschaft – Bewegungslehre* (S. 219-230). Schorndorf: Hofmann.
- Murphy, S. M. (1994). Imagery interventions in sport. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26, 486-494.
- Muthney, F. A. (1989). *Freiburger Fragebogen zur Krankheitsverarbeitung*. Weinheim: Beltz.
- Naito, E., Kochiyama, T., Kitada, R., Nakamura, S., Matsumura, M., Yonekura, Y. & Sadato, N. (2002). Internally simulated movement sensations during motor imagery activate cortical motor areas and the cerebellum. *Journal of Neuroscience*, 22 (9), 3683-3691.
- Newsom, J., Knight, P. & Balnave, R. (2003). Use of mental imagery to limit strength loss after immobilisation. *Journal of Sport rehabilitation*, 12, 249-258.
- Niemeier, J. P., Cifu, D. X. & Kishore, R. (2001). The lighthouse strategy: improving the functional status of patients with unilateral neglect after stroke and brain injury using a visual imagery intervention. *Top Stroke Rehabilitation*, 8, 10-8.
- Niethard, F. U. & Pfeil, J. (2005). *Orthopädie* (5. korr. Aufl.). Stuttgart: Thieme.
- Nyberg, L., Eriksson, J., Larsson, A. & Marklund, P. (2006). Learning by doing versus learning by thinking: an fMRI study of motor and mental training. *Neuropsychologia*, 44, 711-717.
- Oehlert, K. (2007). Sport mit Arthrose und Endoprothesen. In J. Hassenpflug (Hrsg.), *Handbuch Sportorthopädie –traumatologie*, (S. 191-201). Schorndorf: Hofman.
- Oishi, K., Kimura, M., Yasukawa, M. & Maeshima, T. (1992). Changes of physiological parameters during mental rehearsal of speed skating. *Japanes Journal of Physical Education*, 36, 303-312.
- Orlick, T. & Partington, J. (1988). Mental links to excellence. *The Sport Psychologist*, 2, 105-130.
- Page, S. J. (2000). Imagery improves upper extremity motor function in chronic stroke patients. *Occupational Therapy Journal of Research*, 20, 200-215.
- Page, S. J., Levine, P. & Leonard, A. C. (2005). Effects of mental practice on affected limb use and function in chronic stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86, 399-402.
- Page, S. J., Levine, P., Sisto, S. & Johnston, M. V. (2001a). A randomized efficacy and feasibility study of imagery in acute stroke. *Clinical Rehabilitation*, 15, 233-240.
- Page, S. J., Levine, P., Sisto, S. & Johnston, M. V. (2001b). Mental practice combined with physical practice for upper-limb motor deficit in subacute stroke. *Physical Therapy*, 81, 1455-1462.
- Paivio, A. (1986). *Mental Representations*. New York, NY: Oxford University Press.
- Parkin, A. J. (1993). *Gedächtnis. Ein einführendes Lehrbuch*. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Parkin, A. J. (2000). Ein grundlegendes Gedächtnismodell. In A. J. Parkin (Hrsg.), *Erinnern und Vergessen. Wie das Gedächtnis funktioniert und was man bei Gedächtnisstörungen tun kann* (Bd. 1, S. 13-45). Bern Göttingen Toronto Seattle: Huber.
- Parsons, L. M. (1994). Temporal and kinematic properties of motor behavior reflected in mentally simulated action. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 20, 709-730.
- Parsons, L. M., Fox, P. T., Downs, J. H., Glass, T., Hirsch, T. B., Martin, C. C. et al. (1995). Use of implicit motor imagery for visual shape discrimination as revealed by PET. *Nature*, 375, 54-58.
- Pascual-Leone, A., Dang, N., Cohen, L. G., Brasil-Neto, J. P., Cammarota, A. & Hallett, M. (1995). Modulation of muscles responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills. *Journal of Neuropsychology*, 74, 1037-1045.
- Peronnet, F. & Farrah, M. J. (1989). Mental rotation-task: An event-related potential study with a validated mental-rotation task. *Brain and Cognition*, 9, 279-288.
- Perry, H. M. (1939). The relative efficiency of actual and imagery practice in 5 selected tasks. *Archives of Psychology*, 4, 5-75.

- Pfurtscheller, G., Nauper, C., Flotzinger, D. & Pregenzer, M. (1997). EEG-based discrimination between imagination of right and left hand movement. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 103 (6), 642-651.
- Pinel, J. P. J. (2007). *Biopsychologie* (6. aktual. Aufl.). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Podsiadlo, D & Richardson, S. (1991). The timed „Up and Go“: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of American Geriatrics Society*, 39, 142-148.
- Pons, T. P., Garraghty, P. E., Ommaya, A. K., Kaas, J. H., Taub, E. & Mishki, M. (1991). Massive cortical reorganisation after sensory deafferentation in adult macaques. *Science*, 252, 1857-1860.
- Porro, C. A., Francescato, M. P., Cettolo, V., Diamond, M. E., Baraldi, P., Zuiani, C. et al. (1996). Primary motor and sensory cortex activation during motor performance and motor imagery: a functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Neuroscience*, 16 (23), 7688-7698.
- Pretzlaff, R. & Munzert, J. (2002). Zeitliche Genauigkeit von Bewegungsvorstellungen beim Balancieren in unterschiedlichen Höhen. *Psychologie und Sport*, 9, 62-70.
- Prinz, W. (1987). Ideo-motor action. In H. Heuer & A. F. Sanders (Eds.). *Perspectives on perception and action* (47-76). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Prut, Y. & Fetz, E.E. (1999). Primates' spinal interneurons show premovement instructed delay activity. *Nature*, 401, 590-594.
- Puni, A.Z. (1961). *Abriss der Sportpsychologie*. Berlin: Sportverlag.
- Ramachandran, V.S. (2005). Plasticity and functional recovery in neurology. *Clinical Medicine*, 5 (4), 368-373.
- Ramachandran, V.S. & Blakeslee, S. (2007). *Die blinde Frau, die sehen kann. Rätselhafte Phänomene unseres Bewusstseins* (3. Aufl.). Reinbek: Rowohlt.
- Ramachandran, V.S. & Cobb, S. (1995). Visual attention modulates metacontrast masking. *Nature*, 373, 66-68.
- Ramachandran, V.S. & Rogers-Ramachandran, D. C. (1996). Synaesthesia in phantom limbs induced with mirrors. *Proceedings of the Royal Society of London*, 263, 377-386.
- Ramachandran, V.S., Ruskin, D., Cobb, S. & Rogers-Ramachandran, D. (1994). On the perception of illusory contours. *Vision Research*, 34 (23), 3145-3152.
- Ranganathan, V. K., Siemionow, V., Liu, J.Z., Sahgal, V. & Yue, G.H. (2004). From mental power to muscle power – gaining strength by using the mind. *Neuropsychologia*, 42, 944-956.
- Raz, N., Rodrigue, K. M., & Haacke, E. M. (2007). Brain aging and its modifiers: insights from in vivo neuromorphometry and susceptibility weighted imaging. *Annals of the New York Academy of Science*, 1097, 84-93.
- Reiser, M. (2005). Kraftgewinne durch Vorstellung maximaler Muskelkontraktionen. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 12 (1), 11-21.
- Richardson, A. (1967a). Mental practice: a review and discussion, Part 1. *Research Quarterly*, 38, 95-107.
- Richardson, A. (1967b). Mental practice: a review and discussion, Part 1. *Research Quarterly*, 38, 264-273.
- Richardson, A. (1969). *Mental imagery*. New York, NY: Springer.
- Rijntjes, M. & Weiller, C. (2003). Funktionsanpassung im motorischen und im sprachlichen System (Kap. 15). In H.-O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie* (S. 661-668). Berlin: Springer.
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V. & Fogassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive Brain Research*, 3 (2), 131-41.
- Rockmann-Rüger, U. (1988). Zur Bedeutung des Mentalen Trainings und des Alters - Zwei neuere Untersuchungen zu sensomotorischen Lernprozessen. In R. Daugs (Hrsg.), *Neuere Aspekte der Motorikforschung* (S. 281-301). Köln: dvs.

- Rodgers, W., Hall, C. & Buckholz, E. (1991). The effect of an imagery training program on imagery ability, imagery use, and figure skating performance. *Journal of Applied Sport Psychology*, 3, 109-125.
- Roland, P. E., Larsen, B., Lassen, N. A. & Skinhoj, E. (1980). Supplementary motor area and other cortical areas in organization of voluntary movements in man. *Journal of Neurophysiology*, 43 (1), 118-136.
- Romero, D. H., Lacourse, M. G., Lawrence, K. E., Schandler, S. & Cohen, M.J. (2000). Event-related potentials as a function of movement parameter variations during motor imagery and isometric contraction. *Behavioural Brain Research*, 117, 83-96.
- Rosenbaum, D.A., Marchak, F., Barnes, H. J., Vaughan, J., Slotta, J. D. & Jorgensen, M. J. (1990). Constraints for action selection. Overhand versus underhand grips. In M. Jeannerod (Ed.). *Motor representation and control. Attention and performance VIII* (pp. 321-342). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Ross, J. S., Tkach, J., Ruggieri, P. M., Lieber, M. & Lapresto, E. (2003). The mind's eye: functional MR Imaging evaluation of golf motor imagery. *American Journal of Neuroradiology*, 24, 1036-1044.
- Ross, M. J. & Bergers, R. S. (1996). Effects of stress inoculation training on athletes' postsurgical pain and rehabilitation after orthopedic injury. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 64, 406-410.
- Ross, S. L. (1985). The effectiveness of mental practice in improving the performance of college trombonists. *Dissertation Abstracts International*, 46, 30-38.
- Rossini, P. M., Rossi, S., Pasqualetti, P. & Tecchio, F. (1999). Corticospinal excitability modulation to hand muscles during movement imagery. *Cerebral Cortex*, 9, 161-167.
- Rotella, R. J., Gansneder, B., Oiala, D. & Billing, J. (1980). Cognition and coping strategies of elite skiers: an exploratory study of young developing athletes. *Journal of Sport Psychology*, 2, 350-354.
- Roth, M., Decety, J., Raybaudi, M., Massaraelli, R., Delon-Martin, C., Segebarth, C. et al. (1996). Possible involvement of primary motor cortex in mentally simulated movement: a functional magnetic resonance study. *Neuroreport*, 7 (7), 1280-1284.
- Ryan, E. D. & Simons, J. (1981). Cognitive demand, imagery and frequency of mental rehearsal as factors influencing acquisition of motor skills. *Journal of Sport Psychology*, 3, 35-45.
- Ryan, E. D. & Simons, J. (1982). Efficacy of mental imagery in enhancing mental rehearsal of motor skills. *Journal of Sport Psychology*, 4, 41-51.
- Ryan, E. D. & Simons, J. (1983). What is learned in mental practice of motor skills: a test of the cognitive-motor hypothesis. *Journal of Sport Psychology*, 5, 419-426.
- Sackett, R. S. (1934). The influence of symbolic rehearsal upon the retention of a maze habit. *Journal of General Psychology*, 13, 113-128.
- Salat, D. H., Kaye, J. A., & Janowsky, J. S. (2002). Greater orbital prefrontal volume selectively predicts worse working memory performance in older adults. *Cerebral Cortex*, 12 (5), 494-505.
- Sanes, J. N. & Hallett, M. (1990). Limb positioning and magnitude of essential tremor and other pathological tremors. *Movement Disorders*, 5, 304-309.
- Sathian, K., Greenspan, A. I. & Wolf, S. L. (2000). Doing it with mirrors: a case study of a novel approach to neurorehabilitation. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 14 (1), 73-76.
- Schabus, R. & Bosina, E. (2007). *Das Knie. Der Ratgeber für das verletzte Knie*. Heidelberg: Springer.
- Schaper, N. & Sonntag, K. (1997). Kognitive Trainingsmethoden zur Förderung diagnostischer Problemlösefähigkeiten. In K. Sonntag & N. Schaper (Hrsg.), *Störungsmanagement und Diagnosekompetenz* (S. 193-210). ETH Zürich: vdf Hochschulverlag AG.
- Scheler, G. (2004). *Neurophysiologische Korrelate beim mentalen Training motorischer Bewegungen: Ein Vergleich zwischen professionellen Musikern und Amateuren*. Unveröffentlichte Dissertation, Eberhard Karls Universität Tübingen.
- Schelling, D. & Hättig, H. (1993). Die Bestimmung der visuellen Merkspanne mit dem Block-Board. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 4, 104-112.

- Schilling, G. & Gubelmann, H.-P. (1994). Mentales Training im Schulsport. In J. R. Nitsch & R. Seiler (Hrsg.), *Bewegung und Sport. Psychologische Grundlagen und Wirkungen*, 8. *Europäischer Kongress für Sportpsychologie* (Bd. 3, S. 240-244). Sankt Augustin: Academia-Verlag.
- Schlicht, W. (1992). Mentales Training: Lern- und Leistungsgewinne durch Imagination? *Sportpsychologie*, 2, 24-29.
- Schmidt, R. A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225-260.
- Schmidt, J., Lamprecht, F. & Wittmann, W. (1989). Zufriedenheit mit der stationären Versorgung. Entwicklung eines Fragebogens und erste Validitätsuntersuchungen. *Psychotherapie, Psychosomatik, Medizinische Psychologie*, 39, 248-255.
- Schneider, M. O. (2006). *Mentales Training in der Rehabilitation nach distaler Radiusfraktur*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg.
- Schnitzler, A., Selenius, S., Salmelin, R., Jousmäki, V. & Hari, R. (1997). Involvement of primary motor cortex in motor imagery: a neuromagnetic study. *Neuroimage*, 6, 201-8.
- Schott, N. (subm.). Age-related difference in motor imagery: working memory as a mediator. *Experimental Aging Research*.
- Schott, N. & Munzert, J. (2007). Temporal accuracy of motor imagery in older women. *International Journal of Sport Psychology*, 38 (3), 304-320.
- Schultz, J. H. (1987). *Das Autogene Training - konzentrierte Selbstentspannung* (18. Aufl.). Stuttgart: Thieme.
- Schwarzer, A., Glaudo, S. & Maier, C. (2007). Spiegeltherapie - ein neues Verfahren in der Therapie neuropathischer Schmerzen. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 132 (41), 2159-2162.
- Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (1999). *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen: Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen*. Berlin: Freie Universität Berlin.
- Shaw, W. A. (1940). The relation of muscular action potentials to imaginal weight-lifting. *Archives of Psychology*, 35, 5-40.
- Sharma, N., Pomeroy, V. M. & Baron, J.-C. (2006). Motor imagery: a backdoor to the motor system after the stroke? *Stroke*, 37, 1941-52.
- Sharma, N., Simmons, L.H., Jones, P. S., Day, D. J., Carpenter, T. A., Pomeroy, V. M. et al. (2009). Motor imagery after subcortical stroke: a functional magnetic resonance imaging study. *Stroke*, 40 (4), 1315-24.
- Shelton, T. O. & Mahoney, T. J. (1978). The content and effect of psyching-up strategies in weight lifters. *Cognitive Therapy and Research*, 2, 275-284.
- Shepard, R. N. & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171, 701-703.
- Sirgiu, A., Duhamel, R.-J., Cohen, L., Pillon, B., Dubois, B. & Agid, Y. (1996). The mental representations of hand movements after parietal cortex damage. *Science*, 272, 1564-1568.
- Smania, N., Bazoli, F., Piva, D. & Guidetti, G. (1997). Visuomotor imagery and rehabilitation of neglect. *Archives of Physical Medical Rehabilitation*, 78, 430-6.
- Smith, E. R. & Mackie, D. (2000). *Social Psychology*. New York, NY: Worth Publishers.
- Smania, N., Bazoli, F., Piva, D. & Guidetti, G. (1997). Visuomotor imagery and rehabilitation of neglect. *Archives of Physical Medical Rehabilitation*, 78, 430-6.
- Solodkin, A., Hlustik, P., Chen, E. & Small, S. L. (2004). Fine modulation in network activation during motor execution and motor imagery. *Cerebral Cortex*, 14 (11), 1246-1255.
- Sonnenschein, I. (1990). Mentales Training in der Instrumentenausbildung (MIT). *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 37, 232-236.

- Sonntag, K. (1990). Qualifikation und Qualifizierung bei komplexen Arbeitstätigkeiten. In C. Graf Hoyos & B. Zimolong (Hrsg.), *Wirtschafts-, Organisations- und Arbeitspsychologie* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich D, Serie 3, S. 536-571). Göttingen: Hogrefe.
- Sonntag, K. (1993). Kognitive Trainingsverfahren. In C. K. Friede & K. Sonntag (Hrsg.), *Berufliche Kompetenz durch Training* (S. 47-70). Heidelberg: Sauer.
- Sonntag, K. (1996). Lernen im Unternehmen. München: Beck.
- Sonntag, K. & Schaper, N. (1988). Kognitives Training zur Bewältigung steuerungstechnischer Aufgabenstellungen. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 32, 128-138.
- Start, K. B. & Richardson, A. (1964). Imagery and mental practice. *British Journal of Educational Psychology*, 34, 280-284.
- Stephan, K. M., Fink, G. R., Passingham, R. E., Silbersweig, D., Ceballos-Baumann, A. O., Frith, C. D. et al. (1995). Functional anatomy of the mental representation of upper extremity movements in healthy subjects. *Journal of Neurophysiology* 73 (1), 373-86.
- Stevens, J. (1999). *Intermediate Statistics. a modern approach*. London: Erlbaum.
- Stevens, J. & Stoykov, M. E. P. (2003). Using motor imagery in the rehabilitation of hemiparesis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84 (7), 1090-1092.
- Stevens, J, Stoykov, M. E. P. & Roth, E. J. (2004). Simulation of bilateral movement training through mirror reflection: a case report demonstrating an occupational therapy technique for hemiparesis. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 11 (1), (59-66).
- Stevens, J.A. (2005). Interference effects demonstrate distinct roles for visual and motor imagery during the mental representation of human action. *Cognition*, 95, 329-350.
- Stucki, G. (1996). Evaluation einer deutschen Version des WOMAC Arthroseindex. *Zeitschrift für Rheumatologie*, 55, 40-49.
- Suinn, R. M. (1985). Imagery rehearsal applications to performance enhancement. *Behavior Therapy*, 8, 155-159.
- Surburg, P. R. (1968). Audio, visual, and audio-visual instruction with mental practice in developing the forehand tennis drive. *Research Quarterly*, 39, 728-734.
- Sütbeyaz, S., Yavuzer, G., Sezer, N. & Koseoglu, B. F. (2007). Mirror therapy enhances lower-extremity motor recovery and motor functioning after stroke: a randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88, 555-559.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2001). Using multivariate statistics (4th ed.). Boston, MA: Allyn and Bacon.
- Tamir, R., Dickstein, R. & Hubermann, M. (2007). Integration of motor imagery and physical practice group treatment applied to subjects with Parkinson's disease. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 21, 68-75.
- Taub, E., Miller, N. E. & Novack, T. A. (1993). Technique to improve chronic motor deficit after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 74, 347-354.
- Thermann, H. (2005a). Ergebnisse – Belastungs-/Sportfähigkeit. In K. Buckup (Hrsg.), *Die unikonduyläre Schlittenprothese. Pro & Contra* (S. 65-78). Darmstadt: Steinkopf.
- Thermann, H. (2005b). Statement. In K. Buckup (Hrsg.), *Die unikonduyläre Schlittenprothese. Pro & Contra* (S. 127-134). Darmstadt: Steinkopf.
- Thorndike, E. L. (1972). The law of effect. *American Journal of Psychology*, 39, 212-222.
- Tokumar, O., Mizumoto, C., Takada, Y. & Ashida, H. (2003). EEG activity of aviators during imagery flight training. *Clinical Neurophysiology*, 114, 1926-1935.
- Trepel, M. (2004). *Neuroanatomie: Struktur und Funktion*. München: Urban & Fischer.

- Tschan, F. & Semmer, N. (2001). Wenn alle dasselbe denken: Geteilte Mentale Modelle und Leistung in der Teamarbeit. In R. Fisch, D. Beck & B. Englich (Hrsg.), *Projektgruppen in Organisationen. Praktische Erfahrungen und Erträge der Forschung* (S. 217-235). Göttingen: Hogrefe.
- Tucker, M., & Ellis, R. (1998). On the relations between seen objects and components of action. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 24, 830-846.
- Ulich, E. (1967). Über verschiedene Methoden des Lernens sensumotorischer Fertigkeiten. *Arbeitswissenschaft*, 6, 48-50.
- Vaitel, D. & Petermann, F. (1993). *Handbuch der Entspannungsverfahren*. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Vandell, R. A., Davis, R. A. & Clugston, H. A. (1943). The Function of Mental Practice in the Acquisition of Motor Skills. *The Journal of General Psychology*, 29, 243-250.
- Volpert, W. (1969). *Untersuchungen über den Einsatz des mentalen Trainings beim Erwerb einer sensumotorischen Fertigkeit*. Köln: Deutsche Sporthochschule.
- Volpert, W. (1971). *Sensumotorisches Lernen*. Frankfurt: Limpert-Verlag.
- Volpert, W. (1977). *Optimierung von Trainingsprogrammen*. Lollar/Lahn: Achenbach.
- Wanschura, J., Tepper, M., Vuck, A., Weiller, C. & Hamzei, F. (2008). Kortikale Effekte der Spiegeltherapie - eine fMRT Studie. *Aktuelle Neurologie*, 34, Heft S 2.
- Wechsler, D. (1997) *Wechsler Adult Intelligence Scale* (3rd ed.) San Antonio, TX: Harcourt Assessment.
- Wehner, T. & Stadler, M. (1996). Gestaltpsychologische Beiträge zur Struktur und Dynamik fehlerhafter Handlungsabläufe. In J. Kuhl & H. Heckhausen (Hrsg.), *Motivation, Volition und Handlung* (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C, Serie 4, Bd. 4, S. 795-815). Göttingen: Hogrefe.
- Weinberg, R. S. (1982). The relationship between mental preparation strategies and motor performance: a review and critique. *Quest*, 33, 195-213.
- Weiller, C., Chollet, F., Friston, K. J., Wise, R. J. S. & Frackowiak, M. D. (1992). Functional reorganization of the brain in recovery from striatocapsular infarction in man. *Annals of Neurology*, 31, 463-472.
- Weiss, T., Hansen, E., Rost, R., Beyer, L., Merten, F., Nichelmann, C. et al. (1994). Mental practice of motor skills used in poststroke rehabilitation has own effects on central nervous activation. *International Journal of Neuroscience*, 87, 157-166.
- Welfringer, A., Leifert-Fiebach, G., Wolkorte, R., Babinsky, R. & Brandt, T. (subm.). Visuomotor mental imagery practice in rehabilitation with acute neglect patients: a randomized controlled feasibility pilot study. *Clinical Rehabilitation*.
- Werner, J. (1997). *Lineare Statistik: Das allgemeine lineare Modell*. Weinheim: Beltz, Psychologie-Verlags-Union.
- White, L. & Castellano, V. (2008). Exercise and Brain Health - Implications for Multiple Sclerosis. Part 1 - Neuronal Growth Factors. *Sports Medicine*, 38 (2), 91-100.
- Wilkes, R. L. & Summers, J. J. (1984). Cognitions, mediating variables and strength performance. *Journal of Sport Psychology*, 6, 351-369.
- Yágüez, L., Canavan, A. G. M., Lange, H. W. & Hömberg, V. (1999). Motor learning by imagery is differentially affected in Parkinson's and Huntington's diseases. *Behavioural Brain Research*, 102, 115-127.
- Yavuzer, G., Selles, R., Sezer, N., Sütbeyaz, S., Bussmann, J. B., Köseoglu F. et al. (2008). Mirror therapy improves hand function in subacute stroke: a randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89, 393-398.

-
- Yue, G. & Cole, K. J. (1992). Strength increases from the motor program: comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. *Journal of Neurophysiology*, 67 (85), 1114-1123.
- Zecker, S.G. (1982). Mental practice and knowledge of results in the learning of a perceptual motor skill. *Journal of Sport Psychology*, 4, 52-63.
- Ziemanz, H., Hendrich, S., Schleinkofer, M. & Pfeifer, K. (2008). Der Einsatz von Mentalem Training in der Rehabilitation von Schlaganfallpatienten – Review und Effektstärkenberechnung. *Physikalische Medizin, Rehabilitationsmedizin, Kurortmedizin*, 18, 198-202.
- Zimmermann-Schlatter, A., Schuster, C., Puhan, M. A., Siekierka, E. & Steurer, J. (2008). Efficacy of motor imagery in post-stroke rehabilitation: a systematic review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 5, 1-10.

Anhang A.1

Trainingshandbuch für Patienten

Anhang A.2

Therapeutenleitfaden



Mentales Training in der Rehabilitation nach Knieendoprothetik

TRAININGSHANDBUCH FÜR PATIENTEN

Therapieauftrag mit den Therapiezielen

Die menschliche Gehbewegung wird in der frühen Kindheit intuitiv erlernt und unbewusst automatisiert. Jedoch entwickeln oft Patienten, die an einer Knieverletzung oder Knieerkrankung leiden, sogenannte Gangstörungen. Aufgrund von Schmerzen beim Gehen kommt es oft zu Fehlbelastungen und Schonhaltungen. Häufig gehen damit muskuläre Schwächen oder eine gestörte Automatisierungsfähigkeit einher.

Patienten müssen nach Implantation einer Knieendoprothese das Gehen also neu erlernen und sich Fehlbelastungen sowie Schonhaltungen wieder abgewöhnen. Dieser Lernprozess wird durch die Tatsache erschwert, dass direkt nach der Operation im Kniegelenk eine eingeschränkte Beweglichkeit vorherrscht. Die Anwendung von Mentalem Training soll daher in dieser frühen Rehabilitationsphase eine zusätzliche Hilfe sein um möglichst schnell und schonend zu genesen.

Das Erreichen folgender Therapieziele nach der Operation soll durch das Mentale Training erleichtert werden:

1. Die Wiederherstellung der allgemeinen Beweglichkeit (die optimale Beugung und Streckung im Kniegelenk)
2. Der Aufbau des Muskelgewebes und damit die Stabilisation im Kniegelenk
3. Das Wiedererlernen der Gehbewegung

Die Patientenfibrel soll Ihnen ermöglichen das Vorgehen in Ruhe nachzulesen. Sollten Sie jedoch weitere Fragen haben, zögern Sie bitte nicht uns anzusprechen.

Die Fibrel zum Mentalen Training ist dreiteilig aufgebaut:

Teil 1: Wissenswertes zum Mentalen Training, zur Entspannung und zur Spiegeltechnik

Teil 2: Erlernen der Atementspannung

Teil 3: Erlernen des Mentalen Trainings: Beschreibung und Fotos von den Übungen

Teil 1: Wissenswertes zum Mentalem Training, zur Entspannung und zur Spiegeltechnik

1. Das Mentale Training

Mentales Training in der Rehabilitation ist ein Therapieverfahren zur Bewegungsoptimierung. Es kann einen Beitrag dazu leisten, dass einigen Patienten besser geholfen werden kann. Das Verfahren Mentales Training weist in der Arbeit von Sportpsychologen mit Leistungssportlern eine lange und erfolgreiche Tradition auf.

Der Sportler trainiert seine Bewegung im Kopf ohne diese gleichzeitig praktisch auszuführen. Er verdeutlicht sich den idealen Bewegungsablauf in der Vorstellung immer wieder. Die Vorstellung von Bewegungen ist durch eine Reihe von bemerkenswerten Nebenwirkungen gekennzeichnet, so geht sie bspw. mit den dazugehörigen körperlichen und psychologischen Empfindungen einher. Wenn man sich eine Bewegung vorstellt, aktiviert und stellt das Gehirn sogenannte motorische Kommandos bereit. Der einzige Unterschied zu einer tatsächlich ausgeführten Bewegung ist, dass diese Bewegung nicht in Muskelaktionen umgesetzt wird. Das Muster der motorischen Kommandos im Gehirn verbessert sich aber genau so wie nach körperlicher Ausführung. Jüngste Untersuchungen mit bildgebenden Verfahren bestätigen diese Annahmen.

Nicht nur verletzte Spitzensportler in der Rehabilitation, auch Patienten mit gebrochenem Arm und anschließender mehrwöchiger Gipsruhigstellung, Patienten in der Rehabilitation nach Schlaganfall oder in der orthopädischen Rehabilitation, z.B. zum Wiedererlernen der Gehbewegung nach Hüftendoprothesenversorgung konnten bisher von dieser Methode profitieren. Diese Erkenntnisse lassen den Einsatz des Mentalen Trainings in der orthopädischen Rehabilitation nach Knieendoprothetikoperation vielversprechend erscheinen.

Vorgehen: Beim Mentalen Training wird zunächst gemeinsam mit dem Patienten eine Vorstellung verschiedener physiotherapeutischer Übungen bzw. der Gehbewegung erarbeitet (siehe Foto rechte Seite).

Im Anschluss lernt der Patient sich die Übungen und die Gehbewegung so intensiv wie möglich vorzustellen.

Unter Schonung der Gelenke und ohne Schmerzen kann der Patient schon unmittelbar nach der Operation damit seine Bewegungen trainieren. Auch angewohnte Gehfehler und Schonhaltungen lassen sich damit schneller überwinden (siehe Foto rechte Seite).



Abbildung 1: *Aufbau der optimalen Vorstellung der Übungen.*

2. Zur Rolle des Entspannungszustandes beim Mentalen Training

Mental, also in der Vorstellung trainieren, bedeutet, dass ein Dialog zwischen Körper und Gehirn stattfindet. Dieser Dialog ist besonders für Störungen von außen, bspw. für körperliche Anspannung, empfindlich. Zum einen blockiert insbesondere hohe körperliche Anspannung die Kommunikation zwischen Geist und Körper, zum anderen führt zunehmende Anspannung neben der Einschränkung der feinmotorischen Fähigkeiten, auch zur Einschränkung des Aufmerksamkeits- und Wahrnehmungsbereiches.

Daher sollte der Übende zu Beginn eines jeden Mentalen Trainings einen relativen Entspannungszustand herbeiführen.

Dieser ist bspw. mittels Atementspannungstechniken oder einzelner Übungen der Progressiven Muskelentspannung zu erreichen.

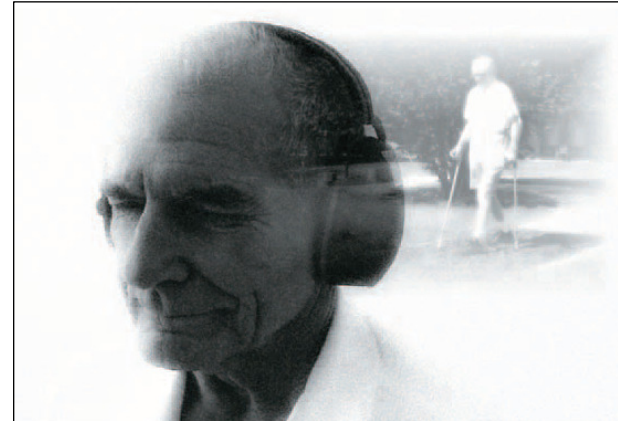


Abbildung 2:
*Patient beim Mentalen
Training: Er stellt sich
seinen Gang vor.*

3. Die Spiegeltechnik

Die Spiegeltechnik funktioniert nach folgendem Prinzip: Durch Spiegelung von Bewegungen der gesunden Gliedmaßen im Spiegel wird der Anschein von Bewegung der betroffenen Gliedmaßen erweckt.

Der in Südkalifornien praktizierende Arzt und Forscher Ramachandran nutzte dieses Prinzip als einer der ersten bei der Behandlung von Patienten mit chronischen Schmerzen an einer Extremität bzw. mit Phantomschmerzen nach einer Amputation oder bei Patienten die nach einem Schlaganfall eine halbseitige Lähmung davon trugen. Am zuletzt genannten Beispiel soll die Wirkung des Spiegeltrainings nun erläutert werden.

Bewegungsmuster werden grundsätzlich im Gehirn gespeichert. Ein Schlaganfallpatient mit halbseitiger Lähmung vernachlässigt im Alltag seinen gelähmten Arm. Zwangsläufig werden dadurch die im Gehirn bereitstehenden Bewegungsmuster sozusagen „eingefroren“. Der Patient verliert immer mehr das Gefühl und die Kontrolle über seinen Arm. Die Verwendung des Arms wird schließlich sogar „entlernt“. Über den Spiegel wird dem Gehirn nun Bewegung der gelähmten Gliedmaßen „vorgegaukelt“; in Wahrheit wird die Bewegung der gesunden Extremität nur gespiegelt. Erstarrte Bewegungsmuster können über diesen Trick wieder auftauchen. Dadurch

kann die aktive Bewegungsfähigkeit der ursprünglich gelähmten Extremität wieder erhöht werden.

Der Zustand nach einer Endoprothetikoperation am Knie ist vergleichbar mit einer Lähmung. Nach der Operation kann das Bein zunächst einmal nicht normal bewegt werden. Um ein „Einfrieren“ der Bewegungsmuster zu verhindern soll zusätzlich zur Physiotherapie mit der Spiegeltechnik trainiert werden. Außerdem wird dadurch das Erschaffen einer Bewegungsvorstellung erleichtert.



Abbildung 3:
*Knieprothesepatient trainiert
mit Hilfe der Spiegeltechnik.*

Teil 2.: Erlernen der Atementspannung

Kurzfassung:

Bei der Progressiven Muskelentspannung werden folgende Körperteile angespannt, die Spannung wird 5 Sekunden gehalten und schließlich wieder gelöst:

- Hände.
- Schultern.
- Gesäß.
- Zunge/Lippen/Zähne.

Die Entspannung beginnt und endet mit der Konzentration auf die Atmung. Achten Sie während des Lösens der Muskelgruppe auf das Empfinden der Entspannung. Danach konzentrieren Sie sich wieder auf die Atmung.

13 Schritte der Entspannung:

1. Nehmen Sie eine bequeme Liegehaltung (oder Sitzhaltung) ein, legen Sie die Arme neben ihren Körper und schließen Sie die Augen.
2. Stellen Sie zunächst einen gleichmäßigen Atemrhythmus her, und beobachten Sie in Gedanken, wie sich Ihre Bauchdecke im Rhythmus der Atmung hebt und senkt. Die Schultern werden beim Einatmen nicht hochgezogen, sondern befinden sich in tendenziell abfallender Haltung.
Beobachten Sie: Ihre Atmung besteht aus drei Phasen, dem Einatmen, dem Ausatmen und der Pause. Konzentrieren Sie sich auf die Pause. (10 Atemzüge)
3. Ballen Sie Ihre Hände zu Fäusten. Spüren Sie wie sich die Fingernägel in die Haut bohren. Halten Sie die Spannung. Wählen Sie dann einen Atemzug aus und lösen Sie die Spannung in den Händen und strecken die Finger beim – möglichst langen – Ausatmen. Spüren Sie, wie sich Ihre Hände entspannen.
4. Beobachten Sie anschließend in Gedanken wieder das gleichmäßige Heben und Senken der Bauchdecke im Rhythmus der Atmung. Konzentrieren Sie sich auf das Einatmen, das Ausatmen und die Pause. Achten Sie darauf, wie sich die Pause anfühlt. (Circa 5 Atemzüge)

5. Ziehen Sie nun beide **Schultern hoch** in Richtung Ohren. Spüren Sie wie sich auch Ihre Nackenmuskeln anspannen. Halten Sie die Spannung. Wählen Sie dann einen Atemzug aus und lösen Sie die Spannung in den Schultern beim – möglichst langen – Ausatmen. Spüren Sie, wie sich Ihre Schultern und der Nacken entspannen.
6. Beobachten Sie anschließend in Gedanken wieder das gleichmäßige **Heben und Senken der Bauchdecke** im Rhythmus der Atmung. Konzentrieren Sie sich auf **das Einatmen, das Ausatmen und die Pause**. Achten Sie darauf, wie sich die Pause anfühlt. (Circa 5 Atemzüge)
7. Spannen Sie nun Ihre **Gesäßmuskeln** ganz fest an. Spüren Sie wie sich auch Ihre Beine dabei etwas anspannen. Halten Sie die Spannung. Wählen Sie dann einen Atemzug aus und lösen Sie die Spannung in den Gesäßmuskeln beim – möglichst langen – Ausatmen. Spüren Sie, wie sich Ihr Gesäß entspannt.
8. Beobachten Sie anschließend in Gedanken wieder das gleichmäßige **Heben und Senken der Bauchdecke** im Rhythmus der Atmung. Konzentrieren Sie sich auf **das Einatmen, das Ausatmen und die Pause**. Achten Sie darauf, wie sich die Pause anfühlt. (Circa 5 Atemzüge)
9. Drücken Sie nun mit Ihrer **Zunge** ganz fest gegen Ihren Gaumen als wollten Sie eine Banane in Ihrem Mund zerdrücken. Pressen Sie auch die **Lippen und Zähne** fest zusammen. Halten Sie die Spannung. Wählen Sie dann einen Atemzug aus und lösen Sie die Spannung in der Zunge, den Lippen und den Zähnen beim – möglichst langen – Ausatmen. Spüren Sie, wie sich Ihr Gesicht entspannt.
10. Beobachten Sie anschließend in Gedanken wieder das gleichmäßige **Heben und Senken der Bauchdecke** im Rhythmus der Atmung. Konzentrieren Sie sich auf **das Einatmen, das Ausatmen und die Pause**. Achten Sie darauf, wie sich die Pause anfühlt. (Circa 5 Atemzüge) Vergegenwärtigen Sie sich dann nacheinander nochmals das Gefühl entspannter Hände, der entspannten Schultern, des entspannten Gesäßes und des entspannten Gesichts und des Nackens.
11. Wählen Sie dann wieder einen Atemzug aus, und versuchen Sie mit dem langen Ausatmen ihr **gesamtkörperliches Entspannungsgefühl** weiter zu vertiefen.
12. Atmen Sie noch einige Züge gleichmäßig ein und aus. **Intensivieren Sie dann die Einatmung**, ziehen Sie dabei die Schultern hoch, öffnen Sie die Augen, und zählen Sie jeden der abschließenden fünf Atemzüge, indem Sie von 5 bis 1 herunter zählen.
13. Stehen Sie auf und **lockern** Sie sich.

Teil 3: Erlernen des Mentalen Trainings: Beschreibung und Fotos von den Übungen

Ziel: Die Übungen Nummer 1-6 am Ende des Aufenthalts in der ATOS-Praxisklinik je fünf Mal mental durchlaufen können.

Trainingshäufigkeit: 15-20 Minuten/Tag, optimal: abends vor dem Einschlafen zur Gewohnheit machen

1. Basisbewegung: Flexion-Extension im Liegen

Körperposition:

sitzend im Bett, Bettlehne 45° geneigt,
Wirbelsäule ganz angelehnt, spüren Sie wie der Körper aufliegt

Basisbewegung:

→ Spannen Sie zunächst ihre Fußspitze an, so dass sie dabei zur Decke zeigt. Spüren Sie das Gefühl der Spannung.

→ Ziehen Sie dann die Fußsohle und das Kniegelenk so weit wie es geht an, d.h. Sie ziehen ihre Ferse in Richtung Gesäß. Achten Sie darauf, dass die Ferse dabei auf dem Bett bleibt. Belassen Sie Ihr Bein in einer Achse, ziehen Sie es also nicht schief zu sich her. Behalten Sie die Oberkörperposition bei. Konzentrieren Sie sich dabei auf das Kniegelenk, auf das Gesäß und die Ferse. *Wie fühlen sich die einzelnen Körperteile an? Wie fühlt sich das Bewegungsende an?* Beobachten Sie die Spannung im Bein und warten Sie bis die Spannung wieder nachlässt.

→ Strecken Sie dann ihr Bein wieder aus. Tun sie dies einige Male und vergleichen Sie die Durchgänge. *(War es beim zweiten Mal genauso weit angezogen wie beim ersten Mal? War es besser als gestern?)*



Ausführung der Übung:

- 1) 2 Mal mit **offenen Augen**, **nicht-operiertes Knie**
- 2) 3 Mal mit **geschlossenen Augen**, **nicht-operiertes Knie**

→ Achten Sie dabei verstärkt auf das Bewegungsgefühl.

3) 5 Mal **MENTAL** → Schließen Sie bitte dabei die Augen. Sprechen Sie Ihre individuelle Bewegungsanweisung mit. Versuchen sie die Innenperspektive einzunehmen. Gehen Sie in Gedanken folgende Fragen durch. *Haben Sie sich von außen gesehen oder haben Sie die Bewegungen Ihres Körpers gespürt? Hatten sie eine klare und lebendige Vorstellung?*

Bitte bedenken Sie, dass bei der Bewegungsvorstellung das Gefühl des Bewegungsendes, also der Druck und Zug wichtig ist und nicht die Vorstellung, dass das Bein z.B. räumlich gebeugt und gestreckt wird.



2. Basisbewegung: Flexion-Extension im Stehen mit Handtuch

Körperposition:

stehend, angelehnt an Tischkante bzw. Bettkante,
Fuß auf einem Handtuch, ganze Sohle liegt auf,
Oberkörper leicht nach vorne gebeugt (Hüftwinkel ca. 90°),
beide Gesäßhälften gleichmäßig belasten



Basisbewegung:

→ Ziehen Sie ihre Fußsohle so weit wie möglich unterhalb der Auflagefläche, mit anderen Worten, ziehen Sie das Handtuch zu sich her. Ihre Fußsohle bleibt dabei auf dem Handtuch/Boden. Konzentrieren Sie sich dabei auf das Kniegelenk und die Vorder- und Rückseite des Oberschenkelmuskels. Belassen Sie ihr Bein in einer Achse und behalten Sie die Oberkörperposition bei.



→ Heben Sie und senken Sie nun mehrmals ihre Fußspitze. Die Ferse bleibt dabei am Boden. Tun Sie dies solange bis die Spannung nachlässt.

→ Strecken Sie nun ihr Bein wieder aus.

Ausführung der Übung:

- 1) 2 Mal mit **offenen** Augen, **nicht-operiertes Knie**
 - 2) 3 Mal mit **geschlossenen** Augen, **nicht-operiertes Knie**
- Achten Sie dabei verstärkt auf das Bewegungsgefühl.
- 3) 5 Mal im **Spiegel** betrachten, **nicht-operiertes Knie führt Bewegung aus** → Nehmen Sie dazu den Therapiespiegel zwischen ihre Beine. Schauen Sie bei der Ausführung ausschließlich das Spiegelbild an.
 - 4) 5 Mal **MENTAL** → Schließen Sie bitte dabei die Augen. Sprechen Sie Ihre individuelle Bewegungsanweisung mit. Versuchen Sie die Innenperspektive einzunehmen. Gehen Sie in Gedanken folgende Fragen durch? *Haben Sie sich von außen gesehen oder haben Sie die Bewegungen Ihres Körpers gespürt? Hatten sie eine klare und lebendige Vorstellung?*

Bitte bedenken Sie, dass bei der Bewegungsvorstellung das Gefühl des Bewegungsendes, also der Druck und Zug wichtig ist und nicht die Vorstellung, dass das Bein z.B. räumlich gebeugt und gestreckt wird.



3. Basisbewegung: Beinbelastung: Hacke-Spitze

Körperposition:

parallele Ausgangsstellung,
im Knie leicht gebeugt

Basisbewegung:

Zuerst mit dem gesunden Bein. Führen Sie im Anschluss die gleichen Schritte mit ihrem operierten Bein durch.

→ Setzen Sie einen kleinen Schritt nach vorne an. Verlagern Sie das Gewicht auf die Ferse und wieder zurück.

→ Machen Sie einen kleinen Schritt nach hinten. Verlagern Sie das Gewicht auf den Fußballen und wieder zurück.

→ Wenn das gut klappt, können Sie als Ausgangsstellung eine Schrittstellung einnehmen. Schwingen Sie mit dem hinteren Bein von hinten nach vorne, durch. Bringen Sie zunächst nur Teilgewicht auf das neue Standbein. Das Endziel sollte das Vorschwingen mit Vollbelastung sein.



Ausführung der Übung:

1) 2 Mal mit **offenen** Augen, **nicht-operiertes Knie**

2) 3 Mal mit **geschlossenen** Augen, **nicht-operiertes Knie**

→ Achten Sie dabei verstärkt auf das Bewegungsgefühl.

3) 5 Mal im **Spiegel betrachten**, **nicht-operiertes Knie führt Bewegung aus**

→ Neben Sie dazu den Therapiespiegel zwischen ihre Beine. Schauen Sie bei der Ausführung ausschließlich das Spiegelbild an.

4) 5 Mal **MENTAL** → Schließen Sie bitte dabei die Augen. Sprechen Sie Ihre individuelle Bewegungsanweisung mit. Versuchen sie die Innenperspektive einzunehmen. Gehen Sie in Gedanken folgende Fragen durch? *Haben Sie sich von außen gesehen oder haben Sie die Bewegungen Ihres Körpers gespürt? Hatten sie eine klare und lebendige Vorstellung?*



Bitte bedenken Sie, dass bei der Bewegungsvorstellung das Gefühl des Bewegungsendes, also der Druck und Zug wichtig ist und nicht die Vorstellung, dass das Bein z.B. räumlich gebeugt und gestreckt wird.

4. Gehbewegung

Bewegung:

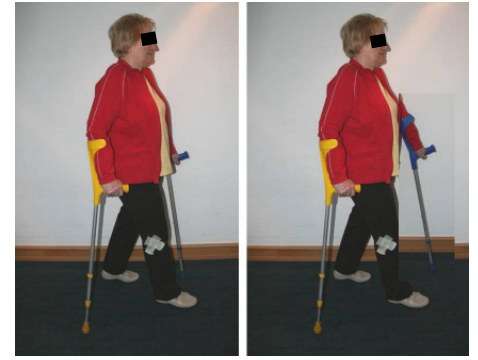
a. Teilziel: Gehen mit Stützen 3-Punkte-Gang

Beim Gehen mit Stützen im 3-Punkte-Gang haben Sie drei Kontakte mit dem Boden: zuerst berührt die eine Stütze, dann die andere Stütze und schließlich das Bein den Boden. Als Kurzformel können Sie verwenden „Stütze-Stütze-Bein“.



b. Teilziel: Gehen mit Stützen 2-Punkte-Gang

Beim Gehen mit Stützen im 2-Punkte-Gang haben Sie zwei Kontakte mit dem Boden: zuerst berührt das Bein, dann die gegengleiche Stütze den Boden. Dabei haben Sie Vollbelastung.



c. Endziel: Gehen ohne Stützen

Ausführung der Übung:

aktiv – MENTAL im direkten Wechsel

Bitte beachten Sie folgendes beim Mentalen Training:

Da Sie sicherlich bald ohne Gehstützen laufen werden, bitten wir Sie von Anfang an den Gebrauch von Gehhilfen, z.B. Unterarmstützen NICHT in die Bewegungsvorstellung zu integrieren! Sollten Sie Schwierigkeiten haben sich Gehbewegungen vorzustellen, kann es hilfreich sein, sich eine ganz bestimmte Gehstrecke z.B. die nächsten 5 Schritte im Gang der ATOS-Klinik oder bei Ihnen zu Hause im Flur vorzustellen.

5. Treppensteigen

a. Vorübung: kleiner Treppenblock



b. Zielübung: Stufen im Treppenhaus

Für das TreppAUFgehen gilt generell:

- das gesunde Bein zuerst
- dann das operierte Bein zusammen mit den Gehstützen auf die gleiche Stufe nachsetzen



Für das TreppABgehen gilt generell:

- die Gehstützen zuerst
- dann das operierte Bein
- zuletzt das gesunde Bein auf die gleiche Stufe setzen



Ausführung der Übung:

aktiv – MENTAL im direkten Wechsel

Bitte beachten Sie folgendes beim Mentalen Training:

Da Sie sicherlich bald ohne Gehstützen Treppen steigen werden, bitten wir Sie von Anfang an den Gebrauch von Gehhilfen, z.B. Unterarmstützen NICHT in die Bewegungsvorstellung zu integrieren! Sollten Sie Schwierigkeiten haben sich Gehbewegungen vorzustellen, kann es hilfreich sein, sich eine ganz bestimmte Gehstrecke z.B. die nächsten 5 Schritte im Gang der ATOS-Klinik oder bei Ihnen zu Hause im Flur vorzustellen.

6. Alltagsbewegung aus der eigenen Biografie

Suchen Sie sich eine Bewegung aus, die Sie in Ihrem Alltag häufig ausführen. Diese könnte bspw. sein:

- Socken, an-/ausziehen,
- Kupplung treten,
- 2 Treppen auf ein Mal hoch-/runtergehen,
- Gas geben/Kupplung treten,
- Toilettengang,
- sportliche Betätigungen,
- Berg hoch laufen etc.

Ausführung der Übung:

aktiv – MENTAL im direkten Wechsel

„Mentales Training in der Rehabilitation nach Knieendoprothetik“

THERAPEUTENLEITFADEN

Intervention der Experimentalgruppen - Zeitplan

Zeitpunkt	Inhalte der Sitzung	Material
Int_{V1}: 1 Tag vor OP entspricht t _{V1}	Patienteninfo Ablauf, Patienteneinwilligung Ziele der Rehabilitation → Therapieauftrag Kniegelenk / Gangbild → Videoaufnahme Patient (1) MT / Film MT / Rolle Entspannung Spiegel Fragebögen	Spiegel DVD Film CD Entspannung Laptop Videoausrüstung MP3-Player
Int_{N1}: 2. Tag nach OP entspricht t _{N1}	Trainingstagebuch Erlernen der Atementspannung 1. Basisbewegung / 2. Basisbewegung	Spiegel CD MT Handtuch
Int_{N2}: 5. Tag nach OP	2. Basisbewegung / 3. Basisbewegung	Spiegel
Int_{N3}: 8. Tag nach OP	4. Basisbewegung / 5. Basisbewegung	Spiegel
Int_{N4}: 12. Tag nach OP entspricht t _{N2}	4. Basisbewegung / 5. Basisbewegung / 6. Basisbewegung Videoaufnahme Patient (2)	Spiegel Video Laptop

1. Informationen und Instruktionen zum ersten Interventionszeitpunkt (Int_{V1})

1. Info über den genauen Ablauf der Rehabilitation

- 5 weitere Treffen: 2, 5, 8 und 12 Tage sowie 6 Wochen nach der OP; letzter Termin nach telefonischer Rücksprache

2. Gespräch über individuelle Ziele der Rehabilitation

- Schmerzfreiheit, normale Belastung, keine Steifigkeit mehr

3. Aufbau und der Funktion des Kniegelenks, Gangbild, Video Patient und Therapieauftrag

- Das **Kniegelenk** wird aus drei Knochen gebildet: Oberschenkelknochen, Schienbein und Kniescheibe.
- Es ist ein Drehwinkelgelenk, das die Beugung und Streckung des Beines ermöglicht.
- Störungen in dem komplexen Zusammenspiel von Gelenk, Bändern und Muskeln reduzieren die Stabilität im Kniegelenk und können zu verschleißbedingten Veränderungen (Arthrose) führen.
- Zwischen dem 30. und dem 50. Lebensjahr werden bei ca. der Hälfte der Bevölkerung Arthrosezeichen im Knie gefunden. Ab dem 70. Lebensjahr bestehen bei fast jedem Menschen Veränderungen im Sinne einer Kniearthrose.
- Mit zunehmendem Voranschreiten führt diese Erkrankung im Alltag zu erheblichen Einschränkungen der Beweglichkeit und der Leistungsfähigkeit. Patienten klagen über Steifheitsgefühle, Belastungs- und schließlich Ruheschmerzen.
- Die menschliche **Gehbewegung** wird in der frühen Kindheit intuitiv erlernt und unbewusst automatisiert. Jedoch entwickeln oft Patienten, die an einer Knieverletzung oder Knieerkrankung leiden, sogenannte Gangstörungen. Aufgrund von Schmerzen beim Gehen kommt es oft zu Fehlbelastungen und Schonhaltungen. Häufig gehen damit muskuläre Schwächen oder eine gestörte Automatisierungsfähigkeit einher.
- Patienten müssen nach Implantation einer Knieendoprothese das Gehen also neu erlernen und sich Fehlbelastungen sowie Schonhaltungen wieder abgewöhnen. Dieser Lernprozess wird durch die Tatsache erschwert, dass direkt nach der Operation im Kniegelenk eine eingeschränkte Beweglichkeit vorherrscht. Die Anwendung von Mentalem Training soll daher in dieser frühen Rehabilitationsphase eine zusätzliche Hilfe sein um möglichst schnell und schonend zu genesen.

- **Video** aufnehmen: Patient schätzt sein eigenes Gangbild ein, formuliert einen **Therapieauftrag** (wie soll sich sein Gang im Laufe der Therapie verändern?)
 - *Bevor man wieder lernt zu gehen, sollt man sich zunächst einmal intensiv damit beschäftigen, wie eigentlich das Gehen funktioniert. Haben Sie sich schon einmal Gedanken darüber gemacht, wie man eigentlich geht?*
 - *Was machen Sie denn, wenn Sie gehen? Beschreiben Sie bitte einmal.*
 - *Wie bewegen sich genau ihre Füße und Beine, wenn Sie richtig gehen?*

4. Mentales Training

- Das Erreichen folgender **Therapieziele** nach der Operation soll durch das Mentale Training erleichtert werden:
 1. Die Wiederherstellung der allgemeinen Beweglichkeit (die optimale Beugung und die optimale Streckung im Kniegelenk)
 2. Der Aufbau des Muskelgewebes → Stabilisation im Kniegelenk
 3. Das Wiedererlernen der Gehbewegung
- Während des Mentalen Trainings werden Gehirnareale aktiviert, die normalerweise für die aktive Bewegung des Kniegelenks zuständig sind.
- Mentales Training in der Rehabilitation ist ein **Therapieverfahren zur Bewegungsoptimierung**. Es kann einen Beitrag dazu leisten, dass einigen Patienten besser geholfen werden kann. Das Verfahren Mentales Training weist in der Arbeit von Sportpsychologen mit Leistungssportlern eine lange und erfolgreiche Tradition auf.
- Der **Sportler** trainiert seine Bewegung im Kopf ohne diese gleichzeitig praktisch auszuführen. Er verdeutlicht sich den idealen Bewegungsablauf in der Vorstellung immer wieder. Die Vorstellung von Bewegungen ist durch eine Reihe von bemerkenswerten Nebenwirkungen gekennzeichnet, so geht sie bspw. mit den dazugehörigen körperlichen und psychologischen Empfindungen einher. Wenn man sich eine Bewegung vorstellt, aktiviert und stellt das **Gehirn** sogenannte motorische Kommandos bereit. Der einzige Unterschied zu einer tatsächlich ausgeführten Bewegung ist, dass diese Bewegung nicht in Muskelaktionen umgesetzt wird. Das Muster der motorischen Kommandos im Gehirn verbessert sich aber genau so wie nach körperlicher Ausführung. Jüngste Untersuchungen mit bildgebenden Verfahren bestätigen diese Annahmen.
- Nicht nur verletzte Spitzensportler in der Rehabilitation, auch **Patienten** mit gebrochenem Arm und anschließender mehrwöchiger Gipsruhigstellung, Patienten in der Rehabilitation nach Schlaganfall oder in der orthopädischen Rehabilitation, z.B. zum Wiedererlernen der Gehbewegung nach Hüftendoprotheseversorgung konnten bisher von dieser Methode profitieren. Diese Erkenntnisse lassen den Einsatz des Mentalen Trainings in der orthopädischen Rehabilitation nach Knieendoprothetikoperation vielversprechend erscheinen.

- Vorgehen beim Erlernen des Mentalen Trainings: Zunächst wird gemeinsam mit dem Patienten eine Vorstellung verschiedener physiotherapeutischer Übungen bzw. der Gehbewegung erarbeitet. Im Anschluss lernt der Patient sich die Übungen und die Gehbewegung so intensiv wie möglich vorzustellen. Unter Schonung der Gelenke und ohne Schmerzen kann der Patient schon unmittelbar nach der Operation damit seine Bewegungen trainieren. Auch angewohnte Gehfehler und Schonhaltungen lassen sich damit schneller überwinden.

5. Film zum Mentalen Training

- Fußball, Sportler, Bsp. 1: Rennrodler David Möller mit Prof. Jan Mayer, Bsp.2: Hüftprothesepatient

6. Rolle des relativen Entspannungszustandes beim Mentalen Training

- Mental, das heißt in der Vorstellung, trainieren bedeutet, dass ein Dialog zwischen Körper und Gehirn stattfindet. Dieser Dialog ist besonders für Störungen von außen, bspw. für körperliche Anspannung, empfindlich.
- Zum einen blockiert insbesondere hohe körperliche Anspannung die Kommunikation zwischen Geist und Körper, zum anderen führt zunehmende Anspannung neben der Einschränkung der feinmotorischen Fähigkeiten, auch zur Einschränkung des Aufmerksamkeits- und Wahrnehmungsbereiches.
- Daher sollte der Übende zu Beginn eines jeden Mentalen Trainings einen relativen Entspannungszustand herbeiführen. Dieser ist bspw. mittels Atementspannungstechniken oder einzelner Übungen der Progressiven Muskelentspannung zu erreichen.

7. Spiegeltechnik

- Die Spiegeltechnik funktioniert nach folgendem Prinzip: durch Spiegelung von Bewegungen der gesunden Gliedmaßen im Spiegel wird der Anschein von Bewegung der betroffenen Gliedmaßen erweckt.
- Ursprünglich wurde dieses Prinzip bei Patienten, die nach einem Schlaganfall eine halbseitige Lähmung davon trugen, zunutze gemacht. Bewegungsmuster werden grundsätzlich im Gehirn gespeichert. Ein solcher Schlaganfallpatient vernachlässigt im Alltag seinen gelähmten Arm. Zwangsläufig werden dadurch die im Gehirn bereitstehenden Bewegungsmuster sozusagen „eingefroren“. Der Patient verliert immer mehr die Kontrolle über seinen Arm.. Die Verwendung des Arms wird schließlich sogar „entlernt“. Über den Spiegel wird dem Gehirn nun Bewegung der gelähmten Gliedmaßen „vorgegaukelt“; in Wahrheit wird die Bewegung der gesunden Extremität nur gespiegelt. Erstarre Bewegungsmuster können über diesen Trick wieder auftauchen. Dadurch kann die aktive Bewegungsfähigkeit der ursprünglich gelähmten Extremität wieder erhöht werden.
- Der Zustand nach einer Endoprothetikoperation am Knie ist vergleichbar mit einer Lähmung. Nach der Operation kann das Bein zunächst einmal nicht normal bewegt werden. Um ein Einfrieren der Bewegungsmuster zu verhindern soll zusätzlich zur Physiotherapie mit der Spiegeltechnik trainiert werden. Außerdem wird dadurch das Erschaffen einer Bewegungsvorstellung erleichtert.

2. Instruktionen zum zweiten Interventionszeitpunkt (Int_{N1})

Erlernen der Atementspannung

Folgende Körperteile werden angespannt und entspannt: Hände, Schultern, Gesäß, Zunge/Lippen/Zähne

Die Entspannung beginnt und endet mit der Konzentration auf die Atmung. Nachdem ein Körperteil angespannt und entspannt wird, konzentrieren Sie sich wieder auf die Atmung.

13 Schritte der Entspannung

1. Nehmen Sie eine bequeme Liegehaltung (oder Sitzhaltung) ein, legen Sie die Arme neben ihren Körper und schließen Sie die Augen.
2. Stellen Sie zunächst einen gleichmäßigen Atemrhythmus her, und beobachten Sie in Gedanken, wie sich Ihre **Bauchdecke** im Rhythmus der Atmung hebt und senkt. Die Schultern werden beim Einatmen nicht hochgezogen, sondern befinden sich in tendenziell abfallender Haltung.
Beobachten Sie: Ihre Atmung besteht aus drei Phasen dem Einatmen, dem Ausatmen und der Pause. Konzentrieren Sie sich auf die Pause. (10 Atemzüge)
3. Ballen Sie Ihre Hände zu Fäusten. Spüren Sie wie sich die Fingernägel in die Haut bohren. Halten Sie die Spannung. Wählen Sie dann einen Atemzug aus und lösen Sie die Spannung in den Händen und strecken die Finger beim – möglichst langen – Ausatmen. Spüren Sie, wie sich Ihre Hände entspannen.
4. Beobachten Sie anschließend in Gedanken wieder das gleichmäßige **Heben und Senken der Bauchdecke** im Rhythmus der Atmung. Konzentrieren Sie sich auf das Einatmen, das Ausatmen und die Pause. Achten Sie darauf, wie sich die Pause anfühlt. (Circa 5 Atemzüge)
5. Ziehen Sie nun beide Schultern hoch in Richtung Ohren. Spüren Sie wie sich auch Ihre Nackenmuskeln anspannen. Halten Sie die Spannung. Wählen Sie dann einen Atemzug aus und lösen Sie die Spannung in den Schultern beim – möglichst langen – Ausatmen. Spüren Sie, wie sich Ihre Schultern und der Nacken entspannen.

6. *Beobachten Sie anschließend in Gedanken wieder das gleichmäßige **Heben und Senken der Bauchdecke** im Rhythmus der Atmung. Konzentrieren Sie sich auf **das Einatmen, das Ausatmen und die Pause**. Achten Sie darauf, wie sich die Pause anfühlt. (Circa 5 Atemzüge)*
7. *Spannen Sie nun Ihre **Gesäßmuskeln** ganz fest an. Spüren Sie wie sich auch Ihre Beine dabei etwas anspannen. Halten Sie die Spannung. Wählen Sie dann einen Atemzug aus und lösen Sie die Spannung in den Gesäßmuskeln beim – möglichst langen – Ausatmen. Spüren Sie, wie sich Ihr Gesäß entspannt.*
8. *Beobachten Sie anschließend in Gedanken wieder das gleichmäßige **Heben und Senken der Bauchdecke** im Rhythmus der Atmung. Konzentrieren Sie sich auf **das Einatmen, das Ausatmen und die Pause**. Achten Sie darauf, wie sich die Pause anfühlt. (Circa 5 Atemzüge)*
9. *rücken Sie nun mit Ihrer **Zunge** ganz fest gegen Ihren Gaumen als wollten Sie eine Banane in Ihrem Mund zerdrücken. Pressen Sie auch die **Lippen und Zähne** fest zusammen. Halten Sie die Spannung. Wählen Sie dann einen Atemzug aus und lösen Sie die Spannung in der Zunge, den Lippen und den Zähnen beim – möglichst langen – Ausatmen. Spüren Sie, wie sich Ihr Gesicht entspannt.*
10. *Beobachten Sie anschließend in Gedanken wieder das gleichmäßige **Heben und Senken der Bauchdecke** im Rhythmus der Atmung. Konzentrieren Sie sich auf **das Einatmen, das Ausatmen und die Pause**. Achten Sie darauf, wie sich die Pause anfühlt. (Circa 5 Atemzüge) Vergegenwärtigen Sie sich dann nacheinander nochmals das Gefühl entspannter Hände, der entspannten Schultern, des entspannten Gesäßes und des entspannten Gesichts und des Nackens.*
11. *Wählen Sie dann wieder einen Atemzug aus, und versuchen Sie mit dem langen Ausatmen ihr **gesamtkörperliches Entspannungsgefühl** weiter zu vertiefen.*
12. *Atmen Sie noch einige Züge gleichmäßig ein und aus. **Intensivieren Sie dann die Einatmung**, ziehen Sie dabei die Schultern hoch, öffnen Sie die Augen, und zählen Sie jeden der abschließenden fünf Atemzüge, indem Sie von 5 bis 1 herunterzählen.*
13. *Stehen Sie auf und **lockern** Sie sich.*

3. Erlernen des Mentalen Trainings

Ziel: Bewegungen 1-6 je fünf Mal mental durchlaufen; Modifikation des Trainingsprogramms nach individuellem Fortschritt

Trainingshäufigkeit: 15 Minuten/Tag, optimal: abends vor dem Einschlafen zur Gewohnheit machen

Zeitpunkt	Übung	Beschreibung der Übung	Art der Ausführung	Mögliche Schwierigkeiten
Int_{V1} : 1 Tag vor OP, entspricht t _{V1}		Siehe 1.		
Int_{N1} : 2. Tag nach OP entspricht t _{N1}	1. Basisbewegung <i>Flex-Ex im Liegen</i>	<p>Körperposition: sitzend im Bett, Bettlehne 45 Grad geneigt, Wirbelsäule ganz angelehnt, spüren wie der Körper aufliegt</p> <p>Basisbewegung: Fußspitze anziehen Fußsohle zu sich herziehen, d.h. Ferse in Richtung Gesäß ziehen; Konzentration auf das Kniegelenk, das Gesäß und die Ferse; Kniegelenk so weit wie es geht zu sich herziehen, Ferse bleibt dabei auf dem Bett; eine Achse; Oberkörperposition beibehalten; warten bis die Spannung wieder nachlässt, Bein wieder ausstrecken</p>	<p>2 Mal mit offenen Augen, n-op Knie*</p> <ul style="list-style-type: none"> - wie fühlt sich das Bewegungsende an? - Endgefühl spüren und „Marker“ setzen - war es beim zweiten Mal genauso weit angezogen wie beim ersten Mal? - war es besser als gestern? <p>Instruktion vorgeben: „ran-weg“</p> <p>3 Mal geschlossene Augen, n-op K</p> <ul style="list-style-type: none"> - achten sie verstärkt auf das Bewegungsgefühl <p>5 Mal im Spiegel betrachten, n-op Knie***</p> <ul style="list-style-type: none"> - was haben sie dabei erlebt? <p>→ Bewegungsgefühl im operierten Bein</p> <p>5 Mal MENTAL, op Knie, Bewegungsanweisung mitsprechen**</p> <ul style="list-style-type: none"> - Man kann sich alles Mögliche vorstellen, z.B. auf einer grünen 	<p>zu schnell ausgeführt</p> <p>zu schnell ausgeführt</p> <p>Gefühl des Bewegungsendes (Druck/Zug) ist wichtig, nicht die Vorstellung, dass</p>

	<p>2. Basisbewegung <i>Flex-Ex im Stehen mit Handtuch</i></p>	<p>Körperposition: stehend, angelehnt an Tischkante bzw. Bettkante; Fuß auf Handtuch, ganze Sohle liegt auf; Oberkörper leicht nach vorne gebeugt (Hüftwinkel ca.90°); Beide Gesäßhälften sollen gleichmäßig belastet sein</p> <p>Basisbewegung: Fußsohle so weit wie möglich unterhalb der Auflagefläche ziehen, d.h. Handtuch zu sich herziehen; Konzentration auf das Kniegelenk, die Vorder- und Rückseite des Oberschenkelmuskels; Fußsohle bleibt dabei auf dem Handtuch/Boden; eine Achse;</p>	<p><i>Wiese zu liegen. Schließen Sie kurz die Augen und versuchen Sie sich einfach vorzustellen, wie Sie ihr operiertes Bein anziehen und strecken, ohne es tatsächlich zu tun.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Haben Sie sich von außen gesehen oder haben Sie die Bewegungen Ihres Körpers gespürt? Hatten sie eine klare und lebendige Vorstellung?</i> - Proband findet eine individuelle Bewegungsbeschreibung und eigene Instruktion, mit der er sein Mentales Training (aus der Innenperspektive!) ausführen wird. Schriftlich fixieren!!! - Bewegungsanweisung mitsprechen <p>2 Mal mit offenen Augen* 3 Mal mit geschlossenen Augen 5 Mal im Spiegel betrachten*** 5 Mal MENTAL, Bewegungsanweisung mitsprechen**</p>	<p>das Bein z.B. räumlich gebeugt und gestreckt wird</p>
--	--	---	---	--

		<p>Oberkörperposition beibehalten; Heben und Senken der Fußspitze (Ferse bleibt am Boden) solange bis die Spannung nachlässt Bein wieder ausstrecken</p>		
<p>Int_{N2}: 5. Tag nach OP</p>	<p>2. Basisbewegung <i>Flex-Ex im Stehen mit Handtuch</i></p> <p>3. Basisbewegung <i>Beinbelastung: Hacke-Spitze</i></p>	<p>s.o.</p> <p>Körperposition: parallele Ausgangsstellung, im Knie leicht gebeugt;</p> <p>Basisbewegung: einen kleinen Schritt nach vorne ansetzen, Gewicht auf die Ferse verlagern und zurück; einen kleinen Schritt nach hinten ansetzen, Gewicht auf den Fußballen verlagern und zurück; wenn das gut klappt: Ausgangsstellung Schritt, von hinten nach vorne, Vorstufe dabei = <i>vor-rück</i> mit wenig Gewicht; Ziel = <i>vor-rück</i> mit Vollbelastung</p>	<p>2 Mal mit offenen Augen*</p> <p>3 Mal mit geschlossenen Augen</p> <p>5 Mal im Spiegel betrachten***</p> <p>5 Mal MENTAL, Bewegungsanweisung mitsprechen**</p>	<p>Festes Schuhwerk</p>
<p>Int_{N3}: 8. Tag nach OP</p>	<p>4. Gehbewegung</p> <p>a. mit Stützen 3-Punkte-Gang,</p> <p>b. mit Stützen 2-Punkte-Gang,</p> <p>c. ohne Stützen</p>	<p>a. 3 Kontakte: Stütze – Stütze - Bein</p> <p>b. 2 Kontakte 1 Bein – eine Stütze gegengleich (bei Vollbelastung)</p> <p>Erneute Demonstration der Bewegungsbeschreibung (Soll) in Form einer Bilderreihe und Modell sowie Vergleich Ist-Soll-Zustand (Video Patient)</p>	<p>aktiv – MENTAL im direkten Wechsel</p>	<p>Festes Schuhwerk</p> <p>Den Gebrauch von Gehhilfen, z.B. Unterarm-stützen nicht in die Bewegungsvorstellung</p>

		<p>Bewegungsanweisung:</p> <p>- <i>Das Gehen ist sehr komplex. Man kann sich gar nicht alles merken worauf man achten soll. Deswegen haben wir die wichtigsten Phasen mit drei Begriffen versehen.</i></p> <p>Vorgabe der drei externen Knotenpunkte (Knotenpunkte = Bewegungsabschnitte die für die optimale Bewegungsausführung notwendig sind und sukzessiv durchlaufen werden müssen): Initialkontakt = <i>Auf</i>, Mittelstand = <i>Gewicht</i> und Vorschwung = <i>Ab</i></p> <p>(<i>Auf</i>: Bein aufsetzen; <i>Gewicht</i>: Bein übernimmt immer mehr Gewicht, bis es das ganze Körpergewicht trägt, das andere Bein schwingt frei vorbei; <i>Ab</i>: nachdem das andere Bein aufgesetzt hat, drückt sich das Bein hinten ab, um nach vorne durchschwingen zu können)</p> <p>Umwandlung in interne Knotenpunkte (vom Patient selbst gewählte Begriffe, positiv geprägt, kurz und prägnant, z.B. SPANNUNG-SCHIENE-KEHLE)</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Mit Auf-Gewicht-Ab geht man bewusster und konzentriert sich auf das, was man gerade macht. Dies ist nur eine mögliche Bewegungsanweisung, die gar nichts mit ihrem Gangbild zu tun hat. Jetzt suchen wir eine, die nur individuell für Sie passt.</i> - <i>Nehmen Sie bitte Gehposition ein. (Bewegungsposition seiner Schonhaltung, also zu starke Flexion im Kniegelenk; Therapeut führt Bein in die richtige Stellung.) Merken Sie sich diese Beinposition und suchen Sie eine Markierung hierfür. (Patient sagt z.B. STRAFF.)</i> 		integrieren!
--	--	--	--	--------------

	5. Treppensteigen <i>a. kleiner Treppenblock,</i> <i>b. Stufen</i>	Für das Treppaufgehen gilt: – das gesunde Bein zuerst – dann das operierte Bein zusammen mit den Gehstützen auf die gleiche Stufe nachsetzen Für das Treppabgehen gilt: – die Gehstützen zuerst – dann das operierte Bein – zuletzt das gesunde Bein auf die gleiche Stufe setzen	aktiv – MENTAL im direkten Wechsel	
Int_{N4}: 12. Tag nach OP entspricht t _{N3}	4. Gehbewegung <i>a. mit Stützen 3-Punkte-Gang,</i> <i>b. mit Stützen 2-Punkte-Gang,</i> <i>c. ohne Stützen</i> 5. Treppensteigen <i>a. kleiner Treppenblock,</i> <i>b. Stufen</i>	s.o. s.o.	aktiv – MENTAL im direkten Wechsel aktiv – MENTAL	Wenn der Patient Schwierigkeiten hat sich Bewegungen vorzustellen, kann es hilfreich sein, sich eine ganz bestimmte Gehstrecke z.B. die nächsten 5 Schritte im Gang der ATOS-Klinik vorzustellen.
	6. Alltagsbewegung aus der eigenen Biografie	<i>Socken, an/aus, Kupplung treten, 2 Treppen auf ein Mal hoch/runter, Gas geben/Kupplung treten, Toilettengang, sportliche Betätigungen, Berg hoch laufen...</i>	MENTAL	

* BLAU = kontralaterales motorisches Training, nicht-operiertes Knie

** ROT = Mentales Training, operiertes Knie

*** GRÜN = vor dem Spiegel motorisches Training des nicht-operiertes Knie, trainiert operiertes Knie

- **Motorisches Training:** ist Teil des klinikinternen Rehabilitationsprogramms; Realisierung und Analyse der Bewegung; durch Modifikation der Wahrnehmung (geschlossene Augen, Gehörschutz) soll die bewusste Körperwahrnehmung des funktionierenden Kniegelenks intensiviert werden. Zusätzliche Verstärkung durch Modifikation der Bewegungsgeschwindigkeit.

Anhang B.

Patienteneinwilligungserklärung für Experimental- und Kontrollgruppe

Patienteneinwilligungserklärung

„Vergleichende Evaluationsstudien über Mentales Training in der orthopädischen Rehabilitation nach Knieendoprothetik“

Ich habe diese Patienteninformation und –einwilligung gelesen und in Ruhe durchdacht. Die Art, der Zweck, die Dauer und die vorhersehbaren Wirkungen der Studie wurden mir erläutert, und ich wurde darüber informiert, was von mir erwartet wird. Die möglichen Risiken und der Nutzen der Studie sowie andere Behandlungsmöglichkeiten für meine Erkrankung wurden mir erläutert.

Ich hatte Gelegenheit, Fragen zu stellen, und alle meine Fragen wurden zu meiner Zufriedenheit beantwortet.

Ich nehme aus freiem Willen an dieser Studie teil.

Ich kann jederzeit frei entscheiden, meine Studienteilnahme ohne Angabe von Gründen abubrechen, ohne dass mir daraus Nachteile entstehen.

Mir ist mitgeteilt worden, dass der Prüfarzt über den Auftraggeber in Übereinstimmung mit den bestehenden Gesetzen für den Fall einer Schädigung und/oder Verletzung aufgrund der Studienteilnahme für eine Entschädigung bzw. medizinische Behandlung Sorge getragen hat.

Ich werde den ärztlichen Anforderungen, die für die Durchführung der klinischen Prüfung notwendig sind, Folge leisten und dem Arzt auf Anfrage für die Studie notwendige Informationen mitteilen. Ich werde den Prüfarzt unverzüglich über jede mögliche Nebenwirkung informieren. Mir ist bewusst, dass bei unvollständigen oder unrichtigen Angaben für mich ein gesundheitliches Risiko entstehen könnte.

Ich erkläre mich einverstanden, dass mein Hausarzt über meine Teilnahme an dieser Studie informiert wird.

Ich wurde darüber aufgeklärt und stimme zu, dass meine in der Studie erhobenen Daten in pseudonymisierter Form aufgezeichnet, ausgewertet und ggf. auch in pseudonymisierter Form weitergegeben werden können. Dritte erhalten jedoch keinen Einblick in personenbezogene Unterlagen. Bei der Veröffentlichung von Ergebnissen wird mein Name ebenfalls nicht genannt.

Ich habe ein Exemplar der Patienteninformation und – einwilligung für meine Unterlagen erhalten.

Hiermit erklärt sich

Frau/Herr _____ mit der Teilnahme an der Studie zu den oben genannten Bedingungen einverstanden.

Datum, Ort

Unterschrift Patient

Zentrum für
Knie- und Fußchirurgie,
Sporttraumatologie



Dr. med. Hans H. Pässler
Chirurg / Unfallchirurg
Ärztl. Direktor der Klinik

Prof. Dr. med. Hajo Thermann
Chirurg / Unfallchirurg

Dr. med. Rainer Siebold
Facharzt für Orthopädie
Sportmedizin

Belegärzte der ATOS-Klinik

- Arthroskopische Operationen
- Endoprothetik
- Frakturversorgung
- Rekonstruktive Chirurgie
- Transplantationschirurgie
- Ganganalyse
- Sonographie
- Kernspintomographie
- Chirotherapie

Bismarckstr. 9-15
D-69115 Heidelberg

Tel. (+49) 6221-983-190

Fax (+49) 6221-983-199

E-Mail
paessler@atos.de
E-Mail
thermann@atos.de
E-Mail
siebold@atos.de

www.zentrum-knie-und-fusschirurgie.de
www.atos.de



Anhang C.1

Patienteninformation der Experimentalgruppe

Anhang C.2

Patienteninformation der Kontrollgruppe

Patienteninformation

„Vergleichende Evaluationsstudien über Mentales Training in der orthopädischen Rehabilitation nach Knieendoprothetik“

Sehr geehrte/r Frau / Herr _____,

die Atos-Praxisklinik Heidelberg ist stets bemüht zu Ihrer Genesung das Optimale beizutragen. Dazu gehört neben einer zuverlässigen medizinischen Versorgung auch die stetige Weiterentwicklung und Überprüfung unseres therapeutischen Angebots.

In den nächsten Monaten wird ein modernes Therapieverfahren unser bewährtes Therapieprogramm erweitern, und eine begleitende wissenschaftliche Studie soll die Qualität der Weiterentwicklung sicherstellen.

Ziel der Studie ist es, festzustellen, ob ein modernes Therapieverfahren, das bereits im Leistungssport erfolgreich eingesetzt wird, auch ein wirksames Therapieverfahren zur Bewegungsoptimierung in der orthopädischen Rehabilitation darstellt und es Ihren Genesungsprozess beschleunigt. Im Rahmen des klinikinternen Rehabilitationsprogramms werden wir Sie daher zu fünf Zeitpunkten bitten, einen Fragenbogen auszufüllen (Bearbeitungszeit ca. 10 Minuten). Die letzten zwei Fragebögen erhalten Sie ein halbes und ein Jahr nach Ihrer Operation auf dem Postweg. Zusätzlich werden wir innerhalb Ihres stationären Aufenthalts in der Atos-Klinik in fünf Sitzungen einige mentale Übungen mit Ihnen durchführen sowie einige funktionelle Messungen vornehmen. Dazu gehören vier Messungen des Kniewinkels und drei Gangbildaufnahmen mittels einer Videokamera.

Ihnen entstehen durch die Teilnahme an dieser Studie keine unerwünschten Wirkungen oder Risiken. Auch kommen keine zusätzlichen Kosten auf Sie zu. Somit entstehen für Sie keine vorhersehbaren Nachteile. Die Teilnahme ist lediglich mit einem Mehr an Zeitaufwand für Therapiesitzungen von ca. fünf Mal 60 Minuten und einem täglichen selbständigen Übungsaufwand von ca. 10 bis 15 Minuten verbunden.

Die Vorteile der Teilnahme an der Studie bestehen darin, dass sie eine intensivere Betreuung und eine ausführliche Dokumentation ihrer Rehabilitation erhalten. Durch das moderne Therapieverfahren erhoffen wir uns die Beschleunigung Ihres Genesungsprozesses.

Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig, und es entstehen selbstverständlich auch keine Nachteile für Sie, wenn Sie die Teilnahme an der Studie zu irgendeinem Zeitpunkt abbrechen wollen.

Bei Rücktritt von der Studie kann auf Wunsch bereits gewonnenes Datenmaterial vernichtet werden. Sie können sich beim Ausscheiden aus der Studie entscheiden, ob Sie mit der Auswertung des Materials bzw. ihrer Studiendaten einverstanden sind oder nicht. Sollten Sie zu einem späteren Zeitpunkt Ihre Entscheidung ändern wollen, setzen Sie sich bitte mit dem Studienarzt in Verbindung.

Zentrum für
Knie- und Fußchirurgie,
Sporttraumatologie



Dr. med. Hans H. Pässler
Chirurg / Unfallchirurg
Ärztl. Direktor der Klinik

Prof. Dr. med. Hajo Thermann
Chirurg / Unfallchirurg

Dr. med. Rainer Siebold
Facharzt für Orthopädie
Sportmedizin

Belegärzte der ATOS-Klinik

- Arthroskopische Operationen
- Endoprothetik
- Frakturversorgung
- Rekonstruktive Chirurgie
- Transplantationschirurgie
- Ganganalyse
- Sonographie
- Kernspintomographie
- Chirotherapie

Bismarckstr. 9-15
D-69115 Heidelberg

Tel. (+49) 6221-983-190

Fax (+49) 6221-983-199

E-Mail
paessler@atos.de
E-Mail
thermann@atos.de
E-Mail
siebold@atos.de

www.zentrum-knie-und-fusschirurgie.de
www.atos.de



Datenschutzerklärung:

Im Rahmen dieser Studie werden medizinische Befunde und persönliche Informationen von Ihnen erhoben und in der Prüfstelle in Ihrer persönlichen Akte niedergeschrieben und elektronisch gespeichert. Die für die Studie wichtigen Daten werden zusätzlich in pseudonymisierter Form gespeichert, ausgewertet und gegebenenfalls weitergegeben. Pseudonymisiert bedeutet, dass keine Angaben von Namen oder Initialen verwendet werden, sondern nur Nummerncodes, eventuell mit Angabe des Geburtsjahres. Die Daten sind gegen unbefugten Zugriff gesichert. Eine Entschlüsselung erfolgt nur zur studienbegleitenden Prüfung der Ausschlusskriterien.

Heidelberg, den _____

Unterschrift des aufklärenden Arztes/Therapeuten: _____

Unterschrift des Patienten: _____

Zentrum für
Knie- und Fußchirurgie,
Sporttraumatologie



Dr. med. Hans H. Pässler
Chirurg / Unfallchirurg
Ärztl. Direktor der Klinik

Prof. Dr. med. Hajo Thermann
Chirurg / Unfallchirurg

Dr. med. Rainer Siebold
Facharzt für Orthopädie
Sportmedizin

Belegärzte der ATOS-Klinik

- Arthroskopische Operationen
- Endoprothetik
- Frakturversorgung
- Rekonstruktive Chirurgie
- Transplantationschirurgie
- Ganganalyse
- Sonographie
- Kernspintomographie
- Chirotherapie

Bismarckstr. 9-15
D-69115 Heidelberg

Tel. (+49) 6221-983-190

Fax (+49) 6221-983-199

E-Mail
pessler@atos.de
E-Mail
thermann@atos.de
E-Mail
siebold@atos.de

www.zentrum-knie-und-fusschirurgie.de
www.atos.de



Patienteninformation

„Vergleichende Evaluationsstudien in der orthopädischen Rehabilitation nach Knieendoprothetik“

Sehr geehrte/r Frau / Herr _____,

die Atos-Praxisklinik Heidelberg ist stets bemüht zu Ihrer Genesung das Optimale beizutragen. Dazu gehört neben einer zuverlässigen medizinischen Versorgung auch die stetige Weiterentwicklung und Überprüfung unseres therapeutischen Angebots.

In den nächsten Monaten wird ein modernes Therapieverfahren unser bewährtes Therapieprogramm erweitern, und eine begleitende wissenschaftliche Studie soll die Qualität der Weiterentwicklung sicherstellen.

Im Rahmen des klinikinternen Rehabilitationsprogramms werden wir Sie daher zu fünf Zeitpunkten bitten, einen Fragenbogen auszufüllen (Bearbeitungszeit ca. 10 Minuten). Die letzten zwei Fragebögen erhalten Sie ein halbes und ein Jahr nach Ihrer Operation auf dem Postweg. Zusätzlich werden wir innerhalb Ihres stationären Aufenthalts in der Atos-Klinik in fünf Sitzungen einige physiotherapeutische Übungen mit Ihnen durchführen sowie einige funktionelle Messungen vornehmen. Dazu gehören vier Messungen des Kniewinkels und drei Gangbildaufnahmen mittels einer Videokamera.

Ihnen entstehen durch die Teilnahme an dieser Studie keine unerwünschten Wirkungen oder Risiken. Auch kommen keine zusätzlichen Kosten auf Sie zu. Somit entstehen für Sie keine vorhersehbaren Nachteile. Die Teilnahme ist lediglich mit einem Mehr an Zeitaufwand für Therapiesitzungen von ca. fünf Mal 60 Minuten und einem täglichen selbständigen Übungsaufwand von ca. 10 bis 15 Minuten verbunden.

Die Vorteile der Teilnahme an der Studie bestehen darin, dass sie eine intensivere Betreuung und eine ausführliche Dokumentation ihrer Rehabilitation erhalten.

Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig, und es entstehen selbstverständlich auch keine Nachteile für Sie, wenn Sie die Teilnahme an der Studie zu irgendeinem Zeitpunkt abbrechen wollen.

Bei Rücktritt von der Studie kann auf Wunsch bereits gewonnenes Datenmaterial vernichtet werden. Sie können sich beim Ausscheiden aus der Studie entscheiden, ob Sie mit der Auswertung des Materials bzw. ihrer Studiendaten einverstanden sind oder nicht. Sollten Sie zu einem späteren Zeitpunkt Ihre Entscheidung ändern wollen, setzen Sie sich bitte mit dem Studienarzt in Verbindung.

Zentrum für
Knie- und Fußchirurgie,
Sporttraumatologie

ATOS
Praxisklinik Heidelberg

Dr. med. Hans H. Pässler
Chirurg / Unfallchirurg
Artztl. Direktor der Klinik

Prof. Dr. med. Hajo Thermann
Chirurg / Unfallchirurg

Dr. med. Rainer Siebold
Facharzt für Orthopädie
Sportmedizin

Belegärzte der ATOS-Klinik

- Arthroskopische Operationen
- Endoprothetik
- Frakturversorgung
- Rekonstruktive Chirurgie
- Transplantationschirurgie
- Ganganalyse
- Sonographie
- Kernspintomographie
- Chirotherapie

Bismarckstr. 9-15
D-69115 Heidelberg

Tel. (+49) 6221-983-190

Fax (+49) 6221-983-199

E-Mail
paeessler@atos.de
E-Mail
thernann@atos.de
E-Mail
siebold@atos.de

www.zentrum-knie-und-fusschirurgie.de
www.atos.de

tüv
SÜD
DIN EN ISO 9001:2000
Zust.Nr.: 01 100 040004

Datenschutzerklärung:

Im Rahmen dieser Studie werden medizinische Befunde und persönliche Informationen von Ihnen erhoben und in der Prüfstelle in Ihrer persönlichen Akte niedergeschrieben und elektronisch gespeichert. Die für die Studie wichtigen Daten werden zusätzlich in pseudonymisierter Form gespeichert, ausgewertet und gegebenenfalls weitergegeben. Pseudonymisiert bedeutet, dass keine Angaben von Namen oder Initialen verwendet werden, sondern nur Nummerncodes, eventuell mit Angabe des Geburtsjahres. Die Daten sind gegen unbefugten Zugriff gesichert. Eine Entschlüsselung erfolgt nur zur studienbegleitenden Prüfung der Ausschlusskriterien.

Heidelberg, den _____

Unterschrift des aufklärenden Arztes/Therapeuten: _____

Unterschrift des Patienten: _____

Zentrum für
Knie- und Fußchirurgie,
Sporttraumatologie



Dr. med. Hans H. Pässler
Chirurg / Unfallchirurg
Ärztl. Direktor der Klinik

Prof. Dr. med. Hajo Thermann
Chirurg / Unfallchirurg

Dr. med. Rainer Siebold
Facharzt für Orthopädie
Sportmedizin

Belegärzte der ATOS-Klinik

- Arthroskopische Operationen
- Endoprothetik
- Frakturversorgung
- Rekonstruktive Chirurgie
- Transplantationschirurgie
- Ganganalyse
- Sonographie
- Kernspintomographie
- Chirotherapie

Bismarckstr. 9-15
D-69115 Heidelberg

Tel. (+49) 6221-983-190

Fax (+49) 6221-983-199

E-Mail
paessler@atos.de
E-Mail
thermann@atos.de
E-Mail
siebold@atos.de

www.zentrum-knie-und-fusschirurgie.de
www.atos.de



DIN EN ISO 9001:2000
Zertifikat Nr. 103 66306

Anhang E*Korrelation der Skalen Visuelle und Kinästhetische Vorstellungsfähigkeit (MIQ-R) bei Experimentalgruppenpatienten**Studie 1, Schlittenprothese, Visuelle Vorstellungsfähigkeit (VF)*

		<i>M VF_{tV1}</i>	<i>M VF_{tN1}</i>	<i>M VF_{tN2}</i>	<i>M VF_{tN3}</i>	<i>M VF_{tN4}</i>
<i>M VF_{tV1}</i>	Korrelation nach Pearson	1	.762(**)	.770(**)	.978(**)	.799(**)
	Signifikanz (1-seitig)	.	.003	.003	.000	.009
<i>M VF_{tN1}</i>	Korrelation nach Pearson	.762(**)	1	.851(**)	.853(**)	.796(**)
	Signifikanz (1-seitig)	.003	.	.000	.007	.009
<i>M VF_{tN2}</i>	Korrelation nach Pearson	.770(**)	.851(**)	1	.874(**)	.385
	Signifikanz (1-seitig)	.003	.000	.	.005	.173
<i>M VF_{tN3}</i>	Korrelation nach Pearson	.978(**)	.853(**)	.874(**)	1	.991(**)
	Signifikanz (1-seitig)	.000	.007	.005	.	.001
<i>M VF_{tN4}</i>	Korrelation nach Pearson	.799(**)	.796(**)	.385	.991(**)	1
	Signifikanz (1-seitig)	.009	.009	.173	.001	.

Anmerkungen.

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von .01 (1-seitig) signifikant.

Studie 1, Schlittenprothese, Kinästhetische Vorstellungsfähigkeit (KV)

		<i>M KV_{tV1}</i>	<i>M KV_{tN1}</i>	<i>M KV_{tN2}</i>	<i>M KV_{tN3}</i>	<i>M KV_{tN4}</i>
<i>M KV_{tV1}</i>	Korrelation nach Pearson	1	.682(*)	.769(**)	.914(**)	.635(*)
	Signifikanz (1-seitig)	.	.010	.003	.002	.045
<i>M KV_{tN1}</i>	Korrelation nach Pearson	.682(*)	1	.786(**)	.935(**)	.620
	Signifikanz (1-seitig)	.010	.	.002	.001	.051
<i>M KV_{tN2}</i>	Korrelation nach Pearson	.769(**)	.786(**)	1	.849(**)	.309
	Signifikanz (1-seitig)	.003	.002	.	.008	.228
<i>M KV_{tN3}</i>	Korrelation nach Pearson	.914(**)	.935(**)	.849(**)	1	.789
	Signifikanz (1-seitig)	.002	.001	.008	.	.056
<i>M KV_{tN4}</i>	Korrelation nach Pearson	.635(*)	.620	.309	.789	1
	Signifikanz (1-seitig)	.045	.051	.228	.056	.

Anmerkungen.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von .05 (1-seitig) signifikant.

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von .01 (1-seitig) signifikant.

Studie 2, Totalendoprothese, Visuelle Vorstellungsfähigkeit (VF)

		<i>M</i> VF _{tv1}	<i>M</i> VF _{tN1}	<i>M</i> VF _{tN2}	<i>M</i> VF _{tN3}	<i>M</i> VF _{tN4}
<i>M</i> VF _{tv1}	Korrelation nach Pearson	1	.840(**)	.689(**)	.623(*)	.710
	Signifikanz (1-seitig)	.	.000	.001	.015	.057
<i>M</i> VF _{tN1}	Korrelation nach Pearson	.840(**)	1	.686(**)	.429	.268
	Signifikanz (1-seitig)	.000	.	.001	.082	.304
<i>M</i> VF _{tN2}	Korrelation nach Pearson	.689(**)	.686(**)	1	.499	.603
	Signifikanz (1-seitig)	.001	.001	.	.059	.102
<i>M</i> VF _{tN3}	Korrelation nach Pearson	.623(*)	.429	.499	1	.943(*)
	Signifikanz (1-seitig)	.015	.082	.059	.	.029
<i>M</i> VF _{tN4}	Korrelation nach Pearson	.710	.268	.603	.943(*)	1
	Signifikanz (1-seitig)	.057	.304	.102	.029	.

Anmerkungen.

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von .01 (1-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von .05 (1-seitig) signifikant.

Studie 2, Totalenoprothese, Kinästhetische Vorstellungsfähigkeit (KV)

		<i>M</i> KF _{tv1}	<i>M</i> KF _{tN1}	<i>M</i> KF _{tN2}	<i>M</i> KF _{tN3}	<i>M</i> KF _{tN4}
<i>M</i> KV _{tv1}	Korrelation nach Pearson	1	.839(**)	.696(**)	.381	.428
	Signifikanz (1-seitig)	.	.000	.001	.111	.199
<i>M</i> KV _{tN1}	Korrelation nach Pearson	.839(**)	1	.588(**)	.352	-.278
	Signifikanz (1-seitig)	.000	.	.007	.131	.297
<i>M</i> KF _{tN2}	Korrelation nach Pearson	.696(**)	.588(**)	1	.761(**)	.412
	Signifikanz (1-seitig)	.001	.007	.	.003	.209
<i>M</i> KF _{tN3}	Korrelation nach Pearson	.381	.352	.761(**)	1	-.046
	Signifikanz (1-seitig)	.111	.131	.003	.	.477
<i>M</i> KF _{tN4}	Korrelation nach Pearson	.428	-.278	.412	-.046	1
	Signifikanz (1-seitig)	.199	.297	.209	.477	.

Anmerkungen.

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von .01 (1-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von .05 (1-seitig) signifikant.

Anhang F

Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen¹

Studie 1, Schlittenprothese

Variable	Messzeitpunkt	<i>F</i>	<i>df</i> 1	<i>df</i> 2	Signifikanz
<i>Flexion</i>	t _{V1}	0,17	1	15	0,68
	t _{N1}	0,85	1	15	0,37
	t _{N2}	3,82	1	15	0,07
	t _{N3}	0,16	1	15	0,70
<i>Depressive Verarbeitungstendenz</i>	t _{V1}	0,83	1	22	0,37
	t _{N2}	1,24	1	22	0,28
	t _{N3}	5,74	1	22	0,27
	t _{N4}	5,53	1	17	0,03
	t _{N5}	6,96	1	17	0,02
<i>Funktion</i>	t _{V1}	0,09	1	21	0,77
	t _{N1}	0,25	1	21	0,62
	t _{N2}	1,20	1	21	0,29
	t _{N4}	0,77	1	17	0,39
	t _{N5}	0,77	1	15	0,99

Anmerkungen.

¹ Prüft die Nullhypothese, daß die Fehlervarianz der abhängigen Variablen über Gruppen hinweg gleich ist.

Studie 2, Totalendoprothese

Variable	Messzeitpunkt	<i>F</i>	<i>df</i> 1	<i>df</i> 2	Signifikanz
<i>Flexion</i>	t _{V1}	0,11	1	23	0,74
	t _{N1}	13,07	1	23	0,00
	t _{N2}	0,00	1	23	0,96
	t _{N3}	0,09	1	23	0,81
<i>Aktives Coping</i>	t _{V1}	1,37	1	15	0,72
	t _{N2}	0,49	1	15	0,50
	t _{N3}	0,23	1	15	0,23
	t _{N4}	1,24	1	15	0,28
	t _{N5}	0,19	1	15	0,68

Anmerkungen.

¹ Prüft die Nullhypothese, daß die Fehlervarianz der abhängigen Variablen über Gruppen hinweg gleich ist.

Anhang G

Boxtest auf Gleichheit der Kovarianzenmatrizen¹

Studie 1. Schlittenprothese

Voraussetzungsprüfung für die Durchführung der Varianzanalysen

Variable	Box-M	F	df1	df2	Signifikanz
<i>Flexion</i>	13,71	0,88	10	484	0,55
<i>Depressive Verarbeitungstendenz</i>	6,74	0,95	6	3218	0,46
<i>Funktion</i>	2,41	0,34	6	3119	0,92

Anmerkungen.

¹ Prüft die Nullhypothese, daß die beobachteten Kovarianzenmatrizen der abhängigen Variablen über die Gruppen gleich sind.

Voraussetzungsprüfung für die Durchführung der Diskriminanzanalysen

Modellvariablen	Messzeitpunkt	Box-M	F	df1	df2	Signifikanz
<i>Flexion-Depressive Verarbeitung</i>	t _{N1}	0,99	0,30	3	1733838	0,83
<i>Flexion-Depressive Verarbeitung-Gangsymmetrie</i>	t _{N2}	4,10	0,55	6	2019	0,77
<i>Flexion-Depressive Verarbeitung-Funktion</i>	t _{N3}	7,10	0,87	6	665	0,51
<i>Depressive Verarbeitung-Funktion</i>	t _{N4}				2	

Anmerkungen.

¹ Prüft die Nullhypothese, daß die beobachteten Kovarianzenmatrizen der abhängigen Variablen über die Gruppen gleich sind.

² Mit weniger als zwei nicht-singulären Gruppen-Kovarianz-Matrizen wird kein Test durchgeführt

Studie 2. Totalendoprothese

Voraussetzungsprüfung für die Durchführung der Varianzanalysen

Variable	Box-M	F	df1	df2	Signifikanz
<i>Flexion</i>	10,31	0,80	10	1274	0,63
<i>Aktives Coping</i>	18,69	0,75	15	663	0,73

Anmerkungen.

1 Prüft die Nullhypothese, daß die beobachteten Kovarianzenmatrizen der abhängigen Variablen über die Gruppen gleich sind.

Voraussetzungsprüfung für die Durchführung der Diskriminanzanalysen

Modellvariablen	Messzeitpunkt	Box-M	F	df1	df2	Signifikanz
<i>Flexion-Coping-Schmerz</i>	t _{N1}	1,62	0,25	6	9842	0,96
<i>Flexion-Gang-symmetrie-Coping-Schmerz</i>	t _{N2}	3,42	0,29	10	4303	0,98
<i>Flexion-Gang-symmetrie-Coping-Schmerz</i>	t _{N3}	22,10	1,38	10	529	0,19
<i>Coping-Schmerz</i>	t _{N4}	4,78	1,42	3	72000	0,23

Anmerkungen.

1 Prüft die Nullhypothese, daß die beobachteten Kovarianzenmatrizen der abhängigen Variablen über die Gruppen gleich sind.

Anhang H

Mauchly-Test auf Sphärizität¹

Studie 1. Schlittenprothese

Variable	Innersubjekt- effekt	Mauchly-W	df	Signifikanz
<i>Flexion</i>	<i>Zeit</i>	0,63	5	0,28
<i>Depressive Verarbeitungstendenz</i>	<i>Zeit</i>	0,84	2	0,16
<i>Funktion</i>	<i>Zeit</i>	0,77	2,00	0,78

Anmerkungen.

¹ Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält

Studie 2. Totalendoprothese

Variable	Innersubjekt- effekt	Mauchly-W	df	Signifikanz
<i>Flexion</i>	<i>Zeit</i>	0,81	5	0,51
<i>Aktives Coping</i>	<i>Zeit</i>	0,02	9	0,00
<i>Funktion</i>	<i>Zeit</i>			

Anmerkungen.

¹ Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält

Anhang I

Ergebnisse einfaktorieller Varianzanalysen mit erhöhtem Signifikanzniveau (10%) zur Testung von A-priori-Unterschieden zwischen den Gruppen

Studie 1. Schlittenprothese

		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
<i>Flexion</i>	Zwischen den Gruppen	89,02	1	89,02	0,60	.44
	Innerhalb der Gruppen	5583,37	38	146,93		
	Gesamt	5672,40	39			
<i>Geschwindigkeit</i>	Zwischen den Gruppen	,06	1	0,06	1,77	.19
	Innerhalb der Gruppen	1,25	34	0,03		
	Gesamt	1,32	35			
<i>Standphasenanteil</i>	Zwischen den Gruppen	29,39	1	29,39	4,36	.04
	Innerhalb der Gruppen	229,04	34	6,73		
	Gesamt	258,44	35			
<i>Gangsymmetrie</i>	Zwischen den Gruppen	10,35	1	10,35	2,30	.13
	Innerhalb der Gruppen	152,62	34	4,48		
	Gesamt	162,97	35			
<i>Funktion</i>	Zwischen den Gruppen	0,08	1	0,08	0,02	.88
	Innerhalb der Gruppen	151,27	38	3,98		
	Gesamt	151,36	39			
<i>Schmerz</i>	Zwischen den Gruppen	0,70	1	0,70	0,13	.71
	Innerhalb der Gruppen	203,81	38	5,36		
	Gesamt	204,51	39			
<i>Steifigkeit</i>	Zwischen den Gruppen	3,82	1	3,82	0,51	.47
	Innerhalb der Gruppen	279,95	38	7,36		
	Gesamt	283,77	39			
<i>Depressive Verarbeitungstendenz</i>	Zwischen den Gruppen	0,41	1	0,41	0,77	.38
	Innerhalb der Gruppen	20,04	38	0,52		
	Gesamt	20,45	39			
<i>Aktives Coping</i>	Zwischen den Gruppen	0,12	1	0,12	0,26	.60
	Innerhalb der Gruppen	17,82	38	0,46		
	Gesamt	17,95	39			
<i>Selbstwirksamkeit</i>	Zwischen den Gruppen	0,45	1	0,45	2,41	.12
	Innerhalb der Gruppen	6,94	37	0,18		
	Gesamt	7,39	38			

Studie 2. Totalendoprothese

		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
<i>Flexion</i>	Zwischen den Gruppen	269,65	1	269,65	1,39	.25
	Innerhalb der Gruppen	4246,18	22	193,00		
	Gesamt	4515,83	23			
<i>Geschwindigkeit</i>	Zwischen den Gruppen	0,00	1	0,00	,02	.88
	Innerhalb der Gruppen	1,02	17	0,06		
	Gesamt	1,02	18			
<i>Standphasenanteil</i>	Zwischen den Gruppen	4,97	1	4,97	,89	.35
	Innerhalb der Gruppen	89,19	16	5,57		
	Gesamt	94,16	17			
<i>Gangsymmetrie</i>	Zwischen den Gruppen	0,03	1	0,03	,00	.95
	Innerhalb der Gruppen	142,35	16	8,89		
	Gesamt	142,38	17			
<i>Funktion</i>	Zwischen den Gruppen	0,58	1	0,58	,14	.71
	Innerhalb der Gruppen	90,50	22	4,11		
	Gesamt	91,09	23			
<i>Schmerz</i>	Zwischen den Gruppen	3,76	1	3,76	1,33	.26
	Innerhalb der Gruppen	62,13	22	2,82		
	Gesamt	65,89	23			
<i>Steifigkeit</i>	Zwischen den Gruppen	34,38	1	34,38	5,49	.02
	Innerhalb der Gruppen	137,77	22	6,26		
	Gesamt	172,15	23			
<i>Depressive Verarbeitungstendenz</i>	Zwischen den Gruppen	0,01	1	0,01	,04	.84
	Innerhalb der Gruppen	8,42	22	0,38		
	Gesamt	8,43	23			
<i>Aktives Coping</i>	Zwischen den Gruppen	6,07	1	6,07	6,57	.01
	Innerhalb der Gruppen	20,31	22	0,92		
	Gesamt	26,39	23			
<i>Selbstwirksamkeit</i>	Zwischen den Gruppen	0,29	1	0,29	1,83	.18
	Innerhalb der Gruppen	3,57	22	0,16		
	Gesamt	3,87	23			

Tabellenverzeichnis

Tab.: 1 Zuordnungskriterien von motorisch-energetischen vs. kognitiven Aufgaben	15
Tab. 2: Wirkung des Zeitintervalls ¹ auf den Grad an Leistungsverbesserung	16
Tab. 3: Strukturen und Funktionen des sensomotorischen Systems	23
Tab. 4: Vergleich der neuronalen Aktivität bei neuen versus geübten Bewegungen	28
Tab. 5: Systematisierung der Befunde zur Funktionalen Äquivalenz	33
Tab. 6: Allgemeine sportexterne Anwendungsfelder des Mentalen Trainings	63
Tab. 7: Klasse-I-Studien im Review von Braun et al. (2006)	82
Tab. 8: Stichprobenbeschreibung hinsichtlich Alter und Geschlecht in de Hautstudien 1 und 2	115
Tab. 9: Fallzahlen zum ersten Messzeitpunkt in der Studie 1 bei Patienten mit Schlittenprothese	116
Tab. 10: Fallzahlen zum ersten Messzeitpunkt in der Studie 2 bei Patienten mit Totalendoprothese	117
Tab. 11: Dropout in Studie 1 und Studie 2	117
Tab. 12: Untersuchungsplan der Studie 1. Schlittenprothese	119
Tab. 13: Untersuchungsplan der Studie 2. Totalendoprothese	119
Tab. 14: Trainingsinhalte der Interventionssitzungen in den Experimental- und Kontrollbedingungen	121
Tab. 15: Übungsaufbau in den Experimentalgruppen	123
Tab. 16: Evaluationskriterien und Messinstrumente	126
Tab. 17: Messzeitpunkte aller Evaluationskriterien	127
Tab. 18: Auswertungsschema	136
Tab. 19: Beweglichkeit im Kniegelenk bei Patienten mit Schlittenprothese	139
Tab. 20: Objektives Gangbild bei Patienten mit Schlittenprothese	143
Tab. 21: Symptome und physische Funktionseinschränkungen bei Patienten mit Schlittenprothese	148
Tab. 22: Subjektive Krankheitsbewältigung bei Patienten mit Schlittenprothese	150
Tab. 23: Patientenzufriedenheit bei Patienten mit Schlittenprothese	153
Tab. 24: Nachhaltigkeit und Aspekte des Therapieprozesses bei Patienten mit Schlittenprothese. Teil 1	155
Tab. 25: Nachhaltigkeit und Aspekte des Therapieprozesses bei Patienten mit Schlittenprothese. Teil 2	156
Tab. 26: Nachhaltigkeit und Aspekte des Therapieprozesses bei Patienten mit Schlittenprothese. Teil 3	157
Tab. 27: Nachhaltigkeit und Aspekte des Therapieprozesses bei Patienten mit Schlittenprothese. Teil 4	160
Tab. 28: Vorstellungsfähigkeit bei Experimentalgruppenpatienten mit Schlittenprothese	161
Tab. 29: Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung bei Patienten mit Schlittenprothese	162
Tab. 30: Beweglichkeit im Kniegelenk bei Patienten mit Totalendoprothese	165

Tab. 31: Objektives Gangbild bei Patienten mit Totalendoprothese	169
Tab. 32: Symptome und physische Funktionseinschränkungen bei Patienten mit Totalendoprothese	173
Tab. 33: Subjektive Krankheitsbewältigung bei Patienten mit Totalendoprothese	176
Tab. 34: Patientenzufriedenheit bei Patienten mit Totalendoprothese	178
Tab. 35: Nachhaltigkeit und Aspekte des Therapieprozesses bei Patienten mit Totalendoprothese. Teil 1	180
Tab. 36: Nachhaltigkeit und Aspekte des Therapieprozesses bei Patienten mit Totalendoprothese. Teil 2	181
Tab. 37: Nachhaltigkeit und Aspekte des Therapieprozesses bei Patienten mit Totalendoprothese. Teil 3	183
Tab. 38: Nachhaltigkeit und Aspekte des Therapieprozesses bei Patienten mit Totalendoprothese. Teil 4	185
Tab. 39: Vorstellungsfähigkeit bei Experimentalgruppenpatienten mit Totalendoprothese	187
Tab. 40: Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung bei Patienten mit Totalendoprothese	187
Tab. 41: Zusammenfassung der Ergebnisse: Signifikante Befunde bei Patienten mit Schlittenprothese	211
Tab. 42: Zusammenfassung der Ergebnisse: Signifikante Befunde bei Patienten mit Totalendoprothese	213

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Übersicht der frühen Erklärungsansätze des Mentalen Trainings.	8
Abb. 2: Arten der Bewegungsrepräsentation.	10
Abb. 3: Moderatoren der Wirkung des Mentalen Trainings.	14
Abb. 4: Hauptkomponenten des sensomotorischen Systems.	20
Abb. 5: Das Funktionsmodell des sensomotorischen Systems.	20
Abb. 6: Lage der Hauptkomponenten des sensomotorischen Systems.	22
Abb. 7 Der sensomotorische Homunkulus.	24
Abb. 8: Das Modell der Funktionalen Äquivalenz.	31
Abb. 9:: Mentale Rotation von Körperteilen: Stimuli im Experiment von Parsons.	35
Abb. 10: Dauer des mentalen Gehens: Ergebnisse eines Experiments.	37
Abb. 11: Aktivität im primär motorischen Kortex.	43
Abb. 12: Kartierung der Areale bei Bewegungsvorstellung .	45
Abb. 13: Moderatoren der Wirkung des Mentalen Trainings in der aktuellen Literatur.	47
Abb. 14: Arbeitsgedächtnisses im Kontext von Vorstellungsprozessen.	51
Abb. 15: Heuristik zum Einsatz des Mentalen Trainings.	56
Abb. 16: Modell zum Aufbau der Bewegungsvorstellung in fünf Schritten.	60
Abb. 17: Übersicht der Einsatzmöglichkeiten des Mentalen Trainings im Sport.	62
Abb. 18: Einsatzgebiete des Mentalen Trainings in der neurologischen Rehabilitation.	70
Abb. 19: Spiegeltraining eines linksseitig gelähmten Patienten.	85
Abb. 20: Aktivierung der kontralateralen Hemisphäre bei Spiegeltraining.	87
Abb. 21: Kortikale Reorganisation nach Amputation der linken Hand.	88
Abb. 22: Einsatzgebiete des Mentalen Trainings in der orthopädischen Rehabilitation.	92
Abb. 23: Mentales Trainings nach Amputation. Oberschenkelprothese für Gesunde.	94
Abb. 24: Knochenanatomie und Bandapparat eines rechten Kniegelenks.	99
Abb. 25: Entwicklung der Arthrose in Deutschland.	100
Abb. 26: Röntgenbild und intraoperativer Befund eines Kniegelenks bei einer deutlichen Gonarthrose.	101
Abb. 27: Implantation einer Schlittenprothese bzw. einer Totalendoprothese.	102
Abb. 28: Klinikinternes Therapieprogramm für die Rehabilitation nach Knieendoprothese.	104
Abb. 29: Phasen der herkömmlichen Gehschule in der Rehabilitation.	105

Abb. 30: Heuristik zum Einsatz des Mentalen Training nach Knieendoprothetik.	106
Abb. 31: Spiegeltechnik zum Aufbau der Bewegungsvorstellung bei einem Knieendoprothesepatient.	109
Abb. 32: Messzeitpunkte in den Hauptstudien.	118
Abb. 33: Interventionszeitpunkte in den Experimental- und Kontrollgruppen.	120
Abb. 34: Komponenten des Trainingsprogramms in den Experimentalgruppen.	122
Abb. 35: Neutral-Null-Methode zur Messung des Bewegungsumfangs im Kniegelenk.	127
Abb. 36: Patienten bei der Aufnahme des Gangbildes.	128
Abb. 37: Grafische Zusammenfassung des Untersuchungsablaufes.	133
Abb. 38: Beweglichkeit im Kniegelenk bei Patienten mit Schlittenprothese.	141
Abb. 39: Objektives Gangbild bei Patienten mit Schlittenprothese.	144
Abb. 40: Symptome und physische Funktionseinschränkungen bei Patienten mit Schlittenprothese.	149
Abb. 41: Subjektive Krankheitsbewältigung bei Patienten mit Schlittenprothese.	151
Abb. 42: Patientenzufriedenheit bei Patienten mit Schlittenprothese.	154
Abb. 43: Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung bei Patienten mit Schlittenprothese.	163
Abb. 44: Beweglichkeit im Kniegelenk bei Patienten mit Totalendoprothese.	167
Abb. 45: Objektives Gangbild bei Patienten mit Totalendoprothese.	170
Abb. 46: Symptome und physische Funktionseinschränkungen bei Patienten mit Totalendoprothese.	174
Abb. 47: Subjektive Krankheitsbewältigung bei Patienten mit Totalendoprothese.	177
Abb. 48: Patientenzufriedenheit bei Patienten mit Totalendoprothese.	179
Abb. 49: Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung bei Patienten mit Totalendoprothese.	188