

Entwicklung eines modularen Rehabilitationsverfahrens für Patienten mit  
Zustand nach Polytrauma der unteren Extremitäten auf der Grundlage  
sportwissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten

Dissertation

zur Erlangung des sozialwissenschaftlichen Doktorgrades der  
Sozialwissenschaftlichen Fakultät  
der Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt  
von

Dirk Gropengießer

aus Schönebeck/Elbe

Göttingen 2004

1. Gutachter: Prof. Dr. Dr. A. Niklas
2. Gutachter: Prof. Dr. A. Krüger
3. Gutachter: Prof. Dr. J. Hildebrandt

Tag der mündlichen Prüfung: 19.03.2004

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung / Problemstellung .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen .....</b>	<b>20</b>
2.1	Unfallverletzungen der Hüfte und des Oberschenkels .....	20
2.1.1	Passiver und aktiver Bewegungsapparat der Hüfte und des Unterschenkels .....	20
2.1.2	Anatomie und Arbeitsweise von Gelenk, Bändern und Muskeln .....	20
2.2.1	Schädigungsmechanismen an Hüfte und Oberschenkel durch Verkehrs- bzw. Sportunfälle und Erstversorgung durch den Arzt .....	22
2.2	Unfallverletzungen des Knies und des Unterschenkels .....	30
2.2.1	Passiver und aktiver Bewegungsapparat des Knies und des Unterschenkels .....	30
2.2.2	Anatomie und Arbeitsweise von Gelenk, Bändern und Muskeln .....	30
2.2.3	Unfallverletzungen der Knöchelregion und des Fußes .....	44
2.3	Biomechanische Grundlagen und deren Normproblematik.....	51
2.3.1	Biomechanik in der Orthopädie und Traumatologie .....	51
2.3.2	Beschreibung des Ganges .....	55
2.3.3	Der pathologische Gang .....	59
2.4	Medizinische Rehabilitation.....	62
2.4.1	Grundlagen der Physikalischen und Rehabilitativen Medizin .....	66
2.4.2	Rehabilitationsformen und deren gesetzliche Grundlagen .....	71
2.4.3	Konzeptionelle Charakteristika unterschiedlicher rehabilitativer Versorgungsformen .....	74
2.4.4	Interdisziplinarität, Schnittstellenproblematik und Vernetzung.....	78
2.5	Die trainingstherapeutische Intervention aus Sicht der medizinischen Rehabilitation.....	81
2.5.1	Übersicht .....	81
2.5.2	Grundlagen der Trainingstherapie.....	82
2.5.3	Spezifische Zielsetzung der Trainingstherapie .....	84
2.5.4	Trainingstherapeutische Interventionen .....	86
<b>3</b>	<b>Wissensverarbeitende Funktionen in der Medizin .....</b>	<b>106</b>
3.1	Hintergrund .....	106
3.2	Begriffsbestimmungen .....	112
3.2.1	Wissensbasierte Funktionen .....	112
3.2.2	Wissensverarbeitende Funktionen .....	113
3.2.3	Entscheidungsunterstützung .....	114
3.2.4	Entscheidungsmonitoring .....	114
3.2.5	Wissensbasiertes System .....	115
3.2.6	Expertensysteme .....	116
3.3	Vertreter wissensbasierter Systeme in der Medizin .....	118

3.3.1	MYCIN .....	119
3.3.2	INTERNIST.....	120
3.3.3	Das HELP - System.....	120
3.3.4	Das CCC-System .....	121
3.3.5	Das - Regenstrief Medical Record System - (RMRS).....	123
3.4	Die klinische Einsetzbarkeit wissensbasierter Systeme in der Medizin .....	126
3.5	Modellierung von Wissen .....	126
<b>4</b>	<b>Maßnahmen zur Qualitätssicherung durch leistungsdiagnostische Verfahren .....</b>	<b>130</b>
4.1	Phasen der muskulären Rehabilitation.....	132
4.2	Leistungsdiagnostische Verfahren und ihre Eignung für die Qualitätssicherung in der muskulären Rehabilitation von Sport- und Unfallverletzungen .....	135
4.2.1	Klinische Ganganalyse in der Orthopädie und Traumatologie - Computergestützte Messtechnik zur Bewegungs- und Belastungsmessung bei Unfallverletzungen der unteren Extremitäten .....	136
4.2.2	Kinematische und kinetische Bewegungsanalyse .....	141
4.2.3	Elektromyographie.....	145
4.2.4	Die isokinetische Mess- und Trainingsmethode.....	151
4.2.5	Fragebogenverfahren .....	154
4.3	Profilvergleichssysteme zur Begutachtung und Planung von Rehabilitationsmaßnahmen.....	156
4.4	Das Modell des diagnostischen Prozesses in der Medizin.....	160
4.4.1	Modellanalyse.....	161
4.4.2	Modellentwurf .....	163
<b>5</b>	<b>Methodik.....</b>	<b>164</b>
5.1	Literaturanalyse von möglichen Verfahrensweisen bei der Planung, Anlage, Durchführung, Auswertung von Studien in der Rehabilitationsforschung .....	164
5.2	Material und Untersuchungsmethode .....	169
5.3	Beschreibung des zur Verfügung stehenden Kollektivs von 20 Patienten mit Mehrfachschädigung der unteren Extremitäten .....	173
5.4	Darstellung der eingesetzten rehabilitativen Verfahren.....	177
<b>6</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>190</b>
6.1	Ergebnisse der retrospektiven Einzelfallanalyse .....	190
6.1.1	Erörterung der Ergebnisse .....	229
6.2	Entwurf eines modularen Rehabilitationsverfahrens für Patienten mit Zustand nach Polytrauma der unteren	

Extremitäten auf der Grundlage sportwissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten .....	233
6.3 Steuerungsmechanismen in der medizinischen Rehabilitation .....	255
6.4 Theoriekonzept zur Kennzeichnung der Belastungs- Beanspruchungssituation von Patienten mit Mehrfachverletzungen der unteren Extremitäten. ....	259
6.4.1 Zum Konzept der Handlungsfähigkeit .....	259
6.4.2 Bewegungsregulation .....	263
6.4.3 Zum Belastungs-Beanspruchungs-Konzept.....	267
6.4.4 Ableitungen für die Trainingstherapie.....	269
<b>7 Diskussion .....</b>	<b>270</b>
7.1 Stellung und Ausblick der medizinischen Rehabilitation innerhalb des Gesundheitssystems der Bundesrepublik Deutschland .....	272
<b>8 Zusammenfassung.....</b>	<b>277</b>
<b>9 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>280</b>

## Abkürzungsverzeichnis

AHB	Anschlussheilbehandlung
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BG	Berufsgenossenschaft
BfA	Bundesversicherungsanstalt
BW	Body weight
CT	Computer-Tomographie
EAP	Erweiterte Ambulante Physiotherapie
EBM	Evidence Based Medicine
EMG	Elektromyogramm
Ext.	Extension
Flex.	Flexion
GKV	Gesetzliche Krankenkasse
GdB	Grad der Behinderung
ggf.	gegebenenfalls
i.d.R	in der Regel
ICIDH	International Classification of Impairments, Disabilities, Handicaps
LVA	Landesversicherungsanstalt
MdE	Minderung der Erwerbsfähigkeit
MRT	Magnetresonanz-Tomographie
Nm	Newtonmeter
OSG	oberes Sprunggelenk
Pat.	Patient
PKV	Private Krankenversicherung
SGB	Sozialgesetzbuch
UAG	Unterarmgehstützen
USG	unteres Sprunggelenk
VKB	vorderes Kreuzband

## **Abbildungsverzeichnis**

<b>Abbildung 01: Hindernisse im Rehabilitationsprozess .....</b>	<b>13</b>
<b>Abbildung 02: Schadenstragungssystem .....</b>	<b>16</b>
<b>Abbildung 03: Personenschäden pro 1 Millionen Einwohner und Bundesland 2001 .....</b>	<b>17</b>
<b>Abbildung 04: Epidemiologie des Polytraumas: klinische und ökonomische Relevanz.....</b>	<b>18</b>
<b>Abbildung 05: Anatomie des Kniegelenkes .....</b>	<b>31</b>
<b>Abbildung 06: Flussdiagramm zum Behandlungskonzept der anterioren, der anterolateralen und der anteromedialen Knieinstabilität .....</b>	<b>38</b>
<b>Abbildung 07: Winkelprofile von Hüften, Knie und OSG eines normalen Gangbildes. Die Referenzlinien markieren die Phasen und Ereignisse des Gangzyklus.....</b>	<b>58</b>
<b>Abbildung 08: Behandlungsstrategien der kurativen und rehabilitativen Medizin .....</b>	<b>64</b>
<b>Abbildung 09: Der Rehabilitationsprozess .....</b>	<b>70</b>
<b>Abbildung 10: Vernetzung der Rehabilitation .....</b>	<b>80</b>
<b>Abbildung 11: Neuerlernen, Stabilisieren und Variieren von Bewegungsfertigkeiten nach dem Konzept von Meinel &amp; Schnabel.....</b>	<b>91</b>
<b>Abbildung 12: Typischen Aufbau eines Expertensystems / .....</b>	<b>117</b>
<b>Abbildung 13: Biomechanische Objektivierungsmethoden.....</b>	<b>138</b>
<b>Abbildung 14: D-Kraft-Zeit-Funktionen eines Schrittzklus.....</b>	<b>140</b>

<b>Abbildung 15: Die wesentlichen Messinstrumente in der Biomechanik (Video - Kraft EMG).....</b>	<b>142</b>
<b>Abbildung 16: Darstellung der Mittelwerte.....</b>	<b>148</b>
<b>Abbildung 17: Darstellung der mittleren stimulierten Kraftwerte .....</b>	<b>149</b>
<b>Abbildung 18: Darstellung der Mittelwerte mit Standardabweichung.....</b>	<b>150</b>
<b>Abbildung 19: Medizinische Diagnostik als sequentielle Kopplung der Problemlösungstypen Diagnostik und Planung .....</b>	<b>163</b>
<b>Abbildung 20: Die medizinische Diagnostik im Modell.....</b>	<b>164</b>
<b>Abbildung 21: Relative Bodenreaktionskräfte (vertikal und in Bewegungsrichtung –a-p-) .....</b>	<b>198</b>
<b>Abbildung 22: Moment und Winkel am OSG (rechts und links).....</b>	<b>199</b>
<b>Abbildung 23: Momente und Winkel am Kniegelenk (rechts und links) .....</b>	<b>200</b>
<b>Abbildung 24: Teil 1 EMG Muskeln des rechten Beines.....</b>	<b>201</b>
<b>Abbildung 25: Teil 2 EMG Muskeln des rechten Beines.....</b>	<b>202</b>
<b>Abbildung 26: EMG Seitenvergleich (rechts und links).....</b>	<b>203</b>
<b>Abbildung 27: Knie-Winkel (Flex-Ext) .....</b>	<b>211</b>
<b>Abbildung 28: OS-Segmentwinkel (Flex-Ext).....</b>	<b>211</b>
<b>Abbildung 29: Rumpfneigung frontal.....</b>	<b>212</b>
<b>Abbildung 30: Beckenneigung frontal .....</b>	<b>212</b>
<b>Abbildung 31: OSG-Moment sagittal.....</b>	<b>213</b>
<b>Abbildung 32: Hüft-Moment sagittal .....</b>	<b>213</b>
<b>Abbildung 33: Relative Bodenreaktionskraft (vertikal).....</b>	<b>216</b>
<b>Abbildung 34: Relative Bodenreaktionskraft (Bewegungsrichtung) .....</b>	<b>217</b>

<b>Abbildung 35: OSG-Bewegung im Gangzyklus (sagittal).....</b>	<b>218</b>
<b>Abbildung 36: Oberschenkelbewegung (sagittal).....</b>	<b>219</b>
<b>Abbildung 37: OSG-Moment (sagittal) .....</b>	<b>220</b>
<b>Abbildung 38: Kniegelenkmoment (sagittal) .....</b>	<b>221</b>
<b>Abbildung 39: Hüftgelenkmoment (sagittal).....</b>	<b>222</b>
<b>Abbildung 40: OSG-Moment (frontal).....</b>	<b>223</b>
<b>Abbildung 41: Kniegelenkmoment (frontal).....</b>	<b>224</b>
<b>Abbildung 42: Verfahrensablauf .....</b>	<b>238</b>
<b>Abbildung 43: Ist-Soll-Vergleich-Patient 01.....</b>	<b>245</b>
<b>Abbildung 44: Ist-Soll-Vergleich Patient 04.....</b>	<b>248</b>
<b>Abbildung 45: Ist-Soll-Vergleich-Patient 06.....</b>	<b>250</b>
<b>Abbildung 46: Ist-Soll-Vergleich Patientin 12.....</b>	<b>252</b>
<b>Abbildung 47: Ist-Soll-Vergleich-Patient 20.....</b>	<b>254</b>
<b>Abbildung 48: Modell der Therapiesteuerung .....</b>	<b>255</b>
<b>Abbildung 49: Die Instanzen der Therapiesteuerung .....</b>	<b>257</b>
<b>Abbildung 50: Modell zur Belastungs- Beanspruchungsregulation.....</b>	<b>269</b>
<b>Abbildung 51: Gesundheitspolitisches Aktions- und Evaluationsmodell .....</b>	<b>274</b>

**Tabellenverzeichnis**

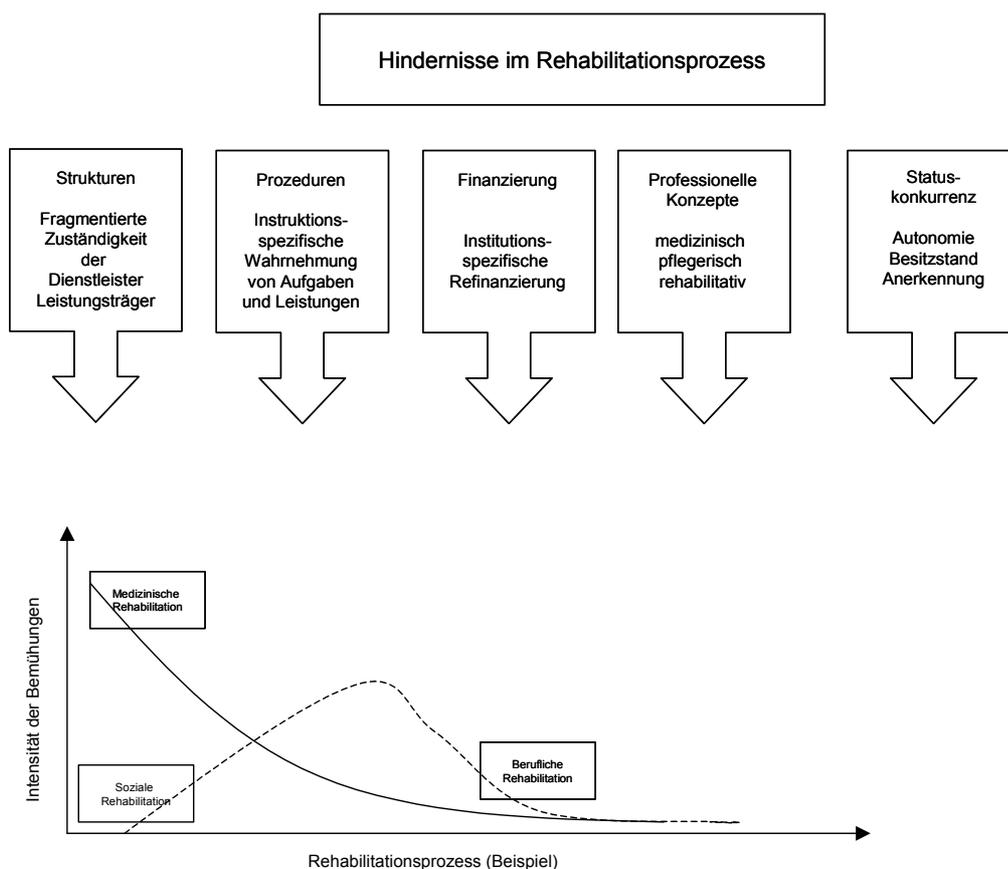
<b>Tabelle</b>	<b>01:</b>	<b>Mittlere Schrittlänge, Standphasenzeit und Gehgeschwindigkeit nach der stationären Rehabilitation.....</b>	<b>191</b>
<b>Tabelle</b>	<b>02:</b>	<b>Zeit-Distanz-Parameter.....</b>	<b>203</b>
<b>Tabelle</b>	<b>03:</b>	<b>Mittlere Schrittlänge und Gehgeschwindigkeit vor (27.03.02) und nach (15.05.02) der stationären medizinischen Rehabilitation.....</b>	<b>208</b>
<b>Tabelle</b>	<b>04:</b>	<b>Vorteilhafte (+), keine (0) und eher nachteilige (-) Veränderung von Gangparametern durch die Rehabilitationsmaßnahme.....</b>	<b>218</b>
<b>Tabelle</b>	<b>05:</b>	<b>Normale (+) und vom Gesunden abweichende (-) Strukturen bzw. Verläufe der Gangparameter über den Gangzyklus des Patienten.....</b>	<b>219</b>

## 1 Einleitung / Problemstellung

Etwa zehn Millionen Deutsche erleiden jährlich einen Verkehrsunfall. Im Jahr 2000 haben sich auf den Straßen der Bundesrepublik 382 949 Verkehrsunfälle mit Personenschäden ereignet. Dank der in den letzten Jahren deutlich verbesserten Sicherheitsausstattungen hat sich trotz ständig steigendem Fahrzeugbestand die Zahl der Verkehrstoten seit 1969 von nahezu 20.000 in den alten Ländern, auf 7.503 im gesamten Bundesgebiet verringert. Im Falle von mehr als 100.000 Personen wurden die Verletzungen als schwer klassifiziert (vgl. Verkehr aktuell 01/2001, Statistisches Bundesamt 2001). Ursachen der rückläufigen Entwicklung sind beispielsweise Maßnahmen im Bereich der passiven Sicherheit, wie die Einführung der Anlegepflicht des Sicherheitsgurtes in Kraftfahrzeugen, die Helmtragepflicht für Fahrer motorisierter Zweiräder, der Seitenaufprallschutz bei PKW bzw. verschiedene Airbagsysteme. Auf der Seite der aktiven Sicherheit wirken sich Assistenzsysteme wie das Antiblockiersystem sowie die elektronischen Stabilitätsprogramme aus. Weiterhin tragen Verkehrsleitsysteme, verkehrsberuhigte Zonen und vor allem die verbesserte medizinische Notfallversorgung, zu dieser Entwicklung bei. Grundlage für eine solche Entwicklung sind umfangreiche und detaillierte Informationen über das Unfallgeschehen. Dieses Ziel verfolgt z.B. die seit 1999 bestehende Unfallforschung der Technischen Universität Dresden. Erste Ergebnisse zeigen eine hohe Verletztenrate bei Zweirädern und Fußgängern, die im Vergleich zu PKW-Insassen acht mal häufiger zum Tode führt. Da auch der Anteil der Schwerverletzten höher ist, stellt sich die Forderung nach einer verbesserten Verträglichkeit zwischen den Verkehrsteilnehmern. Im Gespräch sind dabei Fußgängerairbags und abgepolsterte Dachrahmen. Weiteres Augenmerk sollte der Verkehrserziehung von Fahranfängern gelten, da sie 2/3 der Getöteten darstellen (vgl. Dresdner Transferbrief, Projekt Verkehrsunfallforschung, Ausgabe 03/2001). In einer vom Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. durchgeführten Unfallstudie der Autoversicherer wird deutlich, dass viele tödliche Verletzungen für PKW-Insassen verhindert werden

könnten, wenn Seitenairbags und Antischleudersysteme Standard wären. Als größte Risikogruppe gelten "Junge Fahrer". Unfälle bei denen das Fahrzeug ins Schleudern kommt und unkontrolliert mit einem entgegenkommenden Auto seitlich zusammenstößt, haben für Insassen schlimmste, häufig tödliche Folgen. Ein Schwachpunkt bei heutigen Fahrzeugen ist weiterhin die Seite. Bei derartigen Unfällen kommt es zwangsläufig zu schweren Kopf-, Brustkorb- und Beckenverletzungen. Bei Frontalkollisionen treten infolge der durch den Airbag zurückgedrängten Kopfverletzungen, jetzt Verletzungen der unteren Extremitäten in den Vordergrund. Eindringende Pedale und nach innen verschobene Armaturentafeln verursachen zwar keine tödlichen, aber wegen der äußerst komplizierten und langwierigen Rehabilitation überaus teure Verletzungen, mit denen sich diese Arbeit beschäftigt. Durch die rasche Verbreitung von wirkungsvollen Rückhaltesystemen in PKW verlagert sich das Verletzungsrisiko in Richtung untere Extremitäten. Die biomechanischen Belastungswerte für die Region Unterschenkel bis Fuß bedürfen der Konkretisierung und Verifikation. Bei angegurteten Insassen kann das Zusammenwirken von Intrusionsgeschwindigkeit des Fußraumes und Bewegungsgeschwindigkeit der Unterschenkel für die Verletzungsschwere verantwortlich sein (vgl. B. Jakob, TÜV Automotive GmbH Garching, 1997). Wie sich aus epidemiologischen Unfalluntersuchungen der BMW-Datenbank ergibt, sind hinsichtlich der Lokalisation der Verletzungen bei Frontalkollisionen die unteren Extremitäten in den letzten Jahren mehr und mehr in den Vordergrund getreten. Hinzu kommt, dass gerade Verletzungen im Sprunggelenksbereich nicht selten langwierige Behinderungen zur Folge haben. Daher sind Verletzungen der unteren Extremitäten heute einer der Schwerpunkte der biomechanisch - traumatologischen Forschung geworden (vgl. Schönpflug, M. Pieske, O. 1999). Die Frakturen der Fußregion sind von gesamtprognostischer Bedeutung, da sie häufig invalidisierend sind (vgl. Richter, M. et al. 1999). Interdisziplinäre Rehabilitationstechnologien, die auf Mehrfachschädigungen der unteren Extremitäten zielen, konnten unter

Nutzung aller gängigen medizinischen und sportwissenschaftlichen Datenbanken, nicht eruiert werden. In der Praxis des medizinischen und beruflichen Case - Managements, mit dem sich die rehacare GmbH im Auftrag von Kraft-Haftpflichtversicherern beschäftigt, erweist sich dieser Umstand in Bezug auf die Optimierung der Heilverfahrenssteuerung und schnellstmögliche Wiederherstellung der Arbeitsfähigkeit der Geschädigten, als großer Nachteil.



**Abbildung 01: Hindernisse im Rehabilitationsprozess**

(Abb. Aus Institut für empirische Soziologie Nürnberg 2000)

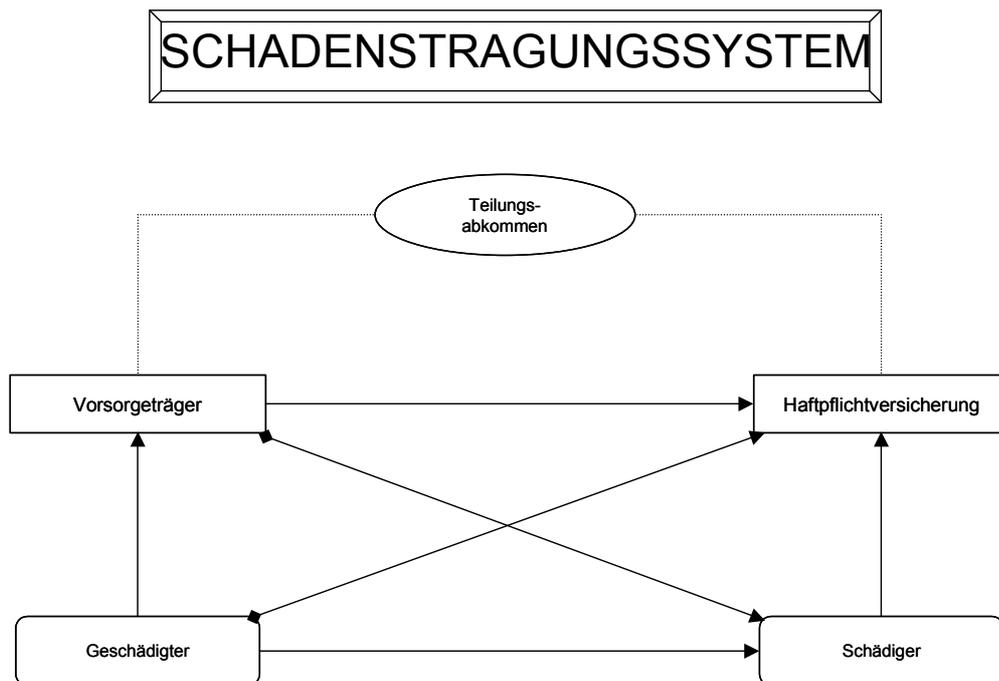
Die Einführung von Fallpauschalen im Akutkrankenhaus führt dazu, dass der Ressourcenverbrauch möglichst gering gehalten wird und Therapiemaßnahmen primär unter Kostenbegrenzungsaspekten ausgewählt werden. Das ist nicht verwerflich. Im Rehabereich geht es jedoch nicht um Implantate, sondern um dienstleistungsaufwendige Therapieverfahren. Der taylorische Ansatz der Fallpauschalen im Akutbereich mit seinen Additionskomponenten schreibt das

Versorgungskonzept der Akutmedizin, wie es als Defektbeseitigung vorgefunden wird, nur fort. Umso gewichtiger wird jetzt die Rehabilitation.

Das sogenannte „ganzheitliche“, synergistisch definierte Versorgungskonzept der Rehabilitation kann man beschreiben mit einer Bemerkung des englischen Neurologen Ebrahim: „Es ist unethisch, einen Schlaganfallpatienten nicht zu rehabilitieren. Nachdem wir heute enorme Möglichkeiten besitzen, müssen wir es auf jeden Fall versuchen.“ (Ebrahim, S.B. 1988).

Als Case - Management bezeichnet man allgemein eine am Einzelfall orientierte Arbeitsweise, in deren Rahmen geklärt, geplant, umgesetzt, koordiniert, überwacht und bewertet wird, was an Dienstleistungen zur individuellen Bedarfsdeckung notwendig und im Hinblick auf verfügbare Ressourcen qualitäts- und kostenbewusst erreichbar ist (vgl. Renshaw et. al. 1991). Die Bundesanstalt für Straßenwesen ermittelt jährlich die Kosten, die infolge von Straßenverkehrsunfällen entstanden sind. Personen und Sachschäden verursachten 1999 in Deutschland Kosten in Höhe von 35,5 Mrd. €. Die Personenschäden hatten hieran mit 19,4 Mrd. € einen Anteil von 55%. Insgesamt sind die Unfallkosten im Jahr 1999 gegenüber dem Vorjahr um 1/2 Mrd. € gestiegen. Dieser Anstieg setzt sich zusammen aus einem Rückgang der Personenschadenskosten um 0,25 Mrd. € bei gleichzeitigem Anstieg der Sachschadenskosten um 0,70 Mrd. €. Zu dem Rückgang der Personenschadenskosten haben verschiedene Entwicklungen beigetragen. Dem geringfügigen Rückgang der Getöteten um 50 Personen steht ein Anstieg der Zahl der Schwerverletzten um über 600 und der Zahl der Leichtverletzten um über 20.000 gegenüber. Kostensenkend hat sich die Veränderung der Altersstruktur der Getöteten ausgewirkt, weil weniger 18 - 35jährige tödlich verunglückt sind als im Vorjahr. Dieser Rückgang hätte die Kosten noch stärker gesenkt, wenn nicht gleichzeitig die Anzahl der getöteten Kinder um 45 gestiegen wäre. Die Unfallkosten werden nach einem Berechnungsmodell der Bundesanstalt für Straßenwesen

ermittelt, welches die Unfallfolgen nach dem Schweregrad der Personenschäden (getötet, schwerverletzt, leichtverletzt) unterteilt. Danach betragen die durchschnittlichen Kosten für getötete Personen, 1.167.290 €. Schwerverletzte kosten 80.662 € und Leichtverletzte 3.613 € (vgl. Wissenschaftliche Information der Bundesanstalt für Straßenwesen, 12/2001). Der Personenkreis der Verletzten hat eine Vielzahl von Ansprüchen gegen die gegnerische Haftpflichtversicherung. Hierzu zählt u.a. der Ersatz des entgangenen Verdienstes, den der Verletzte, den Unfall hinweg gedacht, gehabt hätte (vgl. Wussow u. Küppersbusch, 1996). Wird ein Mensch bei einem Verkehrsunfall schwer verletzt, so ist er sowohl gesundheitlich wie auch beruflich in seinem Kernbereich getroffen. Nicht selten ist seine gesamte Lebensplanung zerstört mit einschneidenden Folgen für das Opfer selbst, oft auch für seine ganze Familie. Die Naturalisation, die der Schädiger vorrangig schuldet, umfasst nicht nur die gesundheitliche Wiederherstellung, sondern auch die berufliche Rehabilitation des Unfallopfers, die dies in die Lage versetzen soll und kann, die nachteiligen Auswirkungen bleibender körperlicher Behinderungen im Beruf durch Ausweichen auf ein anderes Arbeitsfeld abzuschwächen oder ganz abzuwenden (vgl. BGB § 249). Auch in der anwaltlichen Vertretung des Unfallopfers besteht nicht selten ein großes Maß an Defiziten in der Handhabung der einschlägigen sozialrechtlichen Vorschriften. Dies liegt u.a. auch in der Zersplitterung der Zuständigkeit der verschiedenen Leistungsträger, wie Krankenkassen, Renten- und Unfallversicherungen sowie der Arbeits- und Sozialverwaltung, wie auch in den jeweils gesetzlich nach Art und Umfang bestimmten und begrenzten unterschiedlichen Leistungsarten begründet. Neben den genannten öffentlichen Trägern waren die Haftpflichtversicherer in der Vergangenheit lediglich als Kostenträger am Verfahren der medizinischen und beruflichen Rehabilitation beteiligt.

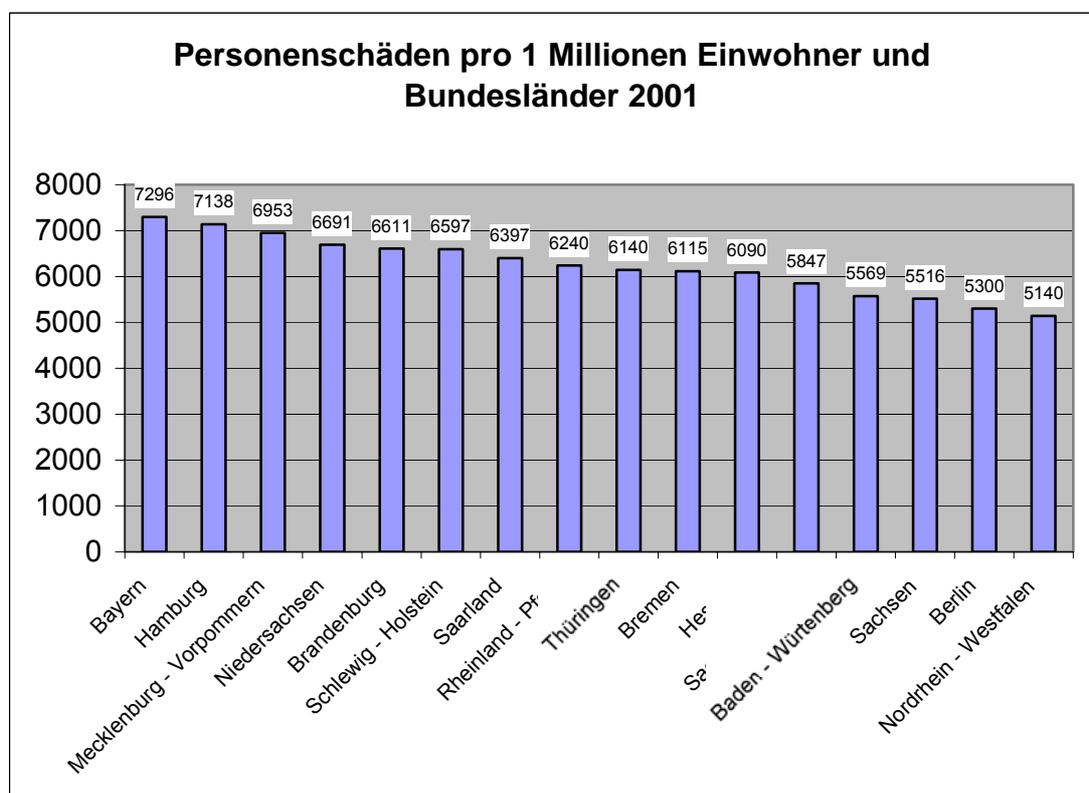


**Abbildung 02: Schadenstragungssystem**

Die Träger der Rehabilitation erhalten auf dem Wege des Regresses die von ihnen aufgewendeten Mittel von den eintrittspflichtigen Haftpflichtversicherern zurück (vgl. Wussow u. Küppersbusch, 1996). Ähnlich wie bei Ansprüchen gegen die gesetzlichen Unfallversicherer und Berufsgenossenschaften im Falle von Arbeitsunfällen, hat der erreichte Gesundheitszustand, maßgeblich durch die Qualität der medizinischen Erstversorgung sowie den Einsatz modernster Rehabilitationstechnologien bestimmt, Einfluss auf die Inanspruchnahme weiterer Ersatzansprüche wie z.B. Umschulungskosten, Erwerbsschaden usw. (vgl. Wussow u. Küppersbusch, 1996). Gelingt der berufliche Rehabilitation aufgrund unzureichender medizinischer Rehabilitationsergebnisse nicht, d.h. der Geschädigte kann nicht mehr berufstätig sein, muss der Haftpflichtversicherer für den gesamten Verdienstausschlag inklusive Lohnnebenkosten bis zum Erreichen der Altersrente aufkommen. Mit der Gründung privater Rehabilitationsdienste, haben Haftpflichtversicherer unabhängige Instrumentarien geschaffen, die Unfallverletzte im Rahmen ihrer medizinischen und beruflichen Rehabilitation, aktiv unterstützen.

Angesichts steigender Kosten im Gesundheitswesen und des immer ungünstigeren Schadenverlaufs erkennen die Direktversicherer in zunehmenden Maße, wie wichtig es ist, nicht nur die Kosten zu senken und möglicherweise die Leistungsdauer zu verkürzen, sondern auch die Behandlung zu verbessern und dem Unfallopfer eine möglichst schnelle Rückkehr an den Arbeitsplatz zu ermöglichen.

Der Steuerung und Objektivierung der einzelnen Phasen der medizinischen Rehabilitation kommt, im Rahmen des Rehabilitationsprozesses eine besondere Bedeutung zu.



**Abbildung 03:** Personenschäden pro 1 Millionen Einwohner und Bundesland 2001  
(Statistisches Bundesamt 2002)

	Anzahl Unfall- Opfer (in 2001)	Volkswirt- schaftliche Kosten (in 2000)
<b>Personenschäden</b>		
- Getötete	7.000	8,9 Mrd.
- Schwerverletzt	} 490.000	8,5 Mrd.
- Leichtverletzt		1,5 Mrd.
Sachschäden	-	16,7 Mrd.

**Abbildung 04:** Epidemiologie des Polytraumas: klinische und ökonomische Relevanz  
(Statistisches Bundesamt 2002)

**Hypothese 1**

Die durch die GKV bzw. Rentenversicherungsträger initiierten Heil - verfahren, schöpfen bei Traumatpatienten mit Mehrfachverletzungen der unteren Extremitäten im Rahmen der medizinischen Rehabilitation, das rehabilitative Potenzial nicht aus.

**Hypothese 2**

Ein Modell der Therapiesteuerung ist bei o.g. Heilverfahren nicht erkennbar. Eine Rehabilitationsplanung unter Formulierung von Therapiezielen findet kaum statt.

**Hypothese 3**

Maßnahmen zur Qualitätssicherung durch leistungsdiagnostische Verfahren werden im Rahmen der medizinischen Rehabilitation nur sporadisch eingesetzt.

**Hypothese 4**

Im Rahmen der i.d.R. 21-tägigen stationären medizinischen Rehabilitationsmaßnahmen, lassen sich trainingstherapeutische Interventionen aufgrund der zeitlichen Limitierung nur unzureichend umsetzen. Erwünschte Adaptionen sind in dieser Zeitspanne nur unvollständig erreichbar.

**Hypothese 5**

Defizite im Bereich der neuromuskulären Koordination haben falsche Bewegungsmuster zur Folge, welche wiederum das zeitnahe Auftreten von Sekundärschäden im Bereich des Stütz- und Bewegungssystems fördern.

**Hypothese 6**

Ein Case-Management unter Stärkung des sportwissenschaftlichen Ansatzes verbessert die Lebensqualität der Patienten bzw. erhöht die Möglichkeiten in Bezug auf die berufliche Reintegration.

## **2 Grundlagen**

Da die Arbeit vorrangig nicht für Mediziner verfasst wurde, werden im Kapitel 2.1. wichtige Grundlagen und Begriffe der Anatomie und Physiologie der unteren Extremitäten sowie deren Schädigungsmechanismen durch Unfälle dargestellt. Es erfolgt eine Abgrenzung zwischen Unfallverletzungen der Hüfte und des Oberschenkels, des Knies und des Unterschenkels sowie der Knöchelregion und des Fußes. Die Chronologie des Traumas wird durch die operativ - rehabilitative Behandlung ergänzt. Das Kapitel 2.2 gibt Einblick in die biomechanischen Grundlagen sowie die Messverfahren zur Objektivierung der Ergebnisse. Auf die Auswirkungen von Verletzungen der unteren Extremitäten wird im Kapitel 2.3 verwiesen. Unter 2.4 werden die gesetzlichen Grundlagen der rehabilitativen Verfahren erläutert.

### **2.1 Unfallverletzungen der Hüfte und des Oberschenkels**

#### **2.1.1 Passiver und aktiver Bewegungsapparat der Hüfte und des Unterschenkels**

#### **2.1.2 Anatomie und Arbeitsweise von Gelenk, Bändern und Muskeln**

Das Hüftgelenk (*Articulatio coxae*) ist in seiner Bewegungsfreiheit stark eingeschränkt. Der Gelenkkopf (*Caput femoris*) steckt tief in einer von drei Knochen des Hüftbeines gebildeten Pfanne (*Acetabulum*). Er reibt auf der halbmondförmigen Gelenkfläche (*Facies lunata*) des *Acetabulum*. Es handelt sich um ein modifiziertes Kugelgelenk mit drei Freiheitsgraden, das als Nussgelenk (*Articulatio cotylica*) bezeichnet wird (Gelenk mit Knochenführung).

Wie kein zweites Gelenk ist das Hüftgelenk durch Bänder gesichert. Aufgrund dieser kräftigen Bänder kann die Hüftgelenkkapsel bis zu etwa 500 kp auf Zug beansprucht werden. Dieser außergewöhnlich stabile

Bandapparat sowie die sich zu einem Nussgelenk vereinigenden artikulierenden Flächen, schränken den Bewegungsumfang des Hüftgelenkes. Der horizontale Zug des Lig. iliofemorale kann z.B. das Becken auf dem Hüftgelenk balancieren und damit ein Abknicken des Rumpfes verhindern. Das ist besonders wichtig, wenn die Unterstützung des Beckens durch das Bein (Übergang vom Standbein zum Spielbein) wegfällt. In ähnlicher Weise verhindert der vertikale Zug des Lig. iliofemorale das Abkippen des Beckens nach hinten. Die Zugfestigkeit dieser Bänder beträgt 300-350 kp, so dass bei Verrenkungen im Bereich des Hüftgelenkes, ganz im Gegensatz zu gleichen Verletzungen bei anderen Gelenken, kaum Einrisse vorkommen (vgl. Tittel 1978). Vergleicht man hinsichtlich ihrer Zahl, Anordnung und Größe die um das Hüftgelenk herumgruppierten Muskeln miteinander, so fällt auf, dass die stärksten Muskeln wieder im >>Totraum<< des Gelenkes liegen. Beispielsweise kann das Bein nur etwa 10° retrovertiert, jedoch bis 120° antevertiert werden. Ähnliches gilt auch für die Adduktion, die maximal bis 70° betragen kann. Alle Muskeln lassen sich entsprechend ihrer Funktion in Beuger, Strecker, Ab- und Adduktoren, Innen- und Aussenrotatoren gliedern. Der wichtigste Beuger ist der M. iliopsoas, der sich über das Becken nach vorn zieht und beim Laufen die Schrittgröße bestimmt. Sein Hauptantagonist ist der M. gluteus maximus. Dieser mächtige, relativ grobfaserige Muskel hat nicht nur Streckwirkungen, sondern auch rotatorische Komponenten. Bewegungen in Frontalebene werden als Ab- bzw. Adduktion bezeichnet. Zusammen mit dem M. gluteus maximus gehören die Adduktoren zu den kräftigsten Muskeln des Körpers, da sie über das Becken auch den Rumpf halten und den aufrechten Gang sichern müssen. Weiterhin sorgen sie dafür, dass der Rumpf aufrecht gehalten werden kann und die Beine nicht seitwärts abgleiten.

### **2.2.1 Schädigungsmechanismen an Hüfte und Oberschenkel durch Verkehrs- bzw. Sportunfälle und Erstversorgung durch den Arzt**

Die oben beschriebene anatomische und muskuläre Integrität der Hüfte und des Oberschenkels wird durch äußere Gewalteinwirkung erheblich gestört und eine Limitation der Motorik hervorgerufen. Das Deutsche Institut für Medizinische Dokumentation und Information ist im Rahmen seiner gesetzlichen Aufgaben zuständig für die Herausgabe deutschsprachiger Fassungen amtlicher Klassifikationen von Krankheiten, so auch der ICD-10. Für den Bereich Verletzungen der Hüfte und des Oberschenkels wurden entsprechende Klassifikationen vorgenommen (vgl. Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information. <http://www.dimdi.de/germ/klassi/ls-klassi.htm>).

Aufgrund der durch die Haftpflichtversicherer zur Verfügung gestellten Unterlagen, soll die Betrachtung auf folgende Verletzungsbilder beschränkt bleiben:

- 1.) Hüftgelenkluxation
- 2.) Femurkopffraktur
- 3.) Schenkelhalsfraktur
- 4.) Pertrochantäre Fraktur
- 5.) Femurschaftfraktur
- 6.) Distale Femurfraktur

1.) Gelenkverletzungen der unteren Extremitäten haben einen anderen Stellenwert als Verletzungen der oberen Extremitäten, weil die Mobilität des Patienten erheblich eingeschränkt ist und die Gelenke einer deutlich höheren Belastung ausgesetzt sind, sodass die Gefahr der Arthrose im weiteren Verlauf deutlich zunimmt. Zudem ist das Risiko einer Thrombose nach einer Verletzung mit nachfolgender Lungenembolie praktisch nur an den unteren Extremitäten gegeben (vgl. Wirth C.J. et. al. 2001). Der Hüftkopf kann in verschiedene Richtungen luxieren. Die häufigste Form ist die hintere Luxation, wobei beachtet werden muss, dass das Hüftgelenk nur nach erheblicher Krafteinwirkung luxiert (vgl. Wirth C.J. et.al. 2001). Wegen der Bänder- und Muskelsicherung des Hüftgelenkes sind Luxationen relativ selten und machen etwa 2% aller

Verrenkungen aus (vgl. Franke, K. 1986). Häufigste Ursache ist die massive Einwirkung von Gewalt (Stoß- und Hebelkraft), z.B. bei Verkehrsunfällen oder Stürzen aus großer Höhe (vgl. Trenz, O. Bühren, V. 2001). Der typische Unfallmechanismus ist das "dashboard-injury", das Knieanpralltrauma am PKW-Armaturenbrett bei gebeugtem Hüftgelenk (vgl. Wirth C.J. et. al. 2001). In der Literatur werden entsprechende Luxationen des Hüftgelenkes als seltene, jedoch schwerwiegende Folge z.B. eines Rasanztraumas beim Skifahren beschrieben (vgl. Haaker, R. 1998). Neben den Knochenverletzungen kann die Hüftluxation mit Läsionen des N. ischiadicus bzw. des N. femoralis kombiniert sein und als Spätfolge zu einer Nekrose des Femurkopfes führen (vgl. Franke, K. 1986). Die Prognose hängt entscheidend von den knöchernen Begleitverletzungen des Azetabulums, des Hüftkopfes oder des Schenkelhalses ab. Die klinische Symptomatik ist durch starke Schmerzen, die Unfähigkeit der aktiven Bewegung des Beines, Taubheitsgefühl sowie einer eventuellen Fehlstellung gekennzeichnet. Als mögliche Begleitverletzungen werden Abscherungen am Femurkopf, Abbrüche des dorsalen Pfannenrandes, Ischiadikuspartese durch Überdehnung oder Druck, angegeben. Gefäßverletzungen treten selten auf (vgl. Trenz, O. Bühren V. 2001). Insgesamt fällt eine deutliche Fehlstellung und Verkürzung des Beines auf. Häufig liegen Kettenverletzungen vor, sodass periphere Verletzungen an Knie und Oberschenkel ausgeschlossen werden müssen (vgl. Wirth et. al. 2001). Bei stabilen Verhältnissen ist nach erfolgreicher Reposition und bei fehlenden knöchernen Begleitverletzungen die konservative Therapie gerechtfertigt. Sie umfasst Bettruhe für 8-10 Tage und eine Entlastung für 6-8 Wochen (vgl. Wirth et. al. 2001). Bei Pfannenrandabbrüchen größeren Ausmaßes und mit erheblicher Dislokation wird die operative Fixation empfohlen, vor allem dann, wenn durch den Pfannendefekt das Repositionsergebnis nicht gehalten werden kann. Auch hüftgelenksnahe Femurfrakturen in Kombination mit einer Luxation stellen eine Operationsindikation dar (vgl. Franke, K.1986). Die Nachbehandlung richtet sich nach dem gewählten Operationsverfahren

und beinhaltet eine Entlastung für 8-10 Wochen (vgl. Wirth et. al. 2001). Die Prognose wird weitgehend von den primären und sekundären Komplikationen bestimmt. Zu den primären Komplikationen gehören entweder die initial oder intraoperativ entstandenen Gefäß-Nerven-Verletzungen. Das funktionelle Ergebnis kann durch sekundäres Auftreten periartikulärer Ossifikationen zu erheblichen Bewegungseinschränkungen führen, während die Hüftkopfnekrose oder der entstandene Knorpelschaden zu einer posttraumatischen Koxarthrose führen kann (vgl. Wirth et. al. 2001). In 30-40% der Fälle kommt es zur völligen Erholung, rezidivierende Luxationen sind selten. Nach verspäteter oder traumatisierender Reposition kann es in etwa 10% der Fälle zu einer Femurkopfnekrose kommen. Häufigste Langzeitkomplikation ist die posttraumatische Arthrose mit 15%, bei Kombination von Hüftluxation und Azetabulumfraktur in 90% der Fälle vorkommend. Verletzungen des N. ischiadicus kommen in 10-20% der Fälle vor (vgl. Trentz, V. Bühren, O. 2001).

2.) Femurkopffrakturen treten bei dorsalen Hüftgelenkluxationen oder Hüftpfannenfrakturen auf. Ursachen sind Abscherkräfte bzw. axial einwirkende Kräfte entlang der Femurachse bei Beugung des Hüftgelenkes um weniger als  $60^\circ$ . Häufigster Unfallmechanismus ist das "dashboard - injury" (Knieanpralltrauma am Armaturenbrett). Seltener sind Impressionsfrakturen bei Hüftpfannenfrakturen. Die klinische Symptomatik, das diagnostische Vorgehen sowie die Therapieprinzipien entsprechen der Vorgehensweise bei der Hüftgelenkluxation (vgl. Trentz, V. Bühren, O. 2001). Legt sich bei der Fraktur das Kopffragment gut an, ist eine konservative Therapie empfohlen. Die obligatorische Kontrolle sollte durch konservatives Röntgen oder Computertomographie erfolgen. Frühfunktionell wird eine Teilbelastung von 15 kg über zwei Wochen empfohlen. Ein MRT nach drei Monaten dient dem Ausschluss einer Femurkopfnekrose. Bei anatomischer Reposition und Ausbleiben einer avaskulären Kopfnekrose ist ein restitutio ad integrum möglich. Ansonsten ist der weitere Verlauf vom Schweregrad der Verletzung, Dauer der Luxation sowie Anzahl der Repositionsversuche und Begleitverletzungen, abhängig.

Komplikationen durch die Läsion des N. ischiadicus treten bei dorsaler Hüftluxation in etwa 10-15% der Fälle auf, von denen sich 60-70% nach 6-8 Monaten zurückbilden. Eine avaskuläre Femurkopfnekrose tritt bei 25% der Fälle, abhängig von der Dauer des Luxationszustandes auf. Sie kann bis zu fünf Jahren nach der Luxation in Erscheinung treten. Frühzeitiges Erkennen ist durch ein MRT möglich. Posttraumatische Arthrosen treten in 10-30% der Gesamtfälle auf (vgl. Trentz, O. Bühren, V. 2001).

3.) Die Problematik der Schenkelhalsfrakturen liegt einmal in ihrer Bedeutung für die Funktion des Hüftgelenkes und zum anderen in der anatomischen Lokalisation als intraartikuläre Fraktur. Die Diagnose ist aus Bewegungseinschränkung im Hüftgelenk, Außenrotation und Verkürzung des Beines sowie Stauchungsschmerz zu stellen und immer durch Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen zu erhärten (vgl. Franke, K. et. al. 1986). Die Analysen der Unfallhergänge ergeben neben den häuslichen Stürzen, meist älterer Menschen, vor allem Fahrrad- oder Skiunfälle sowie Stürze aus großen Höhen bei jüngeren Menschen (Rasanztrauma). Die klinische Symptomatik ergibt bei instabilen Frakturen eine Verkürzung (Trochanterhochstand) und Außenrotation des Beines. Weiterhin treten, besonders bei passiver Bewegung durch den Untersucher, Schmerzen in der Hüfte und/oder der Leiste auf. Lokale Hämatome oder Prellmarken sind ebenfalls kennzeichnend. Bei stabilen Abduktionsfrakturen ist keine Fehlstellung des Beines gegeben. Ein schmerzfreies passives Bewegen im Hüftgelenk sowie ein Anheben des gestreckten Beines kann durchgeführt werden (vgl. Trentz, O. Bühren, V. 2001). Im Rahmen der klinischen Diagnostik wird u.a. in den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie, die entsprechende Vorgehensweise beschrieben (vgl. Stürmer, K.S. 1999).

4.) Die pertrochantäre Femurfraktur (S72.1) ist eine schräg durch die Trochanterregion des koxalen Femurendes unterhalb des Schenkelhalses und oberhalb des Trochanter minor verlaufender Bruch (vgl. DGOT Leitlinien 1999). Abzugrenzen ist dieser Bruchtyp von der lateralen Schenkelhalsfraktur (vgl. Trentz, O. Bühren, V. 2001). Ursache ist meist ein direkte, seltener ein indirektes Trauma infolge eines

Sturzes auf das Hüftgelenk. Die Fraktur trifft gehäuft im höheren Lebensalter mit Bevorzugung des weiblichen Geschlechtes auf (vgl. DGOT Leitlinien 1999). Als Hochrasanztrauma tritt sie als Mehretagenfraktur des Femur und in Kombination mit Beckenverletzungen auf (vgl. Trentz, O. Bühren, V. 2001). Die Klassifikation erfolgt entsprechend der Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (vgl. Stürmer, K.S. 1999). Die klinischen Befunde beziehen sich auf eine Verkürzung und Außenrotationsstellung des Beines, lokal starke (Druck-) Schmerzen und Geh- und Stehunsfähigkeit. Teilweise treten auch Sensibilitätsstörungen sowie Hämatome und Prellmarken auf. Das diagnostische Vorgehen beinhaltet eine neurologische Untersuchung sowie die Überprüfung der Durchblutungssituation. Eine Röntgenuntersuchung des tief zentrierten Beckens wird ebenfalls empfohlen (vgl. Trentz, O. Bühren, V. 2001). Nur bei undislozierter oder unvollständiger Fraktur erfolgt eine konservative Therapie. Bei jeder pathologischen bzw. dislozierten Fraktur muss eine operative Therapie erfolgen. Grundlagen der physikalischen Therapie sind Mobilisierung, Muskelkräftigung, Gangschulung und Entlastungstraining. Als operative Therapie werden die gelenkerhaltende Operation (Osteosynthese) sowie der Gelenkersatz (Endoprothese) angewendet (vgl. DGOT Leitlinien 1999). Bei instabilen Frakturen muss eine differenzierte Verfahrensauswahl getroffen werden. Bei zügiger Operation und Abstimmung des Operationsverfahrens auf Frakturtyp, Alter und Begleiterkrankungen des Verletzten ist eine Reintegration in das soziale Umfeld gut möglich. Die präoperative Ausgangssituation kann häufig nicht erreicht werden. Für 2-3 Monate ist die Mortalität um den Faktor 2-3 über der normalen Sterblichkeit erhöht. Als eventuelle Komplikationen können Pseudoarthrosen, Implantatbrüche/ -ausrisse/ -wanderungen auftreten. Für alle Verfahren gilt, dass eine gute neuromuskuläre Koordination Folgeverletzungen weitgehend verhindern kann. Sie kann nur durch eine gute physiotherapeutische Betreuung erreicht werden. Der Zeitraum der Konsolidierung beträgt etwa 6-8 Wochen (vgl. Stürmer, K.M. 1999).

5.) Frakturen des Femurschaftes sind nach ihrer Lokalisation in dia- und metaphysäre und nach ihrer Form in Querfrakturen, kurze und lange Schrägbrüche mit oder ohne Biegungskeil sowie Trümmerbrüche zu unterscheiden (vgl. Franke, K. et. al. 1986). Mögliche Verletzungsmechanismen ergeben sich durch erhebliche Gewalteinwirkung, häufig bei Mehrfachfrakturen der unteren Extremitäten und bei Polytraumatisierten. Diese treten häufig bei PKW-Fahrern bzw. Beifahrern, Motorradfahrern, sogenannten Stoßstangenunfällen bei der Kollision von Fußgängern mit PKW sowie bei Stürzen aus großen Höhen, auf (vgl. Trentz, V. Bühren, O. 2001). Bei Disposition zu Rasanztraumen kommt die Oberschenkelfraktur auch als Sportverletzung, z.B. im Skiabfahrtslauf vor und dominiert bei schweren Rodelunfällen (vgl. Franke, K. et. al. 1986). Eine Klassifikation erfolgt entsprechend des Weichteilschadens nach Tscherne (geschlossene) und Gustilo (offene) Frakturen (vgl. Trentz, V. Bühren, O. 2001). Bei klinischer Symptomatik zeigt sich ein hoher Blutverlust auch bei isolierter Femurfraktur. Er beträgt aus dem Frakturgebiet in die Weichteile etwa 1000-2000 ml (vgl. Franke, K. et. al. 1986). Ein Polytraumapatient mit Femurfraktur hat immer einen Volumenmangel. Weiterhin tritt eine pathologische Beweglichkeit auf, starke Schmerzen sowie eine Verformung des Oberschenkels. Es besteht die Unfähigkeit der Hüft- und Kniebeugung. Die röntgenologische Untersuchung sollte im Bereich des Femur in zwei Ebenen erfolgen. Zusätzlich zur Beckenübersicht muss das Hüft- und Kniegelenk zumindest in einer Ebene notfallmäßig mitgeröntgt werden (vgl. Trentz, O. Bühren, V. 2001). Ziel jeder operativen Knochenbruchbehandlung ist die stabile Wiederherstellung von Achsen und Gelenken. Die Osteosynthese muss übungstabil sein, damit eine funktionelle Nachbehandlung möglich ist. Die Verriegelungsmarknagelung wird in der Literatur als das Verfahren der Wahl beschrieben (vgl. Wirth, C.J. et. al. 2001). Diese ist auch im verzahnten Wechsel nach primärer Anlage eines Fixateur externe und Optimierung des Gesamtzustandes beim polytraumatisierten Patienten, möglich (vgl. Trentz, O. Bühren, V. 2001). Während in den vergangenen Jahrzehnten die Stabilität oberste Priorität hatte, wird nunmehr der

lokalen Biologie mehr Beachtung geschenkt. Der Begriff der biologischen Osteosynthese ist definiert als ausreichende Frakturstabilisierung unter bestmöglicher Schonung der Weichteile. Die biologische Osteosynthese bedarf einiger Überlegungen vor ihrer Anwendung. Bei der interfragmentären Kompressionsosteosynthese die eine direkte Knochenheilung ermöglicht, wird eine bessere Frühstabilität erreicht, die ab der 8. Woche gegenüber der direkten Knochenheilung mit Kallusbildung und Querschnittsvergrößerung der Frakturzone zurückbleibt. Intraartikuläre Frakturen dürfen wegen der Stufenbildung nicht durch eine biologische Osteosynthese versorgt werden, sodass die Indikation nur auf den diaphysären und meta-/diaphysären Übergangsbereich beschränkt bleibt (vgl. Wirth, C.J. et. al. 2001). Die postoperative Nachbehandlung ist abhängig von der Schwere der Gesamtverletzung und der Stabilität der Osteosynthese. Bei Anwendung der Marknagelung kann mit einer sofortigen Anwendung der passiven und aktiven Physiotherapie begonnen werden. Bei Mehrfachfragmentfrakturen ist nach einer etwa 4-6-wöchigen Teilbelastung mit etwa 15 kg, langsam zu dynamisieren. Bei der Plattenosteosynthese ist auf eine Röntgenkontrolle nach 6 Wochen zu achten. Danach kann bei entsprechender Konsolidierung eine zügige Aufbelastung erfolgen. Sollte sich bis etwa der 12. Woche keine Konsolidierung einstellen, ist zusätzlich eine Spongiosaplastik einzusetzen bzw. es hat ein Verfahrenswechsel zur Marknagelung zu erfolgen (vgl. Trentz, O. Bühren, V.). Die angrenzenden Gelenke können passiv beübt werden. Ein sekundärer Verfahrenswechsel auf Marknagel-Osteosynthese ist nach ausreichender Stabilisierung immer anzustreben (vgl. Trentz, O. Bühren, V. 2001). Die Metallentfernung kann nach etwa 1,5 - 2 Jahren erfolgen. Eine konservative Therapie ist nur bei Kindern unter 2 - 3 Jahren möglich. Prognosen und Komplikationen werden im Wesentlichen durch die Schwere der Verletzungen bestimmt. Als frühe Komplikationen können z.B. Lagerungsschäden, Kompartmentsyndrom, tiefe Beinvenenthrombose sowie ein Schocklagerungssyndrom auftreten. Als späte Komplikationen werden Infektionen, Pseudoarthrose und Achsfehlstellungen genannt.

Das sogenannte Implantatversagen, ist kein Materialfehler des Implantates (Platte oder Nagel), sondern das sichere Zeichen einer gestörten Bruchheilung (vgl. Trentz, O. Bühren, V. 2001).

6.) Als distale Femurfrakturen werden Frakturen im Bereich der Oberschenkelgelenkrollen mit oder ohne Beteiligung des Kniegelenkes definiert. Als Verletzungsmechanismen kommen unter erheblicher Gewalteinwirkung, vor allem PKW-Unfälle mit Einklemmung der Insassen infrage. Bei 30% der distalen Femurfrakturen liegt ein Polytrauma vor. Als lokales Verletzungsbild kann eine verstrichene Kniekontur, eine Achsabweichung sowie Weichteilverletzung, beobachtet werden. Es besteht Gehunfähigkeit. Vom Auftreten starker Schmerzen ist auszugehen. Als operative Therapie kommt die interne Osteosynthese (Platte oder Nagel) als Therapie der Wahl infrage. Prinzipien dieser Therapieform sind: Weichteilschonung, keine ausgedehnte Frakturfreilegung, korrekte Lagebeziehung zwischen Kondylenachse und Femurlängsachse ( $7^\circ$ ), korrekte Rotation und geringe Antekurvatur der Femurrollen gegenüber der Schaftachse (vgl. Trentz, O. Bühren, V. 2001). Bei Polytrauma ist ein Fixateur externe anzubringen. Undislozierte einfache Frakturen können konservativ, zunächst mit der Gipsschiene, eventuell durch Kniegelenkpunktion behandelt werden. Nach Rückgang der Frakturschwellung am 6.-8. Tag ist das Anlegen eines zirkulären Oberschenkelliegegips oder -Tutorverbandes für etwa 8-10 Wochen, zu empfehlen. Weiterhin müssen entsprechende Röntgenkontrollen erfolgen (vgl. Wirth, C.J. et. al. 2001). Als operative Nachbehandlung wird die Lagerung auf einer Schiene in ca.  $30^\circ$  Kniebeugung unter Einhaltung der Thromboseprophylaxe empfohlen. Die passive Mobilisierung sollte ab dem 3./4. Tag postoperativ entsprechend der Weichteilsituation erfolgen. Eine Teilbelastung von 15-20 kg, je nach Frakturform, sollte für 6-8 Wochen und weitere 2-4 Wochen mit 50% des Körpergewichtes erfolgen. Eine Metallentfernung ist nach 1-1,5 Jahren möglich (vgl. Wirth, C.J. et. al. 2001). Als mögliche Komplikationen werden in der Literatur u.a. Achsfehlstellungen, behinderte Kniestreckung bei Rekurvationsstreckung der Kondylenrollen, posttraumatische Arthrose

(abhängig vom Gelenkknorpelschaden), Retropatellararthrose (verantwortlich für postoperative Schmerzen bei 2/3 der Patienten), Implantatlockerung oder -bruch sowie Bewegungseinschränkung genannt.

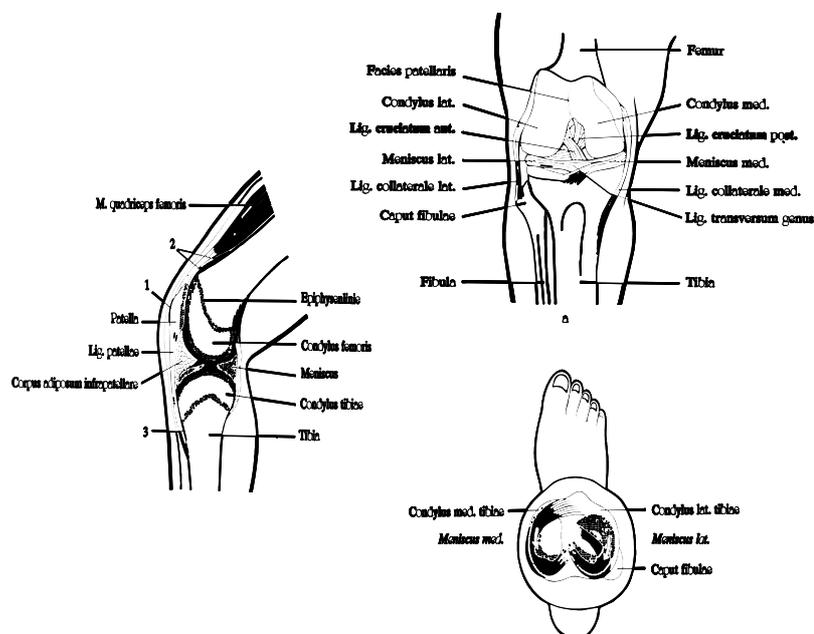
## **2.2 Unfallverletzungen des Knies und des Unterschenkels**

### **2.2.1 Passiver und aktiver Bewegungsapparat des Knies und des Unterschenkels**

### **2.2.2 Anatomie und Arbeitsweise von Gelenk, Bändern und Muskeln**

Das Kniegelenk nimmt neben der Tatsache, dass es das komplizierteste, größte und anfälligste Gelenk des menschlichen Körpers ist, in vielerlei Hinsicht eine besondere Position ein. Einerseits macht das Kniegelenk in der Streckstellung das Bein zu einer festen, gesicherten Tragsäule, andererseits erschließt es dem Fuß in der Beugstellung, in der auch Drehbewegungen möglich sind, ein erweitertes Bewegungsfeld. Unter arthrokinematischen Gesichtspunkten findet deshalb die relative Bewegung zweier artikulierender Gelenkflächen statt, so dass man beim Kniegelenk vom Roll-Gleit-Mechanismus spricht (vgl. Mühlemann 1997). Die Menisken reichen jedoch nicht aus, um eine funktionelle Stabilität zu gewährleisten. Der Bandapparat leistet hier Unterstützung. Die Kreuzbänder sichern den Zusammenhalt des Gelenkes. Weiterhin sind sie wesentlich an der Gelenkführung insbesondere der Flexion des Knies beteiligt und durch die aberretierenden Faserzüge mit dem Meniskus verbunden. Im Vergleich zur Bewegung ohne Gewicht, verändern sich die Werte unter Last, signifikant. Während einer Beugung von 10° bis 20° mit einem Gewicht von 45 Newton und bei einer isometrischen Quadricepskontraktion bei verschiedenen Stellungen zwischen 15° und 30° lässt sich ein signifikant höherer Druck auf das Lig. cruciatum

anterior beobachten. Andererseits lassen sich bei 60° und 90° keine Druckveränderungen im Vergleich zur Anspannung ohne Last feststellen (vgl. Dye/Cannon 1988, Beynon et. al 1995). Bei einer Beugung von 40° bis 50° ist das Lig. crutiatum anterius am lockersten (vgl. Heers 1983). Zusammenfassend ist zu bemerken, dass die primäre Aufgabe des Lig. crutiatum anterius in der Stabilisierung des Kniegelenkes in der Extension und Flexion sowie Innen- und Außenrotation liegt. Weiterhin wird das Schubladenphänomen, mit seinem ausgeprägten Vorschub der Tibia gegenüber dem Femur, bei flektiertem Knie entgegengewirkt. Zur Stabilisierung des Kniegelenkes neben der rein mechanischen Funktion, verfügen die Bänder auch über sensible Rezept



**Abbildung 05:** Anatomie des Kniegelenkes  
(Abbildungen aus Rohen 1994)

Zu dem freien Teil der unteren Gliedmaßen gehören neben dem Schenkelbein das auf der Innenseite des Unterschenkels gelegene, kräftig entwickelte Schienbein (Tibia) und das lateral und dorsal von diesem verlaufende, sehr schlanke Wadenbein (Fibula). Die beiden Knochen des Unterschenkels, Schien- und Wadenbein, sind auf dreierlei miteinander verbunden, proximal durch ein straffes Gelenk,

distal durch eine Bandhaft und in der Mitte durch eine weitere breite membranöse Bandhaft, die sog. Zwischenknochenhaut (Membrana interossae). die artikulierenden Flächen des straffen Gelenkes (Articulatio tibiofibularis) werden von einer derben Gelenkkapsel, die noch von einem vorderen und hinteren Bandzug (Lig. Capitis fibulae) verstärkt wird, relativ straff umschlossen, wodurch das Bewegungsvermögen des Gelenkes weitgehend eingeschränkt wird.

#### **2.1.1.1 Schädigungsmechanismen an Knie und Unterschenkel durch Verkehrs- bzw. Sportunfälle und Erstversorgung durch den Arzt**

Die oben beschriebene anatomische und muskuläre Integrität von Knie und Unterschenkel wird durch äußere Gewalteinwirkung erheblich gestört und eine Limitation der Motorik hervorgerufen. Das Deutsche Institut für Medizinische Dokumentation und Information hat im Bereich der ICD-10 für den Bereich der Verletzungen des Knies und des Unterschenkels entsprechende Klassifikationen vorgenommen (vgl. Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information. <http://dimdi.de/germ/klassi/ls-klassi.htm>). Aufgrund der durch die Haftpflichtversicherer zur Verfügung gestellten Unterlagen, soll die Betrachtung auf folgende Verletzungsbilder beschränkt bleiben:

- 1.) Patellafraktur
- 2.) Verletzungen des Kniestreckapparates
- 3.) Kapsel – Band - Läsionen
- 4.) Meniskusläsion
- 5.) Tibiakopffraktur
- 6.) Unterschenkelschaftfraktur
- 7.) Distale intraartikuläre Tibiafraktur (Pilonfraktur)

1.) Patellafrakturen machen epidemiologisch 1% aller Frakturen aus (vgl. Jerosch, J. Castro, H.M. 1999). Der Altersgipfel liegt im 3.-6. Lebensjahrzehnt (vgl. Brill, W. et al. 1987). Verletzungen der

Kniescheibe sind überwiegend Folgen eines direkten Traumas, z.B. beim Anprall mit dem Knie gegen ein Hindernis, z.B. Armaturenbrett oder durch Stoß oder Schlag. Ersterer Mechanismus ist beim Motorsport, Rollschuhlaufen, Radfahren, Skiabfahrtslauf und volkstümlichem Schlittensport häufig, letzterer beim Fußball oder Reitsport. Smillie prägte 1954 den Begriff "dash board injury" (vgl. Smillie, I.S. 1954). Dabei sind die resultierenden Knorpelkontrusionen wegen ihrer Häufigkeit und der stets gegebenen Möglichkeit zur posttraumatischen Degeneration von großer praktischer Wertigkeit (vgl. Franke, K. 1986). In einer großen Sammelstatistik von 707 Patellafrakturen fand Nummi 40% Trümmerfrakturen, 36% Querfrakturen und 24% Längsfrakturen (vgl. Nummi, J. 1971). Die Verletzten klagen in der Regel über schmerzhafteste Bewegungseinschränkungen, die unmittelbar nach dem Sturz im Bereich der Kniescheibe auftreten. Neben der schmerzhaften Funktionseinschränkung vor allem bei den Streckbewegungen, werden häufig Prellmarken und Schwellungen beobachtet. Durch den Zug des M. quadriceps femoris kommt es häufig zu dislozierten Patellafrakturen mit einem tastbaren Frakturspalt. Bei nicht - dislozierten, radiologisch nicht sichtbaren Frakturen kann eine Aspiration des Hämarthros mit dem Nachweis von Fettkörperchen im Aspirat auf die Diagnosestellung hindeuten (vgl. Jerosch, J. Castro, H.M. 1999). In der Regel ist eine radiologische Untersuchung ausreichend. Mit Ausnahme der Patellalängsfraktur werden die Patellafrakturen auf der seitlichen Aufnahme dargestellt. Weiterhin wird die Sonographie empfohlen. Die Arthroskopie ist nur im Rahmen eines operativ-rekonstruktiven Eingriffes bei bekannter oder vermuteter Begleitverletzung sinnvoll. Als rein diagnostische Maßnahme ist sie nicht indiziert (vgl. Stürmer, K.M. 1999). Stabile nicht-dislozierte Frakturen können in der Regel nach initialer Kühlung und Ruhigstellung konservativ behandelt werden. Im Gegensatz zur früher üblichen sechswöchigen Immobilisation, versucht man heute nach einer kurzfristigen Ruhigstellung eine frühzeitige Mobilisation des Kniegelenkes bis zur Schmerzgrenze zu erreichen (vgl. Jerosch, J. Castro, H.M. 1999). Jede dislozierte Fraktur sollte operativ

versorgt werden. Entscheidend für die Langzeitprognose ist das Ausmaß des retropatellären Knorpelschadens. Bei exakter Reposition und stabiler Fixation ist die Prognose in der Regel gut. Nach erfolgter Ruhigstellung sollte das Knie frühzeitig mobilisiert werden, beispielsweise auf einer CPM - Motorschiene (vgl. Jerosch, J. Castro, H.M. 1999). Entsprechend der Schmerzsymptomatik ist isometrisches Krafttraining der Oberschenkelmuskulatur angezeigt. Die Fraktur sollte nach 6-8 Wochen konsolidiert sein. Komplikationen können sich mit der Herausbildung eines Streck- bzw. Beugedefizites bzw. einer Pseudoarthrose herausbilden (vgl. Trentz, O. Bühren, V. 2001). Exakte Angaben zu den Ergebnissen in der operativen Behandlung von Patellafrakturen lassen sich aus der Literatur nur mit Einschränkungen ableiten. Ergebnisse meist geringer Patientenzahlen (<50), können nur bedingt verallgemeinert werden (vgl. Wendl, K. et al. 2002). Torchia und Lewallen fassen die Ergebnisse aus 9 zitierten Studien zu durchschnittlich 85% sehr guten und guten Ergebnissen zusammen (vgl. Torchia, M.E., Lewallen, D.G. 1996). Die Datenlage zur operativen Behandlung der Patellafraktur sollte durch randomisierte Studien mit ausreichenden Patientenzahlen verbessert werden. Nur so können die Anforderungen an die evidenzbasierte Medizin erfüllt werden. (vgl. Wendl, K. et al. 2002).

2.) Verletzungen des Kniestreckapparates beinhalten die Quadrizepssehnenruptur, die Patellarsehnenruptur sowie die Patellaluxation. Der Streckapparat des Kniegelenkes hat wichtige dynamische, aber auch statische Funktionen. Knöcherner und ligamentärer Anteil des Streckapparates sind einer Reihe von typischen und zufälligen Sportverletzungen sowie Mikrotraumen ausgesetzt. Letztere beziehen sich vor allem auf das sehr störanfällige, weil stark beanspruchte Femoro - Patellargelenk. Beim Aufrichten lastet ein Druck von 1000 kg auf der Kniescheibe (vgl. Franke, K. 1986). Sehnenrisse im Bereich von Quadrizeps und Lig. patellae sind sehr selten und ereignen sich bei Absprüngen. Das bevorzugte Alter für die Quadrizepssehnenruptur liegt über dem 50. Lebensjahr, das für die Patellarsehnenruptur im 30.-50. Lebensjahr. Die Rupturen des Kniestreckapparates werden als

"Spontanruptur" eines vorgeschädigten Bandes verstanden (vgl. Wirth, C.J. et. al. 2001). Klinisch sind diese Verletzungen an der aufgehobenen aktiven Streckfähigkeit des Unterschenkels, dem Patellahochstand und der Diastase im Streckapparat zu erkennen (vgl. Franke, K. 1986). Anamnestisch wird von den Patienten ein "peitschenartiger" Schmerz im Kniebereich angegeben und die Unfähigkeit, sich auf dem verletzten Bein zu erheben. Die Indikation zu operativen Maßnahmen stellt sich bei frischen, kompletten Sehnenrupturen und bei veralteten Läsionen mit ausgeprägtem Funktionsausfall (Streckdefizit, Knieinstabilität) (vgl. Trentz, O. Bühren, V. 2001). Konservative Therapie ist nur dann Erfolg versprechend, wenn trotz nachgewiesener Ruptur des Kniestreckapparates oder einer Fraktur der Patella eine aktive Kniestreckung möglich ist. Das gelingt bei Quadrizepssehnenrupturen über den Reservestreckapparat. Die ruptierenden Bandenden der Patellarsehne werden durch den Zug des M. quadriceps femoris immer dehiszent. Die Patellaluxation ist als einmalige oder rezidivierende Verrenkung der Kniescheibe nach lateral definiert, d.h. es kommt zu einer Zerreißung des medialen Retinakulums. Verletzungen der Kniescheibe sind überwiegend Folgen eines direkten Traumas, z.B. beim Anprall mit dem Knie gegen ein Hindernis oder durch Stoß bzw. Schlag (vgl. Franke, K. 1986). Nach dem Erstereignis sollte immer eine Arthroskopie zur Beurteilung der Gelenkschäden (Knorpelfrakturen an der medialen Facette und am lateralen Femurkondylus ) durchgeführt werden. Durch die Schwäche des medialen Retinakulums nach der Erstluxation erfahren die Anlagefaktoren eine weitere prädisponierende Komponente, die das Rezidiv vorprogrammiert (vgl. Trentz, O. Bühren, V. 2001). Die akute Patellaluxation muss sofort reponiert werden. Unabhängig, ob ein knöcherner Ausriss an der medialen Patellakante oder lediglich eine Lngsruptur des medialen Retinakulums besteht, erfolgt die Ruhigstellung des Beins im Oberschenkelgipstutor für mindestens drei Wochen. Anschließend ist besonderer Wert auf krankengymnastisches Training des M. vastus medialis zu legen (vgl. Wirth, C.J. et.al. 2001). Es besteht eine hohe Rezidivrate nach Erstluxation.

3.) Kapsel – Band - Läsionen umfassen das ganze Spektrum von der veralteten posttraumatischen Lockerung eines Bandes über das ganze Kapsel – Band - Kompartimente bis hin zum "Schlottergelenk". Knieluxationen und kombinierte Bandverletzungen sind meist Folge eines Hochrasanztraumas. Für die Zunahme dieser Verletzung wird eine steigende Motorisierung verantwortlich gemacht (vgl. Bartel, M. et al. 1967). Am häufigsten wird sie als Folge von Verkehrsunfällen (Auto, Motorrad, Fußgänger gegen Auto) berichtet. 1997 beschreibt Wascher et al. bei 50 Knieluxationen 40 als Folge eines Hochrasanztraumas, 37 als Folge eines Verkehrsunfalls und 3 als Folge eines Sturzes aus großer Höhe (vgl. Wascher, D.C. et al. 1997) Die Zahl der Kniegelenkverletzungen im Sport beträgt 15-30% aller Verletzungen. In 30-85% ist dabei das vordere Kreuzband betroffen. Das vordere Kreuzband ist etwa 5-10 Mal häufiger geschädigt als das hintere. Das Innenband hat eine höhere Verletzungsquote gegenüber dem Außenband von etwa 15:1 (vgl. Wirth, C.J. et. al. 2001). Ursache ist in der Regel ein vorausgegangenes Verdrehtrauma des Kniegelenkes mit Drehung, Teilruptur oder vollständiger Ruptur einzelner oder mehrerer Kapsel-Band-Abschnitte. Häufigster Unfallmechanismus ist das Valgus – Flexions - Außenrotationstrauma im Sport (Fußball, Ski) mit der typischen Kombination einer Ruptur des Innenbandes, der dorsomedialen Kapselschale unter Miteinbeziehung des Innenmeniskushinterhornes und des vorderen Kreuzbandes (vgl. Wirth, C.J. et. al. 2001). Es gibt keine einheitliche Klassifikation der Kniebandverletzungen und der Kniebandstabilitäten. Hauptsymptome der frischen Kapsel-Band-Verletzung des Kniegelenkes sind die Knieschwellung, die Schonhaltung in leichter Kniebeuge, der Muskelspasmus und die Abwehrhaltung, wenn eine Kniebewegung verursacht wird. Der ältere Kapsel-Band-Schaden äußert sich durch das Instabilitätsgefühl und die Schwellneigung. Die Instabilität führt meist zur völligen Sportaufgabe. Die Stabilitätsprüfung untersucht pathologische Beweglichkeiten des betroffenen Kniegelenkes. Röntgendiagnostisch notwendig sind Aufnahmen des Kniegelenkes in zwei Ebenen und Patella tangential. Es ist vor allem auf knöcherne Bandausrisse der

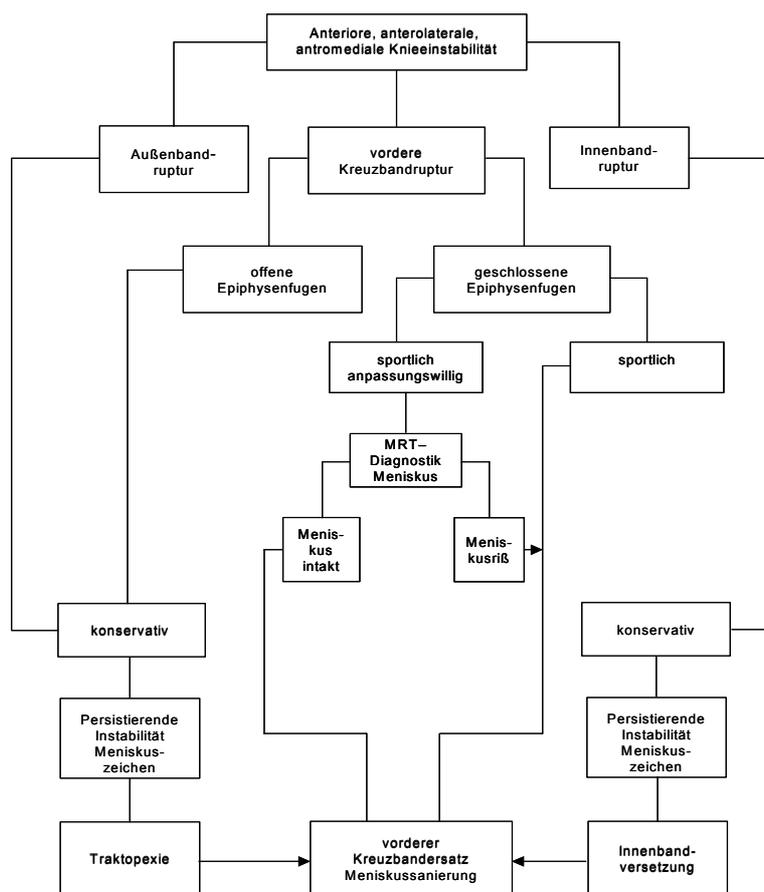
Tuberositas tibiae zu achten. Während für den rupturierten medialen und lateralen Kapsel-Band-Apparat sowie das gerissene hintere Kreuzband eher konservative Therapie bevorzugt wird, gibt es in der Literatur über die Behandlung frischer vorderer Kreuzbandrupturen, verschiedene Therapieansätze. Wichtigste Ziele der Weiterbehandlung nach der operativen Versorgung von frischen und veralteten Kniebandinstabilitäten sind die Wiederherstellung der Kniebeweglichkeit, die volle Belastbarkeit des Kniegelenkes und die Wiederherstellung der muskulären Gelenkführung. Hierzu wurden frühfunktionelle Weiterbehandlungsschemata entwickelt, die die sofortige postoperative Vollbelastung des Kniegelenkes ohne Bewegungslimitierung verlangen (vgl. Wirth, C.J. et. al. 2001).

Obwohl die definitive Behandlung der kombinierten Bandverletzungen des Kniegelenkes ein noch ungelöstes Problem darstellen, seien hier einige Behandlungsprinzipien angeführt:

- Bei mehrfachverletzten Patienten mit auffälliger Knieinstabilität sollte an eine stattgehabte Knieluxation gedacht werden.
- Die Erhebung des neurovaskulären Zustandes ist in regelmäßigem Abstand nötig.
- Bei Auffälligkeiten bezüglich der Durchblutungssituation ist die Indikation zur Angiographie großzügig zu stellen. Es darf keine zeitliche Verzögerung auftreten.
- Bei Gefäßverletzungen ist ein V. –saphena – magna - Interponat der Gegenseite innerhalb der 6-8-h-Grenze die Behandlung der Wahl, einschließlich einer Kompartmentspaltung.
- Im Intervall wird eine weiterführende Diagnostik mittels MRT zur Evaluierung der intraartikulären Verletzungen (Meniskus, Knorpel) vorgenommen.
- Intraoperativ erfolgt eine bildwandlerunterstützte Narkoseuntersuchung zur Differenzierung der

Bandverletzungen.

- Die weitere Therapie der Bandverletzungen sollte vom Patientenprofil (Alter, Gesundheits- und Allgemeinzustand, Beruf, sportliche Betätigung und Patientenwunsch) durchgeführt werden.
- Eine frühfunktionelle Nachbehandlung ist dringend angezeigt (vgl. Ost, W. et al. 2002).



**Abbildung 06:** Flussdiagramm zum Behandlungskonzept der anterioren, der anterolateralen und der anteromedialen Knieinstabilität (Abbildung aus Wirth 2001)

4.) Eine Meniskusläsion ist eine Kontinuitätsunterbrechung von Meniskusgewebe, eine Degeneration von Meniskusgewebe oder eine Kombination von beidem, wobei verschiedenen Lebensaltern typische Läsionen zugeordnet werden können (vgl. Leitlinien der Orthopädie

1999). Meniskusschäden finden sich häufiger bei Männern als bei Frauen (Verhältnis 2:1). Der Innenmeniskus ist 3-mal häufiger verletzt als der Außenmeniskus. Dabei ist das Hinterhorn des Innenmeniskus in etwa 50% der Läsionen betroffen, am Außenmeniskus ist zumindest die Pars intermedia lädiert. Lediglich 8% der Meniskusrisse sind primär traumatisch. 40% entstehen sekundär traumatisch, 50% entstehen degenerativ (vgl. Wirth, C.J. et. al. 2001). Es besteht ein hohes Maß an diagnostischer Schwierigkeit bei der Abklärung von posttraumatischen oder überlastungsbedingten Kniegelenkbeschwerden. Kombinierte Läsionen von Menisken, Gelenkknorpel, fibröser Kapsel, Seiten- und Kreuzbänder sind so häufig, dass bei der klinischen Untersuchung und auch bei der chirurgischen Therapie immer daran gedacht werden sollte (vgl. Franke, K. 1986). Ursache der Meniskusläsion ist auf der einen Seite die schicksalmäßige Meniskusdegeneration entsprechend dem Alterungsprozess anderer Bindegewebsysteme bzw. eine Gewalteinwirkung, die in ihrer Intensität umgekehrt proportional dem Degenerationsausmaß zur Rissbildung führt. Hierbei kann es sich um ein einmaliges Trauma (meist Sport) oder um eine chronische Fehlbelastung (z.B. im Beruf) handeln. Die Kontinuitätstrennung des Meniskus löst reparative Vorgänge aus. Diese äußern sich histologisch in einer Faserverquellung und Strukturauflockerung etwa eine Woche nach dem Unfallereignis. 4-6 Wochen nach dem Unfall zeigen sich Knorpelzellwucherungen und Verflüssigungsnekrosen. Typisch für einen Meniskusriss sind plötzlich einschließende Schmerzen in das Kniegelenk bei bestimmten Bewegungen (Verdrehung, Aufrichten aus tiefer Hocke), verbunden mit einer schmerzhaften Bewegungseinschränkung des Kniegelenkes bis zur Gelenkblockade. Die Untersuchungstechnik zur Diagnostik eines Meniskusschadens basiert auf der Auslösung von Schmerzen am Gelenkspalt durch Druck oder Zug, von Rotation oder Scherung (vgl. Wirth, C.J. et. al. 2001, Trentz, O. Bühren, V. 2001, Leitlinien der Orthopädie 1999). Mit Hilfe der Kernspintomographie wird eine sehr hohe Aussagekraft auch bezüglich nicht sichtbarer Schäden im Meniskuskörper erreicht. Es erfolgt eine Schadensklassifizierung von Grad 0 bis Grad IV. Die

Arthroskopie erlaubt eine direkte Betrachtung und Palpation der Strukturen des Gelenkinnenraumes. Sie ist aufgrund der gleichzeitig möglichen Reparaturmaßnahmen der Kernspintomographie überlegen (vgl. Wirth, C.J. et. al. 2001). Bezüglich der Therapieprinzipien gilt, Meniskusrefixation geht vor Meniskusresektion, d.h. Meniskusgewebe sollte möglichst erhalten bleiben (vgl. Trentz, O. Bühren, V. 2001). Unter konservativer Therapie können lediglich kleine, stabile Längsrisse im Bereich der durchbluteten Meniskusansatzzone durch Vernarbung ausheilen. Die operative Therapie ist bei nachgewiesener Meniskusschädigung und entsprechender Symptomatik angezeigt. Nach arthroskopischer Meniskusteilresektion ist bereits am ersten postoperativen Tag ohne weitere Schutzmaßnahmen am Knie unter Thromboseprophylaxe entsprechende Belastung möglich. Die Krankengymnastik wird mit dem Ziel des Quadrizepstrainings durchgeführt. Die Prognosen sind z.B. nach Meniskusteilentfernungen gut, sind aber stark nach der individuellen Komplexität der Verletzung abhängig. Auf lange Sicht ist jedoch mit der Entwicklung einer Arthrose zu rechnen (vgl. Wirth, C.J. et. al. 2001).

5.) Tibiakopffrakturen entstehen durch Stauchung, Translation bzw. Varus/Valgusverbiegung. Es handelt sich um Frakturen im oberen Tibiadrittel, mit meist bis ins Kniegelenk reichendem Frakturspalt. Bei etwa 20-30% wird eine Kombination mit Kniebandverletzungen diagnostiziert. Ebenfalls gehäuft kommen diese Frakturen gepaart mit Meniskusverletzungen vor. Unter <<komplexen Tibiafrakturen>> werden Verletzungen des Kniegelenkes summiert, die zusätzlich zur intraartikulären Fraktur Läsionen der kapsuloligamentären Strukturen, der Menisken, des Weichteilmantels (geschlossener oder offener Weichteilschaden), der Blutgefäße und/oder der Nerven aufweisen. Durch die systematische Erfassung und Gewichtung der Teilläsionen muss ein Gesamtbild der Verletzung gewonnen werden, dass nicht durch einfache Addition der einzelnen Anteile erreicht wird (vgl. Ballmer, F.T. Nötzli, H.T. 1998). In der Literatur findet sich keine einheitliche Definition der komplexen Tibiafraktur, entsprechend schwierig ist der Vergleich der Häufigkeit von Verletzungsmustern und therapeutischen

Empfehlungen. Es ist der Verdienst von T.M. Moore, auf die Tibiakopfluxationsfraktur hingewiesen und eine entsprechende Klassifikation geschaffen zu haben. Aus über 1000 Frakturen des Tibiakopfes konnte er mittels Röntgenstressaufnahmen in zwei Ebenen 132 Frakturen identifizieren und in 5 Typen einteilen, die alle durch eine markante Gelenkinstabilität mit hoher Inzidenz von ligamentären und neurovaskulären Verletzungen charakterisiert sind (vgl. Moore, T.M. 1981). Die Anamnese ist wichtig zur Abschätzung der Unfallenergie und Erkennung transitorischer Perfusionsstörungen. Die klinische Untersuchung umfasst den geschlossenen und offenen Weichteilschaden, die Zirkulation und Sensomotorik des betroffenen Beines. In der Notfallsituation können gegebenenfalls ohne Zeitverlust eine Doppleruntersuchung und/oder Unterschenkelkompartiment - Druckmessungen durchgeführt werden. Die Prüfung der Bandstabilität ist frakturbedingt nicht möglich bzw. aussagekräftig (vgl. Ballmer, F.T. Nötzli, H.T. 1998). Die bildgebende Diagnostik sollte bei diesen komplexen Verletzungen immer mit einer Computertomographie oder Kernspintomographie ergänzt werden. Das wichtigste therapeutische Ziel besteht in der korrekten Wiederherstellung der Beinachse, in der Prophylaxe sekundärer Achsabweichungen sowie Wiederherstellung der Gelenkflächen. Konservative Therapie ist bei nichtdislozierten, stabilen Frakturen mit geringen Impressionen (bis 2mm) angezeigt. Eine Indikation für eine operative Therapie liegt bei allen dislozierten Tibiafrakturen vor. Die Verfahrenswahl ist abhängig von Frakturtyp und Begleitschaden.

Ein allgemein gültiger OP -Nachbehandlungsalgorithmus kann wegen der Komplexität dieser speziellen Verletzungen nicht aufgestellt werden, sondern muss einem prioritätsbezogenen logischen Konzept folgen.

Neben der Tromboseprophylaxe wird nach entsprechender Abschwellung, Schmerzreduktion und gesicherter Wundheilung eine passive Mobilisierung mittels Motorschiene (Bewegungsausmaß 10-80°) sowie beschwerdeorientierte aktive Übungsbehandlung empfohlen.

Primäres Ziel ist die volle Streckfähigkeit. Die Prognose ist wesentlich vom Schweregrad der Fraktur sowie möglichen Begleitverletzungen abhängig (vgl. Trentz, O. Bühren, V. 2001).

6.) Bei der Unterschenkelschaftfraktur handelt es sich um eine proximale Unterschenkelfraktur ohne Kniegelenkbeteiligung bis hin zur distalen Unterschenkelfraktur ohne Sprunggelenkbeteiligung (vgl. Trentz, O. Bühren, V. 2001). Aufgrund der geringen Weichteildeckung, insbesondere am medialen Anteil der Tibia, handelt es sich um einen großen Anteil offener Frakturen. Typischerweise kommen Unterschenkelfrakturen im Rahmen von Verkehrsunfällen vor. Bei so genannten Stoßstangenunfällen reißt der Knochen auf der Konvexseite und auf der Konkavseite wird ein Biegungskeil ausgeschert. Beim Sport werden sie besonders beim alpinen Skifahren, Reiten oder im Rahmen von Mannschaftssportarten wie Fußball, Eishockey, Rugby oder American Football beobachtet (vgl. Jerosch, J. Castro, H.M. 1999). Hinter den Tibiafrakturen treten hinsichtlich ihrer statischen Bedeutung die Fibulafrakturen zurück. Sind beide Unterschenkelknochen gebrochen, spricht man von einer kompletten Fraktur. Eine intakt gebliebene Fibula oder ein schneller knöchern konsolidierender Wadenbeinbruch kann gelegentlich als "Sperrknochen" die Frakturheilung der Tibia verzögern. Eine entsprechende Klassifikation erfolgt für die einfachen Frakturen, Keilfrakturen und Komplexfrakturen sowie die offenen Frakturen inklusive des frakturbegleitenden Weichteilschadens (vgl. Stürmer, K.M. 1999). Die Diagnose der Verletzung ergibt sich aus den klinischen Hinweisen auf einen Knochenbruch. Letzten Aufschluss hinsichtlich des Frakturtyp und -ausmaß vermittelt das Röntgenbild in zwei Ebenen unter Einschluss der benachbarten Gelenke (vgl. Franke 1986). Die operative Versorgung gilt als Regelbehandlung. Zu nicht operativen Behandlungen eignen sich in der Regel Brüche ohne wesentliche Weichteilverletzungen, z.B. nicht dislozierte, stabile Brüche (vgl. Stürmer, K.M.1999). Bei der konservativen Therapie werden in der Literatur generell ein größeres Ausmaß von Achsabweichungen sowie verzögerte Frakturheilungen beschrieben. Es wird von 22% berichtet, davon 7,5° Varus- bzw.

Valgusdeformität (vgl. Sarmiento, A. et al. 1967). Waren nach Ergebnissen von Muhr bereits nach 7 Monaten 77,6% der Patienten wieder arbeitsfähig, konnten in der prospektiven Vergleichsstudie von Hooper et al. bereits nach 3,5 Monaten die osteosynthetisch versorgten Patienten ihre Tätigkeit aufnehmen, die konservativ behandelten Patienten erst nach 6 Monaten (vgl. Muhr, G. 1992 et Hooper, G. J. et al. 1991). Die Prognose ist wesentlich vom Weichteilschaden abhängig. Komplikationen können z.B. durch eventuelle Gefäß-Nerven-Schäden, Pseudoarthrose oder ein Kompartmentsyndrom auftreten. An begutachtungsrelevanten Folgebeeinträchtigungen nach konservativer Behandlung von Unterschenkelschaftfrakturen sind u.a.

- Achsabweichungen
- Beinverkürzungen
- Funktionseinschränkungen der angrenzenden Gelenke mit konsekutiver Muskelminderung und
- Pseudoarthrose zu nennen (vgl. Ditzen, W., Börner, M. 2002).

7.) Bei der distalen intraartikulären Tibiafraktur handelt es sich um eine Verletzung der distalen Tibia unter Beteiligung der Gelenkfläche. Sie wird auch als Pilon-tibial-Fraktur bezeichnet. Die Verletzungsursachen der Stauchung der distalen Tibia liegen z.B. in der Hochrasanzeinwirkung beim Motorradsturz oder bei der PKW - Frontalkollision. In 25% der Frakturen handelt es sich um offene Frakturen, bei ca. 50% der Fälle besteht ein 2.-3.gradiger Weichteilschaden. Die klinische Symptomatik ist meist von einer ausgeprägten Weichteilschwellung, Schmerzen sowie Fehlstellungen geprägt. Weiterhin sind begleitende Nerven- und Gefäßschäden möglich. Die operative Nachbehandlung erfolgt durch die Anlage einer Gipsschiene bis zur Wundheilung. Neben der medikamentösen Thromboseprophylaxe sollten aktive Bewegungen ohne Einschränkungen, passive Dehnungen des oberen und unteren Sprunggelenkes unter Anwendung abschwellender und schmerzlindernder Techniken, erfolgen. Eventuelle Komplikationen

können besonders durch Wundheilungsstörungen, Infektionen, verzögerte Frakturheilung bzw. Varus/Valgusfehlstellung  $>5^\circ$ , auftreten. In etwa 65% ist von einem guten bis sehr guten Endresultat und in 25% von einem schlechten Endresultat auszugehen (vgl. Trentz, O. Bühren, V. 2001).

### **2.2.3 Unfallverletzungen der Knöchelregion und des Fußes**

#### **2.2.3.1 Passiver und aktiver Bewegungsapparat der Knöchelregion und des Fußes**

#### **2.2.3.2 Anatomie und Arbeitsweise von Gelenken-, Bändern und Muskeln**

Dadurch, dass Unterschenkel und Fuß rechtwinklig gegeneinander abgeknickt sind, entsteht ein Winkelhebel, der in erster Linie der Fortbewegung dient. Man unterscheidet Fußwurzel (Tarsus), Mittelfuß (Metatarsus) und Zehen (Phalanges). Jeder Zehenstrahl setzt sich aus drei Elementen zusammen, die durch Scharniergelenke miteinander verbunden sind (Grund-, Mittel- und Endphalanx). Das Knochengestüst des Fußes bildet zahlreiche Gelenke. In der Fußwurzel sind alle Gelenke zu Amphiarthrosen geworden, die z.T. durch Zwischenknochenbänder (Ligg. interossea) fest verspannt sind. Die Grundgelenke der Zehen stellen Kugelgelenke dar, die übrigen Zehengelenke sind Scharniergelenke. Diese spezielle Form der Talusrolle (vorn etwas breiter als hinten) ist dafür verantwortlich, dass der Fuß trotz kräftiger Bandverbindungen im oberen Sprunggelenk nicht starr bleibt. Die Bandstrukturen geben dem Sprunggelenk die notwendige laterale Stabilität, die bei extremen Bewegungen notwendig ist und funktionieren dabei als Einheit. Die Sicherheit und Stabilität im Sprunggelenk wird nicht nur durch die medialen und lateralen Kollateralbänder gesichert, sondern auch durch Bänder, die zum Syndesmosis tibiofibularis gehören. Die Muskulatur spielt bei der Vorbeugung von Sprunggelenksverletzungen als auch bei der Rehabilitation nach Verletzungen eine entscheidende Rolle. Die Muskulatur, die das Sprunggelenk überspannt, unterstützt die

Bandstrukturen in der Stabilität des Sprunggelenks. Es sind vor allen Dingen jene Muskelgruppen anzuführen, die anterior (M. tibialis anterior) bzw. posterior (M. gastrocnemius) zum Sprunggelenk liegen und die Dorsalextensions- bzw. Plantarflexionsbewegungen ausführen. Unterstützung erhalten diese Muskeln in den verschiedenen Fußbewegungen von der medialen und lateralen Muskulatur (vgl. Mack 1982).

### **2.2.3.3 Schädigungsmechanismen der Knöchelregion und des Fußes durch Verkehrs- bzw. Sportunfälle und Erstversorgung durch den Arzt**

Die oben beschriebene anatomische und muskuläre Integrität der Knöchelregion und des Fußes wird durch äußere Gewalteinwirkung erheblich gestört und eine Limitation der Motorik hervorgerufen. Im Bereich Verletzungen der Knöchelregion und Fuß werden im ICD-10 entsprechende Klassifikationen vorgenommen (vgl. Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information <http://www.dimdi.de/germ./klassi/ls-klassi.htm>) (Anhang: Verletzungen der Knöchelregion und des Fußes S90-S99). Aufgrund der durch die Haftpflichtversicherer zur Verfügung gestellten Unterlagen, soll die Betrachtung auf folgende Verletzungsbilder beschränkt bleiben:

- 1.) Achillessehnenriss
- 2.) Malleolarfraktur
- 3.) Bänderriss am oberen Sprunggelenk
- 4.) Talusfrakturen
- 5.) Fersenbeinfraktur
- 6.) Verletzungen in der Chopart-/Lisfranc-Gelenklinie

1.) Achillessehnenrisse zählen zu den häufigsten Sportverletzungen, sie können komplett oder inkomplett sein. Bei der kompletten Ruptur der Achillessehne ist die Rupturstelle vom Untersucher als Delle tastbar (vgl. Jerosch, J. Castro, H.M. 1999). Im schlecht vaskularisierten Areal

der Achillessehne, 2-6cm von ihrem Ansatzpunkt, liegt die Prädikationsstelle für die Ruptur. Seltener kommt die Ruptur am Übergang vom Muskel zur Sehne vor. Degenerative oder entzündliche Sehnen- und Peritendineumveränderungen (Achillodynie) sowie mechanische Überbeanspruchungen und wiederkehrende Traumen sind pathogenisch wirksam. Männer zwischen dem 30. und 50. Lebensjahr sind bevorzugt betroffen (vgl. Wirth, C.J. et. al. 2001). Achillessehnenrupturen treten vorwiegend auf beim Fußball, Handball, Volleyball, Basketball, Tennis, Squash, Badminton und bei der Leichtathletik. Im Augenblick der Ruptur kommt es zu schlagartig einsetzenden Schmerzen. In vielen Fällen wird zusätzlich ein Knall beschrieben. Nach dem Nachlassen der Akutbeschwerden klagen die Verletzten in der Regel über Funktionsausfälle. Die Plantarflexion des Fußes sowie der Zehenstand sind meist nicht durchführbar. Der Achillessehnenreflex ist ausgefallen, die Prüfung ist in der Regel sehr schmerzhaft. Beim Wadenkompressionstest nach Thomson gilt eine fehlende Plantarflexion des Fußes als Hinweis auf eine Verletzung der Achillessehne. Zum Ausschluss eines knöchernen Ausrisses am Kalkaneus sollte eine Röntgenuntersuchung des Fersenbeines in zwei Ebenen durchgeführt werden. Durch eine zusätzliche Sonographie kann die Rupturstelle als Lücke dargestellt werden und es ist die Distanz der Sehnenenden messbar (vgl. Trentz, O. Bühren, V. 2001). Therapeutisch ist die Ruhigstellung im Spitzfußgips ( $15^\circ$ ) für 6 Wochen bei Partialrupturen eine mögliche Methode. Bei aktiven Patienten oder Komplettrupturen ist ein operatives Vorgehen angezeigt (vgl. Wirth, C.J. et. al. 2001). Knöcherne Abrisse am Kalkaneus können durch Verschraubung übungsstabil fixiert werden. Postoperativ stellt man zur Entlastung der Sehne das obere Sprunggelenk, häufig unter Miteinbeziehung des Kniegelenkes, für 3-4 Wochen in  $30^\circ$  Spitzfußstellung ruhig. Anschließend ist eine weitere 2wöchige Ruhigstellung mit einem Unterschenkelgehgips in Neutralstellung angezeigt, nach dessen Entfernung Physiotherapie zur Wiedergewinnung des vollen Bewegungsausmaßes sowie anschließend Medizinische Trainingstherapie durchgeführt werden muss. Die

Belastbarkeit wird in der Regel nach ca. 3 Monaten erreicht. .Mit einer Reruptur ist nur etwa bei 2% der Fälle zu rechnen. Weiterhin kann eine Einschränkung der Sprunggelenk-Beweglichkeit, Narbenirritationen bzw. Schäden des N.-suralis eintreten (vgl. Trentz, O. Bühren, V. 2001).

2.) Als Malleolarfraktur wird der Bruch eines oder beider (>>bimalleoläre Fraktur<<) Fußknöchel; meist als geschlossene Luxationsfraktur mit Sprungbeinverrenkung im Talokruralgelenk und mit Zerreißung bzw. Ausriss der Knöchelbänder, eventuell auch der Syndesmosis tibiofibularis, bezeichnet (vgl. Roche 1999). Die Ursache der Verletzung besteht meist in einer indirekten Gewalteinwirkung mit einem Umknicken des Fußes nach außen oder innen und gleichzeitigem Verdrehungsmechanismus (vgl. DGOT Leitlinien 1999). Die klinische Diagnostik bezieht sich auf die Inspektion durch die Beurteilung von Schwellung, Hämatom; ggf. von Kontrusionsmarken, offenen Verletzungen und Deformierungen sowie die Palpation, z.B. die Feststellung von lokalem Druckschmerz. Weiterhin sind Funktions- und Schmerztests zur Beurteilung der Belastungsfähigkeit, der Bewegungseinschränkung sowie von Durchblutung, Motorik und Sensibilität, durchzuführen. Die notwendige apparative Diagnostik konzentriert sich auf das Röntgen des Sprunggelenkes in zwei Ebenen. Im Einzelfall können auch Computertomographie, Arthrographie bzw. Sonographie sinnvoll sein (vgl. DGOT Leitlinien 1999). Das therapeutische Ziel besteht in der exakten Wiederherstellung der Kongruenz der Knöchelgabel sowie in der korrekten Positionierung der Fibula in der Incisura fibulae der Tibia (vgl. Trentz, O. Bühren, V. 2001). Eine Stufenbildung in der Gelenkfläche und eine Inkongruenz der Knöchelgabel können zu einer Arthrose führen, daher ist eine exakte anatomische Rekonstruktion erforderlich. Für die Funktion der Knöchelgabel ist die optimale Wiederherstellung des Syndesmosen-Komplexes von hoher Bedeutung. Indikationen für eine konservative Therapie sind nichtdislozierte Frakturen ohne Syndesmosenruptur sowie nichtdislozierte Innenknöchelfrakturen ohne Syndesmosenruptur. Nach der Reposition der Fehlstellung wird eine Ruhigstellung im gespaltenen und gepolsterten Unterschenkelliegegips mit

entsprechender Hochlagerung empfohlen. Die operative Therapie ist bei allen dislozierten, verkürzten oder rotierten Knöchelfrakturen mit dem Ziel der Übungsstabilität der Osteosynthese angezeigt. Nach Abklingen der fraktur- und operationbedingten Schwellung sollte die aktive Übungsbehandlung unter Teilbelastung möglich sein. Die volle Belastungsfähigkeit operativ stabilisierter Frakturen wird in der Regel nach der 6. Woche erreicht. Die Metallentfernung erfolgt frühestens nach 4-6 Monaten. Die Prognose ist vor allem vom Schweregrad der Fraktur, vom erzielten Repositionsergebnis und von den Nebenverletzungen abhängig. Schlechte Resultate sind bei offenen Frakturen und auch bei traumatischen Knorpelschäden zu erwarten. Bei einer schmerzhaften posttraumatischen Arthrose kann bei Therapieresistenz nach Ausschöpfen aller konservativen Maßnahmen eine Arthrodesse des Oberen Sprunggelenkes angezeigt sein (vgl. DGOT Leitlinien 1999).

3.) Bänderrisse am oberen Sprunggelenk betreffen als Struktur die Ruptur des Lig. fibulotalare anterius, fibulocalcaneare und fibulotalar posterius (selten)-isoliert oder in Kombination, die Ruptur des Syndesmosenbandes und die Ruptur des Innenbandes. Die Außenbandverletzung am Sprunggelenk stellt die häufigste Verletzung im Sport und die häufigste Bandverletzung im Laufsport dar. Entstehungsmechanismus beim Laufen ist häufig ein Stolpern oder Umknicken der Sprunggelenke nach außen infolge einer zu weit fortgeschrittenen Muskelermüdung. Folge dieses Umknickens nach außen mit dem oberen Sprunggelenk (Supinationstrauma) kann im einfachsten Fall die Überdehnung der Sprunggelenkkapsel mit eventueller Zerreißung oberflächlicher Kapselblutgefäe und entsprechender Schwellung aufgrund eines Hämatoms oder aber die Zerreißung des Kapselbandapparates sein. Eine seltenere Verletzung beim Umknicken mit dem Sprunggelenk nach innen (Pronationstrauma) stellt die Innenband- oder Deltaverletzung am Innenknöchel dar (vgl. Haaker 1998). Die Frage nach einer operativen oder konservativen Therapie der Außenbandverletzungen wird nach wie vor in der Literatur kontrovers diskutiert. Studien zur Heilung von Kollateralbndern haben

ergeben, dass die Bandheilung unter funktioneller Belastung und bei Vermeidung einer Zugbeanspruchung durch Orthese sicher heilbar ist. Für Verletzte, die sportlich aktiv sind, empfiehlt sich auch heute noch die Operation. Die konservative Behandlung bringt keinen Zeitgewinn, da eine konsequente Ruhigstellung für 4-6 Wochen erforderlich ist. Komplikationen können sich in Form anhaltender Belastungsschmerzen im Sinne eines vorderen Sprunggelenkimpingments oder anhaltender Bandinstabilität mit der Folge der Umknickneigung ergeben (vgl. Haaker 1998).

4.) Bei der Diagnostik der Talusfraktur steht die Frage nach dem Unfallmechanismus bei axialer Belastung im Sprunggelenk, die Bewegung in Dorsal Extension und Inversion angenommen, im Vordergrund. Häufig entsteht sie durch ein heftiges Trauma, bedingt durch Sturz aus größerer Höhe oder Fußsinklemmung beim Auffahrunfall (vgl. Jerosch, J. Castro, H.M. 1999). Je nach Intensität und Dauer der Gewalteinwirkung kommt es zur Luxation im Subtalargelenk und zur Mitfraktur des Innenknöchels und des Fersenbeines. Neben Schwellung und Hämatombildung kommt es in der Regel zu einer schmerzhaft eingeschränkten Beweglichkeit im oberen Sprunggelenk. Bezüglich der Nekrosegefahr werden Talusfrakturen nach Marti und Weber in vier verschiedene Typen eingeteilt (vgl. Jerosch, J. Castro, H.M. 1999). Wird die Fraktur in der Tat übersehen, ergeben sich oft langwierige und therapieressistente Krankheits- und Rehabilitationsverläufe, die in schlimmen Fällen zu schweren Degenerationen im subtalaren Gelenk führen. Frakturen des lateralen Talusprocessus werden oft von Verletzungen der Gelenkflächen und bei schweren Traumata auch von Knorpeldefekten im Bereich der posterioren calcanearen Gelenkflächen begleitet (vgl. Boon, A.J. et. al. 2001). Bei allen dislozierten Frakturen ist ein operatives Vorgehen empfohlen. Ziel ist die stufenfreie Wiederherstellung und Kongruenz der Gelenkflächen. Als Nachbehandlung sollte eine Ruhigstellung für eine Woche im Gipsschienenverband erfolgen. Die empfohlene Entlastungszeit beträgt je nach Frakturtyp 6-12 Wochen. Die Prognose und das Eintreten eventueller Komplikationen sind abhängig vom

Frakturtyp. Zentrale Frakturen haben ein hohes Risiko einer aseptischen Nekrose, periphere Frakturen allenfalls ein lokales Arthroserisiko (vgl. Trentz, O. Bühren, V. 2001).

5.) Fersenbeinfrakturen entstehen meist durch Stürze aus größeren Höhen, beispielsweise im Rahmen von Arbeits- oder Sportunfällen. Die hierdurch bedingte axiale Stauchung führt in der Regel zu einer Kompressionsfraktur des Kalkaneus durch den härteren Talus. Nicht selten sind beide Fersenbeine betroffen. Die Beweglichkeit im unteren und bisweilen auch oberen Sprunggelenk ist schmerzhaft eingeschränkt. Druckschmerz, Kompressionsschmerz und Fersenbeinschmerz sind weiterhin typisch. Im Falle einer Entenschnabelfraktur (knöcherner Achillessehnenauriss) ist der Zehenspitzenstand auf der betroffenen Seite nicht durchführbar. Die Kalkaneusfrakturen mit Gelenkstufenbildung und Entenschnabelverletzungen stellen immer eine Operationsindikation dar. Eine operative Versorgung bei nichtdislozierten oder gering dislozierten Frakturen, ist nicht erforderlich. Wichtig ist der Ausschluss eines Kompartment-Syndroms im Fußbereich. Klinisch äußert sich dieses häufig in Form von Sensibilitätsstörungen an den Zehenbeugeseiten mit Beugestellung im Großzehengrundgelenk. Postoperativ ist eine funktionelle Nachbehandlung erforderlich, jedoch keine Belastungsstabilität gegeben. Die Prognose ist abhängig vom Schweregrad der Verletzung.

6.) Verletzungen in der Chopart-/Lisfranc-Gelenklinie treten am häufigsten bei polytraumatisierten Patienten auf. Deshalb werden sie auch häufig übersehen oder die Schwere der Verletzung unterschätzt. Die Chopart - Gelenklinie umfasst das Gelenk zwischen dem Talus und Navikulare sowie das Gelenk zwischen Kalkaneus und Kuboid. Die Lisfranc - Gelenklinie umfasst die Tarsometatarsalgelenke zwischen Cuneiformia I-III und Kuboid einerseits und der Basis der Metatarsalia I-V andererseits. Bei der Entstehung der Frakturen der Fußregion beim PKW-Unfall werden unterschiedliche Verletzungsmechanismen diskutiert. Dabei werden vor allem die vorderen Sitzpositionen und der Frontalcrash als wesentlicher Fußverletzungsmechanismus evaluiert.

Therapeutisch ist bei allen dislozierten Verletzungen eine geschlossene Reposition anzustreben. Ist eine geschlossene Retention durch einen Gipsverband nicht möglich, so ist im Rahmen der Polytraumaversorgung, zum frühestmöglichen Zeitpunkt, zu operieren. Nach der Operation erfolgt die Anlage einer Unterschenkel-Gipsschiene bis zur Wundheilung. Nach Gipsentfernung und Entfernung der Drähte ist eine zunehmende Belastung in Form von Krankengymnastik zu empfehlen. Die Prognose hängt von der Schwere der Verletzung sowie vom Behandlungsbeginn ab. Die Verletzungen der Chopart-Linie haben eine bessere Prognose als die Verletzungen im Lisfranc - Bereich. In 30-50% der Fälle kann eine überwiegend stehende Tätigkeit oder schwere körperliche Arbeit nicht mehr verrichtet werden.

## **2.3 Biomechanische Grundlagen und deren Normproblematik**

### **2.3.1 Biomechanik in der Orthopädie und Traumatologie.**

Die Biomechanik ist die Lehre von der Wirkung der Kräfte auf biologische Systeme. Das biologische System, mit dem sich die Orthopädie und deren angrenzende Fachgebiete befassen, ist das Muskel-Skelett-System. Grundsätzlich geht es in der Biomechanik um eine sinnvolle Darstellung der menschlichen Bewegung, d.h., um die Reduktion der Komplexität des menschlichen Bewegungsapparates auf aussagefähige Komponenten. Der Mensch als Zielobjekt einer biomechanischen Betrachtung unter biowissenschaftlichem Ansatz, kann unter folgenden Aspekten betrachtet werden: Bezüglich seines Verhaltens: a. Funktionsprozesse beschreiben zum einen das Zusammenwirken innerer und äußerer Kräfte (Biodynamik) und zum anderen werden Vorgänge der Bewegungssteuerung und Bewegungsregelung dargestellt (z.B. Elektromyogramm als Indikator für Bewegungsmuster), b. Kinetik und Kinematik sind Produkte von der Funktion der menschlichen Bewegung. Bezüglich seiner Struktur: In diesem Zusammenhang werden Strukturen des Körperbaues wie Längen-, Breiten-, Umfangs-, Flächen- und Volumenmaße registriert.

Bezüglich seines Substrates: Hier steht die Anatomie des aktiven und passiven Bewegungsapparates im Mittelpunkt der Betrachtung. Die Biomechanik hat ein weites Spektrum in dem die Prinzipien des Ingenieurwesens und der Physik in biologischen Materialien und Systemen angewendet werden. Obgleich diese Prinzipien für alle Fachrichtungen von Bedeutung sind, muss man sich in der Orthopädie und Traumatologie am stärksten damit beschäftigen. Die praktische Anwendung der Biomechanik fängt bei der Adaption und Funktion des Bewegungsapparates an und erstreckt sich auf sportliche Leistung, Verletzungsmechanismen, Behandlungsmethoden, operative Techniken, Analyse von Komplikationen, Rehabilitation von Verletzten, Orthesen und Prothesen und schließlich den Einsatz von Implantaten. Sie beschäftigt sich mit den mechanischen Entstehungsbedingungen von orthopädischen Beschwerden des menschlichen Körpers, den mechanischen Auswirkungen bei Verlust bzw. Funktionseinschränkungen von Körpergliedern, der Vermeidung von mechanisch-körperlichen Überbeanspruchungen und Rehabilitationsmaßnahmen. Ziel ist die Ermittlung der auf den menschlichen Körper wirkenden Kräfte und Belastungen, um die schonendsten, adäquatesten und effektivsten Haltungen und Bewegungen in der Prävention und Rehabilitation durchzuführen. Die Komplexität der Biomechanik in Orthopädie und Traumatologie orientiert sich an folgenden Teilbereichen:

- Kräfte und Momente im Muskel-Skelett-System
- Mechanik des Stütz- und Bewegungsapparates
- Gelenkstabilität
- Mechanisches Verhalten von Materialien
- Mechanisches Verhalten von Skelettmuskulatur
- Mechanisches Verhalten des Knochens
- Leistungsfähigkeit von Implantatsystemen

Entsprechend der Spezifik der Themenstellung soll nachfolgend im Rahmen der Mechanik des Stütz- und Bewegungsapparates näher auf

die Ganganalyse eingegangen werden. Ziel einer Ganganalyse ist die Erfassung menschlicher Lokomotion. Auf der Basis so gewonnener Informationen können Bewegungen nach Verletzungen korrigiert werden und helfen, Überlastungs- bzw. Langzeitschäden zu vermeiden. Der gestörte menschliche Gang, seine Ursachen und Sekundarfolgen sind vielfältig. Es sollen an dieser Stelle nur einige Hauptursachen solcher Gangbildstörungen aufgezählt werden. Zu den häufigsten Ursachen gehören Beinlängenunterschiede, Achsenfehler der unteren Extremitäten und Fehlhaltungen des Rumpfskelettes sowie Folgen von Gelenkkontrakturen, Versteifungen und Gliedmaßendefekte. Eine weitere Gruppe bilden angeborene und erworbene Fehlsteuerungen und Ausfälle des neuromuskulären Stützapparates, dessen Stabilisierungs- und Lokomotionskräfte für die Harmonie des Gehens und der dynamischen Haltung von Bedeutung sind. Hierzu ist es notwendig, Zusammenhänge zwischen biomechanischen Einflussgrößen und motorischer Leistung zu identifizieren. Ziel ist es, ausgewählte Parameter zu evaluieren, die den Gang repräsentieren und anhand derer Verbesserungen festgemacht werden können. Die biomechanische Ganganalyse trägt in vielerlei Hinsicht zu einem besseren Verständnis der Fortbewegung bei. Das Gehen gehört zu den wichtigsten menschlichen Funktionen. Die Beeinträchtigung der Gehfähigkeit bedarf einer Behandlung.

Während viele Informationen über die Gangqualität durch einfache Beobachtung gewonnen werden, geht es hier um diejenigen Aspekte, die durch Messung oder Analyse quantifiziert werden können.

Funktionell lässt sich das Gehen als Aktivität beschreiben, mit der eine Person in einer allgemein aufrechten und stabilen Körperhaltung von Position A zu Position B gelangt. Die Mechanik des Ganges kann man sich als ein Kraftsystem zwischen Boden und Füßen vorstellen, das den Körper entlang seiner beabsichtigten Bahn führt. Mit diesem Kraftsteuerungssystem zwischen Boden und Füßen ist ein Kraft-Balance-System verbunden, das für die gewünschte Haltung des

Rumpfes und des Kopfes verantwortlich ist (vgl. Burstein, A.H. 1997). Bezugnehmend auf die theoretischen Überlegungen von Ballreich/Kuhlow 1980, lassen diese sich aus dem leistungssportlichen Bereich sehr gut auf die Biomechanik in der Orthopädie und Traumatologie transferieren. Nach der Identifizierung leistungsrelevanter Merkmale, erfolgt die kausale Bestimmung zwischen diesen und der angestrebten Leistung zu visualisieren. Nach Findung der kausalen Zusammenhänge ist es wichtig, die Einflusshöhe dieser Merkmale auf die biomechanische Leistung zu bestimmen. Überträgt man diese Gedanken auf die Ganganalyse nach Verletzungen der unteren Extremitäten, so lässt sich feststellen, dass aus der Vielzahl der ganganalytischen Untersuchungsparameter diejenigen herauskristallisiert werden müssen, die die Gangdefizite der unter Punkt 2.1 beschriebenen Verletzungsmuster sichtbar machen können. Gerade bei komplexen Verletzungen der unteren Extremitäten, ist diese Problematik nur über verschiedene Zwischenrehabilitationsschritte realisierbar. U.a. versucht U. Moorahrend 1999, die funktionelle Behandlung der Verletzungen der unteren Extremitäten sowie deren Grenzen, Möglichkeiten und Konzepte, zu beschreiben. Trotzdem ist bis heute keine allgemeingültige und umfassende Darstellung, welche Verletzung nach welchem operativen Verfahren wie funktionell weiterbehandelt werden sollte, unterblieben. Im Rahmen der medizinischen Rehabilitation obliegt es dem Therapeutenteam entsprechende Therapieanweisungen zu geben, die sich positiv auf die bestimmten Untersuchungsparameter auswirken und somit zur Harmonisierung des Gangbildes beitragen. Bei den zahlreichen Rehabilitationsverfahren, die eine Normalisierung des Gangmusters bezwecken, kann der Sauerstoffverbrauch als ein empfindlicher Indikator für den Normalisierungsgrad verwendet werden. Wie allgemein anerkannt, kann eine Person beliebig lange gehen, solange der Energieverbrauch 50% der aeroben Kapazität der Person nicht übersteigt. Auf dieser Grundlage können Behandlungsverfahren, die es dem Patienten ermöglichen, seinen Energieverbrauch unterhalb dieses Wertes zu halten, absolut gesehen, als zufriedenstellend betrachtet

werden.

### 2.3.2 Beschreibung des Ganges

Es ist eine Erkenntnis des Alltages, dass der menschliche Gang stark individuell geprägt ist. Er ist z.B. abhängig vom Geschlecht, vom Alter und von persönlichen Lebensbedingungen. Ebenso beeinflusst die seelische Verfassung eines Menschen den Gang. Horvath hat in der deutschen Sprache zum Begriff Gangbild, 71 gebräuchliche Wörter festgestellt, die allgemein erkennbare, abgestufte Gangbildzuordnungen ermöglichen. Die Wörter teilte er in die drei Kategorien Gangkinematik, Gangpantomimik und Gangpathologie ein. Obwohl die Aufzählung vermutlich nicht vollständig ist, dokumentiert sie doch eindrucksvoll die inter- und intraindividuelle Gangvarianz. Der Begriff "normaler Gang" ist daher auf dem Gebiet der Ganganalyse stark umstritten (vgl. Horvath, E. 1990). Inman verglich den menschlichen Gang mit der Bewegung eines schwach ovalen Rades, welches leicht schlingert und dessen Achse im Hüftgelenk liegt. Sowohl in der vertikalen als auch seitlichen Richtung vollführt der Körperschwerpunkt näherungsweise sinusförmige Schwingungen.

Er definierte sechs Determinanten für den normalen Gang:

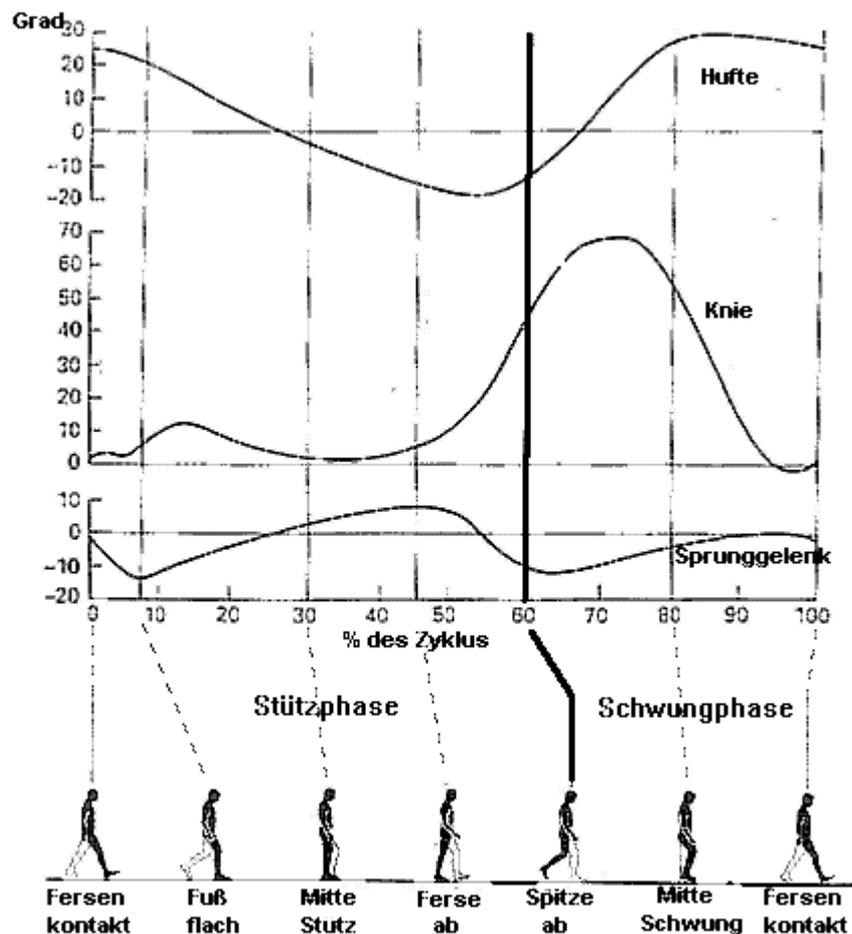
- Beckenrotation um die vertikale Achse,
- Seitneigung des Beckens,
- Hüft- und Kniegelenksbeugung während der Standphase,
- aktives Fußgelenk,
- Zusammenspiel der Kniegelenksbeugung mit der Rotation von Unter- und Oberschenkel während der Standphase,
- Seitliche Verlagerung des Beckens,

Die Wirkung der einzelnen Grundelemente beschrieb er anschaulich an Hand einfacher Modelle (Inman et al. 1981). Im Zusammenhang mit der vorliegenden Problematik interessieren primär die Winkelverläufe der unteren Extremitäten. Braune und Fischer zeigten bereits in ihren 1895

veröffentlichten Studien beim Vergleich der von den inneren Kräften der Muskulatur ausgelösten Drehmomente mit der freien Pendelwirkung durch die Gravitationskräfte, dass die Schwingung des Beines in weitaus stärkerem Maße durch aktive Muskelkräfte wie durch die Eigenschwere hervorgerufen wird. Das Vorwärtsschwingen des Beines erfolgt dabei nach dem Prinzip des Doppelgelenkpendels. Jeder Achsenabschnitt unterliegt in dieser Phase verschiedenen Beschleunigungen und kommt durch einen differenzierten Bewegungsablauf der Einzelabschnitte zustande. Es bedarf einer phasengerecht koordinierten Aktion der Fußhebelmuskulatur zusammen mit der Kniestreck- und Hüftbeugemuskulatur. Der abgehobene Fuß schwingt unter zunehmender Knie- und Hüftbeugung nach ventral. Mit dem Aufsetzen der Ferse ist der Unterschenkel bei rechtwinkliger Fußstellung dorsal geneigt. Es beginnt gleichzeitig die vordere Abstützphase des Schwungbeines, wobei Bremskräfte die Beschleunigung des vorwärtsschwingenden Körpergewichtes abfangen. Diese vordere Abfangphase mit doppelseitiger Abstützung beginnt mit dem Aufsetzen der Ferse des nach vorn gependelten Schwungbeines, in einer dorsalen Neigung von ca.  $30^\circ$  zur Vertikalen, unter rechtwinkliger Fußstellung. In der zweiten Phase gewinnt der Fuß durch Plantarflexion vollen Bodenkontakt. Die Unterschenkelachse richtet sich bei zunehmender Beugung im Knie- und Hüftgelenk um  $15^\circ$  auf und erreicht in dieser bei weiterer Zunahme der Knie- und Hüftbeugung die Vertikalstellung. Mit Beendigung der bipodalen Abstützungsphase der Gegenseite hat die rückwärtige Abstoßphase der Gegenseite bereits ihr Endstadium erreicht und es beginnt auf der ursprünglichen Schwungbeinphase nunmehr die eigentliche Standbeinphase (vgl. Braune, W. Fischer, O. 1894). Die Fortbewegung des Menschen kommt durch rhythmisch wiederkehrende sinusförmige Oszillation zustande (vgl. Endler 1981). Durch diese Definition wird der Gang des Menschen als zyklisch sich wiederholende Lageverschiebung des Gesamtschwerpunktes eines Individuums charakterisiert. Die Oszillationen werden in harmonisierende Bewegungsmuster umgesetzt. Beim normalen oder auch unauffälligen Vorwärtsschreiten ist die

grundlegende Betrachtungseinheit der Doppelschritt, der grundsätzlich in Stand- und Schwungphase unterschieden wird. Endler zeigt, dass bei der Betrachtung des menschlichen Ganges es am einfachsten ist, die Ortsveränderung von Massenschwerpunkten zu betrachten und diese Fortbewegung vergleichbar ist mit rhythmisch wiederkehrenden sinusförmigen Oszillationen. Dies bedeutet, die Bewegung der Schwerpunkte ist als rotatorische, d.h., ungleichförmige Bewegung einzuschätzen. Der durch Betrag, Richtung und Richtungssinn determinierende Geschwindigkeitsvektor ändert sich, da der Richtungssinn und die Richtung bei der Kreisbewegung ständig wechseln. Um die Kionematik eines sich auf der Kreisbahn befindlichen Körpers bestimmen zu können, müssen dementsprechend Parameter der Bewegung auf einer Kreisbahn zu seiner Beschreibung ausgewählt werden. Die bestimmenden Größen für die Kreisbewegung sind die Winkelstellung und Winkelgeschwindigkeit.

Die Antwort auf die Frage, welche Winkel zu messen sind, ergibt sich aus dem beschriebenen Grundmuster des Doppelschrittes. Für die Realisierung des Doppelschrittes hauptverantwortlich ist die progressive Wirkung von Hüfte, Oberschenkel (Tibia), Unterschenkel (Femur) und Fuß (oberes Sprunggelenk). Das bedeutet, dass die Messung der Winkel zwischen Hüfte und Femur, Femur und Tibia sowie Tibia und Fuß eine eindeutige Beschreibung der Realisierung der Fortbewegung durch die unteren Extremitäten bietet. Da das Kniegelenk keinen festen Drehpunkt besitzt, wurde als Drehpunkt der Schnittpunkt der Mittelachsen von Femur und Tibia definiert (vgl. Endler 1981).



**Abbildung 07: Winkelprofile von Hüften, Knie und OSG eines normalen Gangbildes. Die Referenzlinien markieren die Phasen und Ereignisse des Gangzyklus**

(Abbildung aus Whittle 1991)

Ein vollständiger Gangzyklus erstreckt sich von einem bis zum nächsten Auftritt desselben Fußes. Er wird als Doppelschritt bezeichnet. Man teilt den Gangzyklus in die Stand- und die Schwungphase. Die Standphase ist die Phase in der das Bein Bodenkontakt hat. Demzufolge ist die Schwungphase der Teil des Ganges, bei dem das Bein in der Luft schwingt. Die Zeitdauer in der beide Beine am Boden sind heißt Zweibeinstand. Das Gehen unterscheidet sich vom Laufen dadurch, dass die Standphase größer als die Schwungphase ist. Das unauffällige Gehen ist ein sehr energieökonomischer Vorgang. Es besteht ein andauerndes Wechselspiel zwischen potentieller und kinetischer Energie. Beim Gang wird vergleichbar mit einer Achterbahn, kinetische Energie in potentielle umgewandelt und umgekehrt. Es müssen nur die

Verluste infolge Reibung am Boden und des Luftwiderstandes ausgeglichen werden. Störungen am Bewegungsapparat führen meist zu einem höheren Energiebedarf für den Gang. Ein Oberschenkelamputierter mit Prothese muss etwa die doppelte Energie wie eine Person mit zwei gesunden Beinen aufbringen.

### **2.3.3 Der pathologische Gang**

Das Gangbild ist Ergebnis eines komplexen Zusammenwirkens zwischen zentralem und peripherem Nervensystem sowie dem Stütz- und Bewegungsapparat. Pathologische Änderungen am Stützsystem erzeugen häufig ein abnormes Gangbild oder einen gestörten Krafteinsatz, wodurch eine deutliche Unterscheidung vom unauffälligen Gang möglich ist. Einige dieser Besonderheiten lassen sich visuell durch erfahrene Beobachter diagnostizieren, andere dagegen können nur mit geeigneten Geräten gemessen werden. Folgende Zusammenstellung soll eine Übersicht der möglichen Ursachen von Gangstörungen und die große Vielfalt verschiedener Gangstörungen vor Augen führen:

#### **Beinlängendifferenz**

- Fußkrankungen und Fußdeformitäten
- Störungen des statischen und dynamischen Gleichgewichtes des Auftretes durch Fußdeformitäten Spitzfußgang, Hakenfußgang, Klumpfußgang, Knickplattfußgang, Hohlfußgang, Spreizfuß und sonstige Vorfußschäden und Zehendefomitäten.
- Versteifungen und schmerzhafte Kontrakturen der Fuß- und Zehengelenke, Ankylosen und schmerzhafte Kontrakturen der sublateralen Fußwurzelgelenke, Versteifungen des oberen Sprunggelenkes mit und ohne Fehlstellung des Fußes
- Teilamputationen bis zur vollständigen Exartikulation des Fußes im oberen Sprunggelenk

### **Kniegelenkschäden**

- Versteifungen,
- schmerzhafte Bewegungskontrakturen,
- Valgus- und Varusdeformitäten bei erhaltener Beweglichkeit,
- Deformitäten und Bewegungsstörungen bei statischen Arthrosen,
- paralytische und neuromuskuläre Knieschäden,
- Schlotterknie und ligamentäre Instabilität,
- Unterschenkelamputationen bis zur Exartikulation im Kniegelenk,

### **Hüftschäden**

- Ankulosen und Versteifungen,
- Ossäre und fibröse Kontrakturen,
- Lähmungshüfte und neuromuskuläre Insuffizienz,
- Luxationshüfte,
- Kombinationsdeformitäten,
- Amputationen bis zur Exartikulation der Hüfte,

Gangstörungen bei Systemerkrankungen des Skelettes, neuromuskuläre Systemerkrankungen, Muskelschäden und Defekte und multiple Lähmungen

Um Gehen zu können, ist es notwendig, dass das Bewegungssystem folgende vier Aufgaben bewältigen kann:

- Jedes Bein muss in der Lage sein, das gesamte Körpergewicht übernehmen zu können,
- die Balance muss auch während des Einbeinstandes beibehalten werden,

- das schwingende Bein muss so eine Position erreichen, dass es die stützende Rolle übernehmen kann,
- um die notwendigen Bewegungen der Gliedmaßen durchführen zu können und den Körper nach vorwärts zu bringen, muss ausreichend Kraft vorhanden sein.

All diese Anforderungen können im Normalfall ohne Probleme bzw. besonderen Kraftaufwand realisiert werden. Bei einem gestörten Bewegungssystem findet eine Adaption an die Behinderung statt. Die Realisierung der Bewegungsaufgabe ist durch den Patienten nur unter Aufbringung eines erhöhten Energieaufwandes möglich. Ein abnormales Gangbild wird umgangssprachlich als "Hinken" bezeichnet. Es entspricht einem asymmetrischen Gangbild, dessen Anpassung begrenzt ist. Die pathologischen Grundmuster des Ganges wiederholen sich. Die Ganganalyse kann nur Bestandteil einer komplexen Diagnostik sein. Sie muss immer einhergehen mit einer sorgfältigen Anamnese. Die vielfältigen Hinkmechanismen erlauben keine vollständige Beschreibung aller möglichen Formen (vgl. Hegewald 2000). In einem Grundlagenpapier New Yorker Orthopädie-Studenten werden beispielsweise dreizehn grundlegende Hinkmechanismen beschrieben (vgl. New York University 1986). An dieser Stelle soll nur auf die am weitesten verbreitete Ganganomalie, dem Duchenne - Hinken, eingegangen werden. Die Ursachen sind vielfältig. Es tritt z.B. auf, wenn die Hüftabduktoren nicht mehr in der Lage sind, das Becken während des Einbeinstandes zu stabilisieren (vgl. Bronner 1992).

Die instrumentalisierte Ganganalyse wird als Paradebeispiel einer Funktionsdiagnostik bezeichnet. Sie hat das Ziel, dynamische Vorgänge zu objektivieren.

Hierzu werden Bewegungsabläufe in Komponenten zerlegt, um sie einer Analyse und Dokumentation zugänglich zu machen. Die 3D-Vermessung ergänzt die klinische Untersuchung und kann als Entscheidungshilfe in der Rehabilitation dienen. Der Vergleich von

Normwerten oder mit der nicht betroffenen Extremität wird in der Literatur konträr diskutiert. Es ist fraglich, inwieweit es vor dem Hintergrund der Spezifik einer Verletzung, ein Normbild gibt (Köcher, L., Ludwig, H. 1999). Israel spricht zum Normbereich von Bewegungsbereichen, in denen Bewegungsabläufe optimal vollzogen werden können (Israel 1984). Freiwald stellt die Angleichung der Extremitäten als Rehabilitationsziel mit der Begründung in Frage, da es nach einseitigen Verletzungen zu Adaptionerscheinungen der kontralateralen Seite kommt, die vom prätraumatischen Zustand abweichen können (Freiwald 1993). Ungeachtet dieser Problematik und des weiteren Forschungsbedarfes, bildet die ganganalytische Untersuchung eine wichtige Grundlage für die Therapiesteuerung sowie des Vergleiches von Heilungsverläufen. Aufgrund eines hohen Grades von Individualität des rehabilitativen Prozesses, der sich besonders an der Komplexität des Traumas messen lässt, bezieht sich die statistische Absicherung von Heilungsverläufen in erster Linie auf lokale Verletzungsmuster.

## **2.4 Medizinische Rehabilitation**

Nach der Definition der WHO schließt Rehabilitation alle Maßnahmen ein, die darauf gerichtet sind zu verhüten, dass eine Fähigkeitsstörung eine Beeinträchtigung verursacht, sowie alle Maßnahmen, die darauf gerichtet sind, das Ausmaß von Fähigkeitsstörungen oder Beeinträchtigungen zu verringern (vgl. Disability prevention and rehabilitation 1981). Rehabilitation kann als das Multi- und interdisziplinäre Management der funktionellen Gesundheit einer Person definiert werden. Die Ziele bestehen primär darin, die Symptome und Behinderungen zu minimieren.

Ansatzpunkte der Rehabilitation sind u.a.:

1. Behandlung der geschädigten Körperfunktionen und Strukturen (kurative Strategie).
2. Verbesserung der geschädigten Körperfunktionen,

Aktivitätsbeeinträchtigungen und Partizipationsbeeinträchtigungen (rehabilitative Strategie).

3. Vermeidung weiterer Symptome und Behinderungen (präventive Strategie).

So kann zwar eine zu Grunde liegende Gesundheitsstörung möglicherweise nicht immer geheilt werden. Durch eine Reduzierung der Symptome und Behinderungen die anschließende Belastung für das Gesundheitswesen jedoch reduziert werden (vgl. Stucki, G. 2002). Im Gesundheitswesen allgemein und insbesondere im Bereich der medizinischen Rehabilitation wird Wirksamkeit und Effektivität der Verfahren in den letzten Jahren verstärkt Aufmerksamkeit geschenkt.

Aus Kosten- und Wettbewerbsgründen, aber auch aus ethischen Gesichtspunkten muss sich Behandlung und Therapie auf anerkannte bzw. durch empirisch nachgewiesene Wirksamkeit sowie ein günstiges Kosten-Effektivitäts-Verhältnis beschränken (vgl. Bührlen, B. 2001).

Entsprechend herkömmlicher Sichtweise zielt die medizinische Rehabilitation vorrangig auf die Folgen einer chronischen Erkrankung und nicht primär auf deren Ursachen. Dies erklärt die oft zur ambulanten oder stationären Akutmedizin differente Sichtweise der Sozialversicherungsträger sowie die geplante Zusammenführung regulatorischer Fragestellungen zur Rehabilitation im SGB IX, welches seinen thematischen Hintergrund in der Behindertenfürsorge hat. Für die Auswahl notwendiger Behandlungs- und Interventionsprogramme sind Art und Ausmaß der Schädigung, Funktionsstörung und Beeinträchtigungen als Folgen eines Krankheitsprozesses maßgeblich. Entsprechend der internationalen Klassifikation (ICIDH) der WHO wird von einem bio-psycho-sozialen Krankheitsmodell ausgegangen. Das aus dieser Sicht resultierende Krankheitsfolgemodell beinhaltet 3 Punkte:

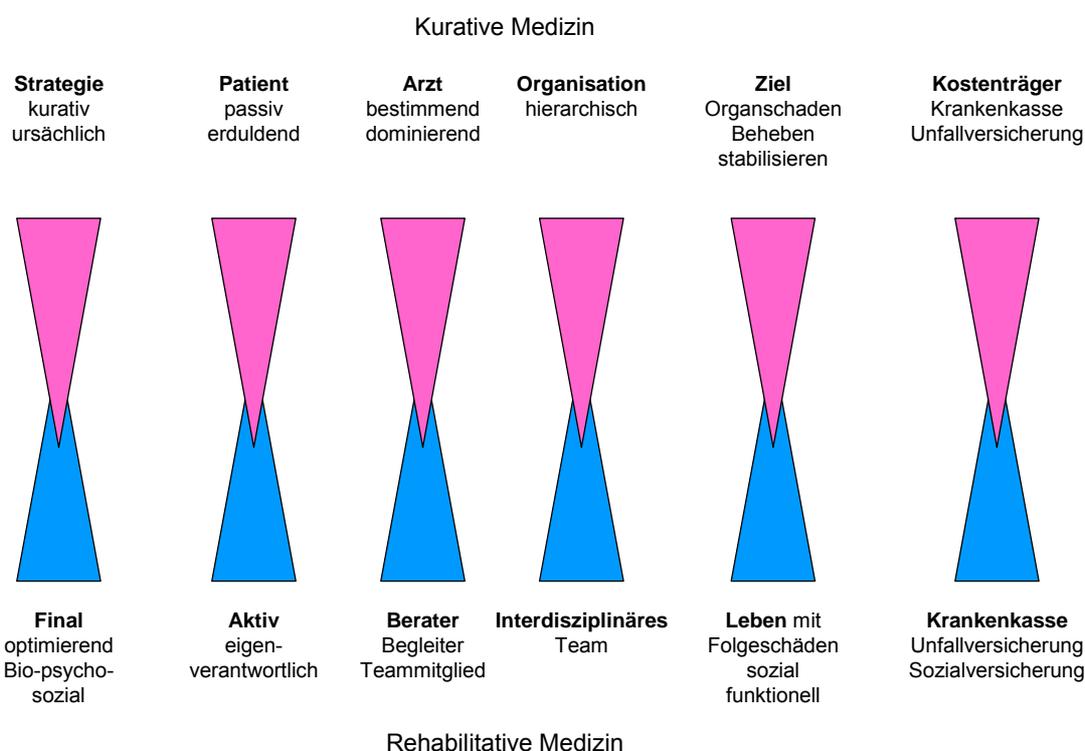
Organisch: Es besteht eine Schädigung, ein Verlust oder eine Abweichung der psychischen, physiologischen

oder anatomischen Struktur (Strukturstörung)

Personenbezogen: Die Schädigung kann zu einem Verlust oder einer Einschränkung in den als normal erachteten Fähigkeiten führen (Fähigkeitsstörung)

Gesellschaftlich: Die Schädigung oder Fähigkeitsstörung wirkt sich negativ auf die soziale Rolle aus (Beeinträchtigung) (vgl. Thomas, M., Busse, M. 2002)

#### Behandlungsstrategien der kurativen und rehabilitativen Medizin



**Abbildung 08: Behandlungsstrategien der kurativen und rehabilitativen Medizin**

Eine wesentliche Besonderheit der rehabilitativen Versorgung stellt die mehrdimensionale Zielsetzung der Rehabilitation dar. Zielbereiche sind u.a. die Vermittlung von Informationen und das Training krankheitsgerechten Verhaltens, die "funktionale Adaption", psychosoziale Krankheitsbewältigung, Umstellung von Risikoverhalten und Anpassung der Lebensperspektive (vgl. Koch, U. et al. 1995). Ein leistungsbegrenzendes Defizit des bundesrepublikanischen Systems der Gesundheitsversorgung ist der Mangel an Zieldefinition und

Zielsetzung. Unmittelbar gesundheitsbezogene Zielsetzungen, an deren Erreichung ihr Erfolg gemessen werden könnte, sind kaum erkennbar.

Die Vorstellung, Ziele von Gesundheitspolitik seien die Verbesserung der Gesundheit der Bevölkerung und Verhinderung von Krankheiten sowie die Versorgung und Betreuung von Kranken im Sinne von "Public Health", sind ungenügend umgesetzt und gehen mit der politischen Realität nicht konform (vgl. Kühn, H. 1995).

So hat Deutschland als einzige westeuropäische Nation keine Gesundheitsziele im Rahmen des WHO - Programms "Health for All" im Jahr 2000 benannt. Aus der Sicht der Kostenträger konzentriert sich das Ziel der medizinischen und beruflichen Rehabilitation vor allem auf das Kriterium der Arbeitsfähigkeit und Wiedereingliederung in die Erwerbsfähigkeit. Aus den bekannten Grundprinzipien der Rehabilitation wie z.B. "Reha vor Rente" lassen sich für das Tagesgeschäft in der Rehabilitation noch keine konkreten Ziele ableiten. Dies wird erst durch eine vergleichende Sichtung der Vielzahl von unterschiedlichen und potentiell möglichen Therapiezielen möglich. Auf der Basis der WHO-Klassifikation (ICIDH) wurden deshalb für verschiedene Indikationsbereiche Zielsetzungen auf der somatischen (z.B. Verbesserung der Ausdauer, muskuläre Stabilisierung), funktionalen (z.B. Verbesserung der Alltagsaktivitäten), psychosozialen (z.B. verbesserte Krankheitsbewältigung) und edukativen Ebene (z.B. bessere Kenntnisse über die Krankheit, Erlernen von Selbsthilfetechniken) formuliert (Protz, W. et al. 1998). Für die medizinische Rehabilitation existiert keine Theorie, die in einem umfassenden Sinn die Entstehung chronischer Krankheiten oder Behinderungen beschreibt und daraus Ansätze für deren Behandlung ableitet. Allerdings liegen Modelle vor, die wesentliche inhaltliche Aspekte beschreiben und zueinander in Beziehung setzen. Für die Rehabilitation können so zentrale Zielgrößen formuliert werden (vgl. Bührlen, B. 2001).

## 2.4.1 Grundlagen der Physikalischen und Rehabilitativen Medizin

Die hohen Leistungen der Akutmedizin dürfen nicht verkennen lassen, dass chronische Erkrankungen, auch infolge von Unfällen, gerade Ergebnis dieser Leistungen sind. In der Bundesrepublik werden inzwischen Aufwendungen von etwa 10 Milliarden für medizinische Rehabilitation registriert (vgl. AWMF - Memorandum 1995). Die Physikalische und Rehabilitative Medizin umfasst die sekundäre Prävention, die Erkennung, fachbezogene Diagnostik, Behandlung und Rehabilitation bei Krankheiten, Schädigungen und deren Folgen mit den Methoden der physikalischen Therapie, der manuellen Therapie, der Naturheilverfahren und der Balneo- und Klimatherapie sowie der Gestaltung des Rehabilitationsplanes (Konsensuskonferenz Physikalische und Rehabilitative Medizin 1998). Rehabilitation hat auch vor dem Hintergrund sich wandelnder gesetzlicher Grundlagen einen hohen Stellenwert bei der Versorgung Kranker.

Die allgemeinen Prinzipien der Physikalischen und Rehabilitativen Medizin liegen u.a. in:

1. der Diagnostik. Diese dient der Erkennung und Bewertung von Funktions- und Strukturstörungen von Organen, Organsystemen und des Gesamtorganismus mit den Zielen eines rationalen Einsatzes der Physikalischen Therapie. Der Ansatz muss dabei an der Schnittstelle Mensch-Umwelt und nicht am Organ erfolgen.
2. der Therapie. Unter Physikalischer Therapie wird planmäßige serielle Anwendung kinetischer sowie thermischer, elektrischer, akinischer und physikochemischer Wirkqualitäten in Prävention, Kuration und Rehabilitation, verstanden. Sie bewirkt eine Steigerung der Flexibilität des Systems Mensch und eine Reduktion der belastenden Umwelt. Rehabilitative Medizin fasst alle medizinischen Maßnahmen der Diagnostik und Intervention bei Krankheit, angeborene Leiden und äußerer Schädigung

(Verletzung) zur Verhinderung und Kompensation einer funktionellen Einschränkung oder sozialen Beeinträchtigung.

3. den Zielen der Rehabilitation u.a. die optimale Funktionswiederherstellung, Ausschaltung möglicher Störfaktoren, wie veränderte Statik und Haltung, Stoffwechselfaktoren, Entzündungsfaktoren, psychosomatische Reaktionen, Beruf und Arbeit, Sportschäden, Alltagsnoxen, iatrogene Schäden und Schmerz (Schmerz kann Ursache und Wirkung sein). Allgemeines Ziel ist die Wiedereingliederung in das Berufs- und Privatleben.
4. dem Segmental-reflektorischen Komplex. Die stärkere Gewichtung des SRK in Diagnostik und Therapie der Physikalischen und Rehabilitativen Medizin stellt ein wesentliches Unterscheidungskriterium gegenüber der übrigen Medizin dar (vgl. Werner, G.T. et al. 2000).

Bei vielen physikalischen Behandlungsmethoden sind Diagnostik und Therapie reflexiv orientiert (z.B. Bewegungstherapie, Manuelle Therapie, Klimatherapie, Hydrotherapie, Thermotherapie, Elektrotherapie) und daher nicht scharf voneinander zu trennen. Die physikalische Therapie stellt eine befundorientierte Therapie dar, d.h., sie passt sich flexibel an sich ändernde Befunde derselben Krankheit, in der Regel als Zusatztherapie der Begleitstörung.

Bei funktionellen Störungen ohne Grundkrankheit ist die Physikalische Therapie die Therapie der Wahl (vgl. werner, G.T. et at. 2000).

Zurzeit existieren für die Rehabilitationsmedizin keine allgemeingültigen, wissenschaftlichen Arbeiten, welche umfassend erlauben würden, die Indikation für die Rehabilitationsbehandlung aufgrund normierter Funktionsdiagnostik-Ergebnisse und Predikatoren zu stellen. Die Rehabilitationsbehandlung beginnt mit einer assesmentgestützten, sich

am Rehabilitationsbedarf des Patienten orientierten Zielvereinbarung zwischen Patient, Kostenträger und Leistungserbringer (Müller, K., et al. 2001). Der Rehabilitationsbedarf des Patienten orientiert sich auf den ICDH-2-Ebenen Körperfunktion, Aktivität, Partizipation und Kontext beschreiben (vgl. Schuntermann, M.F. 2001). Die Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (ICF) dient als länder- und fachübergreifende einheitliche Sprache zur Beschreibung des funktionellen Gesundheitszustandes, der Behinderung, der sozialen Beeinträchtigung und der hierfür relevanten Umgebungsfaktoren einer Person (vgl. Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information 2002). Sie wurde im Mai 2001 von der WHO verabschiedet und stellt eine deutliche Weiterentwicklung der ICDH-1 (WHO-1980) dar. Wesentliche Neuerungen sind die Tatsache, dass statt der bisherigen "Negativbegriffe", welche den Schaden und die Einschränkung betonten, nun die Funktionsfähigkeit des Betroffenen in den Vordergrund gestellt wird. Neben den organbezogenen, werden nun auch funktions- und strukturbezogene Korrelate "impairments" berücksichtigt. Mit dieser Betrachtungsweise wird die lineare Struktur, welche eine einfache Kausalbeziehung vom "impairment" über die "disability" zum "handicap" nahe legte, aufgegeben. Es werden drei Dimensionen der gesundheitlichen Integrität betrachtet, die Körperfunktionen und -strukturen, Aktivitäten sowie die Partizipation (Teilhabe an Lebensbereichen) vor dem Hintergrund ihrer sozialen und physischen Umwelt (Werte und Überzeugungen der Menschen in der Gesellschaft, das politische und Rechtssystem eines Landes). Eine zentrale Aufgabe der Rehabilitation ist die Wiederherstellung oder wesentliche Besserung der Funktionsfähigkeit insbesondere auf der Ebene der Aktivitäten und der Partizipation. Das ICF ist daher für die Feststellung des Rehabilitationsbedarfes, bei der funktionalen Diagnostik, dem Reha - Management, der Interventionsplanung und der Evaluation rehabilitativer Maßnahmen nutzbar (vgl. Schuntermann, M.F. 2001). Eine Erweiterung des deskriptiven Ansatzes der ICF stellt das Theoriemodell der Rehabilitation einer Arbeitsgruppe des Hochrhein-

Institutes für Rehabilitationsforschung dar (vgl. Gerdes, N. et al. 2000). Es verlässt die rein deskriptive Ebene und stellt kausale Beziehungen zwischen seinen Elementen her. Ausgangspunkt des Rehabilitationsprozesses ist der Gesundheitsschaden. Besonders bei chronischen Erkrankungen kann allerdings nicht davon ausgegangen werden, dass dieser sich direkt auf die möglichen Aktivitäten und damit auf die Partizipation auswirkt. Im Rahmen des Theoriemodells wird ein vermittelnder Bewältigungsprozess angenommen, der die individuelle Bewertung der Einschränkungen und Möglichkeiten beinhaltet. Diese werden maßgeblich von den persönlichen Ressourcen aber auch vom Erleben der eigenen Handlungsmöglichkeiten gesteuert. Die persönlichen Ressourcen hängen maßgeblich von den Umweltfaktoren, wie z.B. von den Leistungsanforderungen im Beruf, ab. Das Gesundheitsverhalten spielt eine Rolle im Hinblick auf die Ressourcen. Es wird davon ausgegangen, dass Gesundheitsschäden über das Gesundheitsverhalten beeinflusst werden können (vgl. Gerdes, N. et Weis, J. 2000). Der Rehabilitationsprozess wird auf der Basis der Zielvereinbarung und des Rehabilitationspotenzials des Patienten geplant und durchgeführt. Die Bestimmung der Angemessenheit, der Notwendigkeit, des Umfangs und der Intensität der Rehabilitationsbehandlung erfolgen unter Zuhilfenahme von anerkannten Assessment - Instrumenten, z.B. FIM, Funktional Independent Measure (vgl. Heinemann, A.W. et al. 1993).

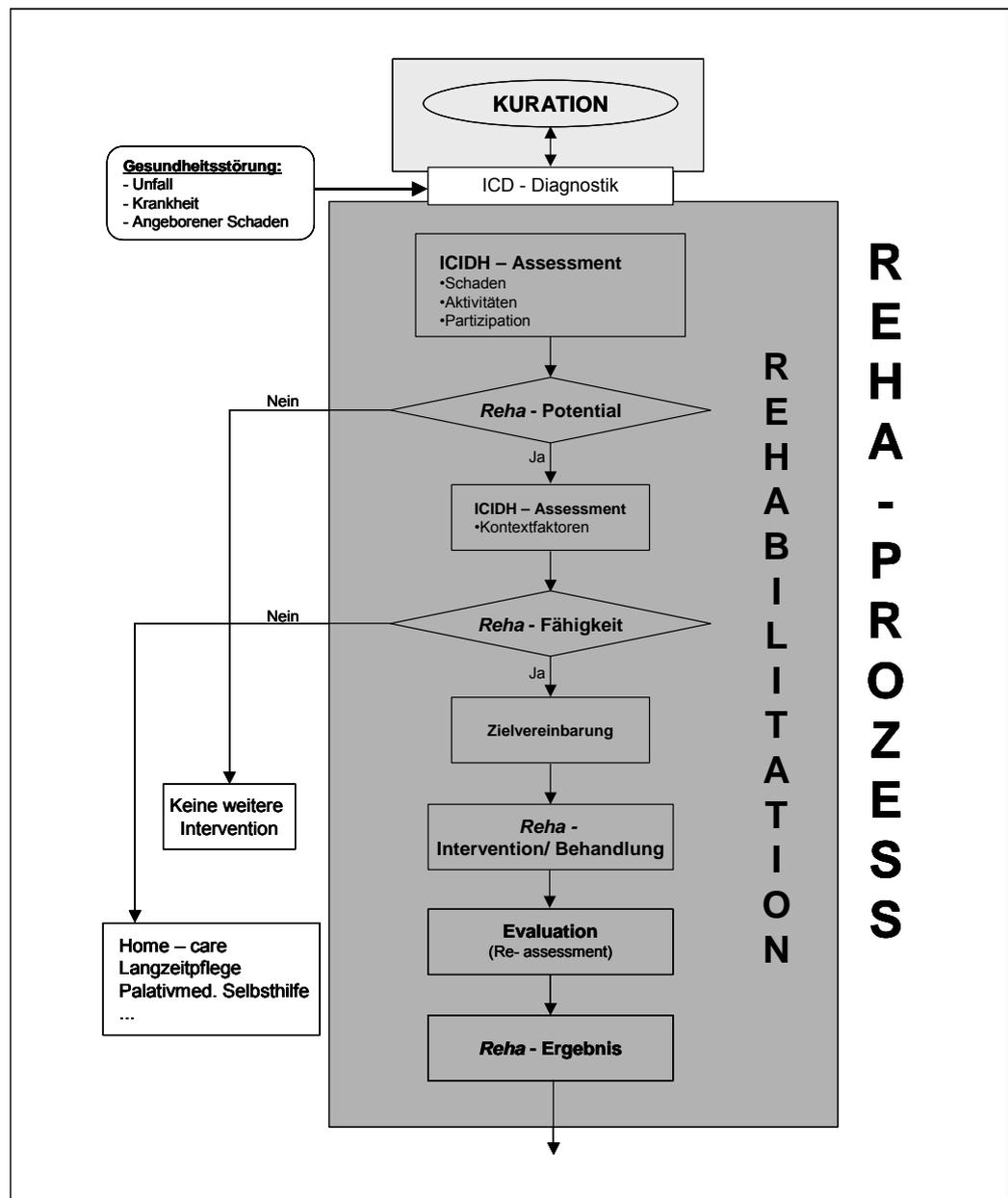


Abbildung 09: Der Rehabilitationsprozess

(Abbildung aus ÖZPMR Österr. Z. Phys. Med. Rehabil. 2001)

Für jeden Patienten ergibt sich ein dem individuellen Rehabilitationsbedarf angepasstes Rehabilitationsprogramm, das sich aus dem Einsatz der folgenden Interventionsmodule zusammensetzen kann:

- Physikalische Therapie
- Bewegungstherapie und Sporttherapie
- Ergotherapie
- Klinische rehabilitative Psychotherapie
- Rehabilitative Pflege und Betreuung
- Neuropsychologisches Training
- Patientenschulung und Information
- Kreative Therapie (Musik, Malen, Tanz, Kunst)
- Sozialbetreuung
- Rehabilitative Diätik (Ernährungsberatung, -schulung)
- Versorgung mit Hilfsmitteln und technischen Hilfen

Bezüglich der Organisationsform des Reha - Teams lassen sich aus der Literatur verschiedene Modelle ableiten (Delbrück, H., Haupt, E. 1996 und Stucki, G. et al. 2000). Die Bundesarbeitsgemeinschaft für Rehabilitation (BAR) gibt in ihren Publikationen spezifische Rahmenempfehlungen für die unterschiedlichen Indikationen (BAR). Die Rahmenempfehlung zur ambulanten Rehabilitation bei muskuloskeletalen Erkrankungen vom 20.10.2000 trägt in der vorliegenden Neufassung der Weiterentwicklung der "Internationalen Klassifikation der Schädigungen, Funktionsstörungen und Beeinträchtigungen (ICIDH-1)" zur "Internationalen Klassifikation der Funktionsfähigkeit und Behinderung (ICIDH-1)" Rechnung (Schuntermann, M.F. 2001 u. BAR).

#### **2.4.2 Rehabilitationsformen und deren gesetzliche Grundlagen**

Die Rehabilitation ist im deutschen gegliederten System der sozialen Sicherheit einer Vielzahl von Sozialleistungen zugeordnet. Neben Rehabilitationsträgern gibt es im komplexen Rehabilitationswesen eine Vielzahl von weiteren Beteiligten (z.B. Rehabilitationskliniken, Beruflichen Rehabilitationseinrichtungen, Behinderten- und Selbsthilfeorganisationen usw.), mit denen eine Abstimmung erfolgen

muss. Nach rund zweijährigen Vorarbeiten ist am 01.07.2001 unter umfassender Beteiligung aller Interessengruppen das SGB IX in Kraft getreten. Ziel des SGB IX ist es, die Selbstbestimmung und gleichberechtigte Teilhabe von behinderten und von Behinderung bedrohten Menschen am Leben und in der Gesellschaft zu fördern und dem im Grundgesetz verankerten Benachteiligungsverbot Geltung zu verleihen. Die Teilhabe soll mit medizinischen, beruflichen und sozialen Leistungen erbracht werden (vgl. Erstkommentierung des Sozialgesetzbuches - Neuntes Buch- (SGB IX) 2002). Es lassen sich verschiedene Versorgungsformen der ambulanten Rehabilitation unterscheiden, die in unterschiedlichem Ausmaß realisiert sind. Bisher existieren ambulante Rehabilitationsangebote vor allem für die Indikationsgebiete Sucht, Orthopädie und Kardiologie. Das Spektrum der bestehenden ambulanten rehabilitativen Organisationsformen reicht von Rehabilitations- oder Akutkliniken, die ambulante Rehabilitationsleistungen in ihren Räumlichkeiten erbringen, eigenständigen Rehabilitationszentren mit und auch ohne Anbindung an Rehabilitationskliniken oder Akutkrankenhäuser, organisatorischen Zusammenschlüssen ärztlicher und nicht-ärztlicher Therapeuten in einer Praxis oder über verschiedene Praxen hinweg bis hin zu mobilen Rehabilitationsteams, die ihre Leistungen vor Ort erbringen (vgl. Bürger, W. 2002). Eine kontinuierliche und umfassende Rehabilitation kann nur durch Koordination und Kooperation gewährleistet werden. Es muss sichergestellt sein, dass Zuständigkeitsfragen eindeutig geklärt und Leistungen einheitlich erbracht werden, im Einzelfall eine Verzahnung der Behandlung am Wohnort mit der Behandlung in den Rehabilitationseinrichtungen erfolgt und die inhaltliche und zeitliche Abstimmung einzelner Therapiemaßnahmen gewährleistet ist. Die notwendigen Rahmenbedingungen werden bundesweit durch die Bundesgemeinschaft für Rehabilitation (BAR) erarbeitet (vgl. BAR). Die Gewährung von medizinischen Leistungen zur Rehabilitation durch Kostenträger ist nicht nur an die medizinische Indikation gebunden, vielmehr müssen bestimmte rechtliche und sozialmedizinische Grundlagen gegeben sein, die für die gesetzliche Renten- und

Krankenversicherung voneinander abweichen. Der Umfang der Rehabilitation sowie die Art und Weise ihrer Durchführung durch die Träger der gesetzlichen Unfallversicherung sind durch das der gesetzlichen Unfallversicherung zugrunde liegende Prinzip der Ersetzung der Haftung der Unternehmer durch Versicherungsschutz vorgeprägt.

Diesem System der Ablösung der zivilrechtlichen Haftung des Unternehmers durch die Unfallversicherung ist immanent, dass in den Phasen der medizinischen, beruflichen und sozialen Rehabilitation alle geeigneten Mittel einzusetzen sind, um den eingetretenen Schaden zu ersetzen.

Das verlangt, die durch Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten verursachten Gesundheitsschäden möglichst zu beseitigen oder zu bessern, Verschlimmerungen zu verhüten und die Folgen zu mindern. Der Gesetzgeber hat die Aufgabenzuweisungen an die Unfallversicherungsträger so formuliert, als hätten sie die erforderlichen rehabilitativen Maßnahmen quasi selbst zu erbringen. Das ist naturgemäß nicht in vollem Umfang möglich. Der Gesetzgeber will damit aber auch die Zielvorstellungen aufzeigen, die mit den Leistungen der Unfallversicherung verfolgt werden, nämlich eine ganzheitliche, zügige und nahtlose Durchführung der Rehabilitationsverfahren zu garantieren, die vermeidbare Wartezeiten ausschließt und damit "therapeutische Lücken" möglichst vermeidet. Auch kommt hierin der gesetzgeberische Wille der ausschließlichen Verantwortlichkeit der Unfallversicherung für den Unfallverletzten zum Ausdruck. Die rehabilitativen Leistungen werden "aus einer Hand" in der Kostenträgerschaft der einzelnen zuständigen Berufsgenossenschaft erbracht. Andere Sozialversicherungszweige, die ebenfalls für Rehabilitationsmaßnahmen infolge von Gesundheitsschäden in Betracht kommen können, sind bei Versicherungsfällen der Unfallversicherung unzuständig. Für die Versicherten hat dies den Vorteil, nur einen Ansprechpartner für die Durchsetzung seines

Schadenersatzanspruches in Anspruch nehmen zu müssen. Der Erfolg der Rehabilitation Arbeitsunfallverletzter wird wesentlich durch die Organisation ihrer Abläufe bestimmt. Die Unfallversicherer haben dem Gesetz entsprechend alle Maßnahmen zu treffen, durch die eine möglichst frühzeitige nach dem Versicherungsfall einsetzende und sachgemäße Heilbehandlung und soweit erforderlich, besondere unfallmedizinische Behandlung gewährleistet wird. Immer vor dem Grund ihrer Verantwortlichkeit ermächtigt der Gesetzgeber die Unfallversicherungsträger, die von Ärzten und Krankenhäusern zu erfüllenden Voraussetzungen im Hinblick auf die fachliche Befähigung, die sachliche und personelle Ausstattung und die zu übernehmenden Pflichten festzulegen, daneben können sie nach Art und Schwere besondere Verfahren für die Heilbehandlung vorsehen (Förster, B. 1999). Diesen breiten Gestaltungsrahmen haben die Unfallversicherungsträger genutzt und ein funktionierendes Unfallheilverfahren entwickelt (Sozialgesetzbuch (SGB) Siebtes Buch (VII) - Gesetzliche Unfallversicherung, Drittes Kapitel, Zweiter Unterabschnitt § 27-34). Die beiden wichtigsten aus einer Anzahl installierter Arztverfahren, sind das "Durchgangsarztverfahren" und das "Verletzungsartenverfahren" (vgl. Vertrag gem. § 34 Abs. 3 SGB VII, 2001). In der Rehabilitationskette haben die einzelnen Rehabilitationsarten nahtlos ineinander zu greifen. Bereits in der ersten Phase - der Akutbehandlung soll die Zielrichtung der gesamten Rehabilitation möglichst frühzeitig festgelegt werden.

### **2.4.3 Konzeptionelle Charakteristika unterschiedlicher rehabilitativer Versorgungsformen**

Entsprechend der mehrdimensionalen Zielstruktur der Rehabilitation sind auch Rehabilitationskonzepte interdisziplinär und ganzheitlich angelegt. Medizinische Rehabilitationsmaßnahmen wurden in Deutschland bis vor wenigen Jahren nahezu ausschließlich in stationären Rehabilitationskliniken erbracht. Hintergrund dieser einseitigen Entwicklung war die strenge Trennung von Akutversorgung

und Kurwesen. Erst im Zuge der Suche nach Möglichkeiten der Kostenreduktion, hat das Thema ambulante Rehabilitation zunehmend Bedeutung erlangt (Bürger & Koch 1999). Mehr als die Stärken dieses Versorgungssystems hat in den letzten Jahren die Kritik an der Rehabilitation die Diskussion in Deutschland bestimmt. Geringe Bedarfsorientierung, ungeklärte Fragen der Nutzungsadäquanz, geringe Flexibilität der Leistungsangebote, Schnittstellenprobleme sowie mangelnde Abstimmung zwischen kurativen und rehabilitativen Angeboten stehen neben der unbefriedigenden Verzahnung von medizinischer und beruflicher Rehabilitation im Mittelpunkt der Kritik (vgl. Bürger, W. 2002). Die vom Verband Deutscher Rentenversicherungsträger (VDR) eingesetzte Kommission zur Weiterentwicklung der Rehabilitation in der gesetzlichen Rentenversicherung (Reha - Reform-Kommission) hat o.g. Strukturdefizite in der medizinischen Rehabilitation Anfang der 90er Jahre analysiert und grundlegende Vorschläge zu ihrer Behebung vorgelegt (vgl. Verband Deutscher Rentenversicherungsträger 1991). Nicht zuletzt auf der Basis dieser Empfehlungen sind in den letzten Jahren innovative Entwicklungen angestoßen worden. Eine weitere Flexibilisierung des Rehabilitationssystems ist jedoch dringend notwendig. Die verschiedenen derzeit realisierten ambulanten rehabilitativen Versorgungsformen weisen nach Einschätzung des Abschlussberichtes der wissenschaftlichen Begleitung im Rahmen der Empfehlungsvereinbarung von Kranken- und Rentenversicherung zur ambulanten/teilstationären Rehabilitation für den Indikationsbereich Orthopädie, nach jeweils unterschiedlichen Zielsetzungen sowie Stärken und Schwächen auf. Dieser Umstand lässt die ambulanten rehabilitativen Versorgungsformen sowohl untereinander als auch im Vergleich mit der stationären Rehabilitation weniger als konkurrierende, denn als Angebote mit jeweils spezifischen Aufgaben innerhalb der rehabilitativen Versorgungslandschaft erscheinen. In der Bundesrepublik entwickelt sich zur Zeit im Bereich der nicht-stationären Einrichtungen eine begrenzte Anzahl von untereinander und z.T. auch mit der stationären Rehabilitation konkurrierenden Modellen, deren

konzeptuelle und organisatorische Vorstellungen stark durch die jeweiligen Interessenlagen der für sie maßgeblichen Akteure wie auch durch finanzielle Gesichtspunkte geprägt sind. Die, die Vor- und Nachteile der spezifischen Charakteristika dieser unterschiedlichen Versorgungsformen beschreibenden Merkmale sind bisher nur unbefriedigend untersucht. Auch die nach wie vor unzureichende wissenschaftliche Fundierung der Rehabilitation muss bemängelt werden. Eine wichtige Innovation stellt in diesem Zusammenhang auch die Entwicklung ambulanter rehabilitativer Angebote dar (vgl. Maier-Riehle, B. & Schliehe, F. 1999). Mit Inkrafttreten des SGB IX ist nun endgültig eine Rechtsgrundlage für alle Rehabilitationsträger geschaffen, ambulante Rehabilitationsmaßnahmen regelhaft wie stationäre Maßnahmen erbringen zu können (vgl. Erstkommentierung des Sozialgesetzbuches - Neuntes Buch (SGB IX) 2002). Die Anbieter im Gesundheitswesen sind einerseits daran interessiert, sich im Bereich der ambulanten Rehabilitation neue Leistungsbereiche zu erschließen und möglichst früh eine entsprechend günstige Marktposition zu erreichen. Ein Teil der Anbieter (z.B. Rehabilitationskliniken, niedergelassene Krankengymnasten) befinden sich aber auch in Konkurrenz zu diesem neuen Angebot. Entsprechend der Problemlagen der Betroffenen ist grundsätzlich eine große Anzahl unterschiedlicher Formen von nicht-stationärer Rehabilitation denkbar (vgl. Bürger, W. 2000). Will man die spezifischen Vor- und Nachteile unterschiedlicher rehabilitativer Versorgungsformen untersuchen, sind entsprechende Beschreibungsdimensionen erforderlich. Theoretisch begründete oder empirisch ermittelte Dimensionen, welche die relevanten, grundlegenden Charakteristika unterschiedlicher rehabilitativer Versorgungsangebote beschreiben, sind bisher nicht vorhanden. Für eine angebotsspezifische Rehabilitationsforschung sind diese Dimensionen unabdingbar. Erste Diskussionsvorschläge liegen zwischenzeitlich vor (vgl. Bürger & Buschmann-Steinhage 2000). Generell ist sich der Einschätzung anzuschließen, dass es zukünftig weniger um die Frage geht, welche Versorgungsform die wirksamere ist, sondern um die Frage, welche rehabilitative Versorgungsform ist für

welchen Rehabilitanden mit welchen Problemen zu welchem Zeitpunkt angemessen und erfolgversprechend (vgl. Bürger, W. 2000) ? Qualitativ hochwertige Informations- und Motivationsangebote sind erforderlich, um die Akzeptanz ambulanter oder teilstationärer Angebote zur Rehabilitation zu erhöhen. Darüber hinaus sollten ausreichende und adäquate ambulante Angebote geschaffen werden. Soziodemographische Merkmale reichen als Kriterien für die differenzierte Zuweisung zu stationärer oder teilstationärer Rehabilitation nicht aus. Studien mit randomisierter Zuweisung wären erforderlich, um Merkmale zu identifizieren, welche differenzielle Wirksamkeit begründen können (vgl. Bührlen, B. et al. 2002).

Die Indikation zur ambulanten Rehabilitation ergibt sich aus zwei Aspekten:

- Die Erkrankung sollte grundsätzlich rehabilitationsbedürftig sein. Der Patient muss in der Lage sein, die gegenüber der stationären Rehabilitation erhöhte Belastung zu tolerieren. Dies bezieht sich insbesondere auf mögliche Probleme der heimischen Versorgung und des Transports von und zur Rehabilitationseinrichtung. Es darf zudem kein erhöhter nächtlicher Überwachungsbedarf bestehen.
- Weiterhin darf in Abhängigkeit von der Grunderkrankung die Rehabilitation nicht schematisch nach der Entlassung aus dem Akutkrankenhaus beginnen. Oft können wesentliche Rehabilitationsinhalte, z.B. die Trainingstherapie, erst mehrere Wochen nach der Operation begonnen werden (vgl. Thomas, M., Busse, M. 2002).

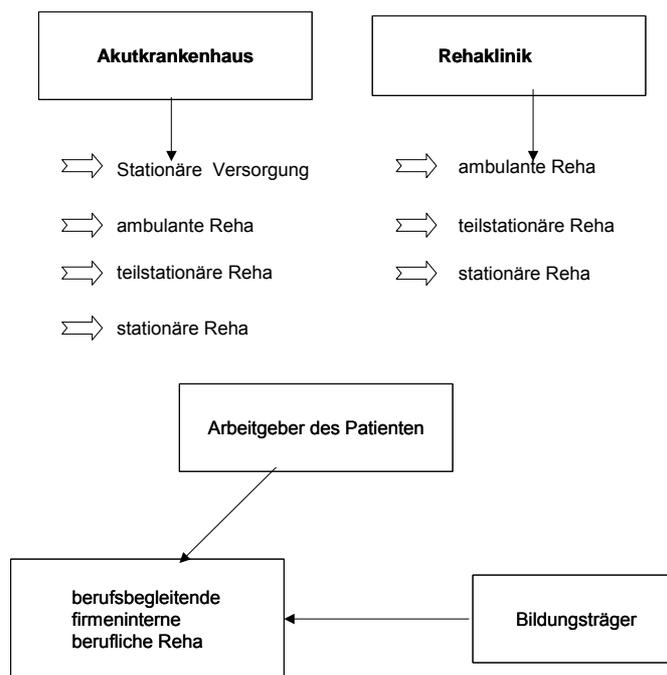
#### **2.4.4 Interdisziplinarität, Schnittstellenproblematik und Vernetzung**

Rehabilitative Angebote sind durch interdisziplinäre Behandlungsansätze gekennzeichnet und erfordern daher entsprechende Abstimmungs- und Integrationsleistungen zwischen den beteiligten Berufsgruppen (vgl. Winter, C. 1995). Aufgrund der besonderen Charakteristika orthopädisch - traumatologischer Erkrankungen sind zudem intensive Abstimmungsleistungen mit Vor- und Nachbehandlern sowie anderen Institutionen erforderlich, die für die Versorgung bzw. Betreuung relevant sind. Die Notwendigkeit solcher Vernetzung ist generell erkannt. Im Modell der "Rehabilitationskette" sollen die verschiedenen Elemente des Rehabilitationsprozesses (vom Krankenhaus über die Rehabilitationsklinik und den Hausarzt) möglichst nahtlos greifen (vgl. Bürger, W. 2000). Die vom Gesetzgeber aufgestellte Forderung nach Aufstellung eines Gesamtplanes, war in der Praxis außerhalb der Unfallversicherungsträger nicht umgesetzt (vgl. § 5 Abs. 3 RehaAnglG). Inwieweit das seit dem 01.07.2001 geltende SGB IX diese Problematik löst, darf zumindest nach über einem Jahr Erfahrung in der eigenen Arbeit bezweifelt werden.

Neben Interessenkonflikten der einzelnen an der Rehabilitation beteiligten Träger, wirkt das gegliederte System in sich, kontraproduktiv einer solchen Forderung entgegen. Durch die getrennten Sicherstellungsaufträge im ambulanten und stationären Bereich ist es zu einer Versäulung im Gesundheitssystem gekommen, die die Ursache der Schnittstellenproblematik bildet.

Durch die massive Innovation und den Mangel an Einnahmen entsteht ein erhebliches Kostenproblem. Die Logik der Kostenreduktion und Kooperation endet häufig im Grabenkampf der Schuldzuweisung und Interesseneozentrik. Klassische Bade- und Kurortmedizin hat mit modernen Rehabilitationstechnologien nicht mehr viel zu tun. Auf jeden Fall nimmt das Interesse an qualifizierter Rehabilitation zu, weil erkannt

wird, dass durch die Vermeidung von Folgeschäden letztendlich Ressourcen eingespart werden können. Neben dem Verlust an Lebensqualität Unfallverletzter, deren Kostenträger im Rahmen ihrer medizinischen und beruflichen Rehabilitation uneinheitlich sind, entstehen durch Unterbrechungen des Rehabilitationsflusses den öffentlichen und privaten Versicherungen hohe Folgekosten, die bei entsprechender Prozessoptimierung zu verringern wären. Eine bessere Verzahnung der medizinischen Rehabilitation mit anderen Sektoren unseres Gesundheitssystems wird häufig von zahlreichen Seiten gefordert. Nur sehr vereinzelt rückt dabei der Teilaspekt der Kooperation von Rehabilitationskliniken mit Unternehmen in den Blickpunkt (vgl. Behrens, J. 1995, Irmischer, J. 1997 et Schmidt, H. 1998). Dieser Umstand ist umso erstaunlicher, als im Hinblick auf das Hauptziel „Erhalt der Erwerbsfähigkeit“ am bisherigen Arbeitsplatz nichts näher liegt, als eine Zusammenarbeit zwischen Rehabilitations- und Arbeitsmedizin. Medizinische und berufliche Rehabilitation werden bislang weitgehend überregional organisiert und segregiert von der Akutbehandlung erbracht. Aufgrund dieser überregionalen Organisation und der Trennung von Kuration und Rehabilitation in Deutschland besteht die Notwendigkeit der Vernetzung von Rehabilitationseinrichtungen mit anderen Institutionen der Gesundheitsvorsorge (vgl. Bürger, W. 2000).



**Abbildung 10: Vernetzung der Rehabilitation**

Die berufliche Rehabilitation findet in Deutschland vorwiegend in Berufsförderungswerken in Form von überbetrieblichen Maßnahmen statt. Bezüglich der gesundheitsökonomischen Evaluation in der Rehabilitation, fasst die AG - Rehaökonomie im Förderschwerpunkt Rehabilitationswissenschaften die aktuellen Daten der Rentenversicherungsträger zusammen (vgl. AG Reha - Ökonomie im Förderschwerpunkt Rehabilitationswissenschaften, 1999). Eine in Westschweden in den Jahren 1991-1994 an 6287 Langzeiterkrankten durchgeführte Untersuchung hat ergeben, dass unter den beruflichen Rehabilitationsmaßnahmen, die berufsbezogene Arbeitsplatzrehabilitation am erfolgreichsten, während berufsbezogene Bildungsmaßnahmen die Wiedereingliederung in den Arbeitsmarkt deutlich reduzierten (vgl. Frölich, M. et al. 2000). Trotz Ermangelung ähnlicher Untersuchungen in Deutschland, kann von ähnlichen Tendenzen ausgegangen werden. Eine Reform des Systems der beruflichen Rehabilitation ist auch aus Gründen der teilweise sehr hohen Kosten, (unter Umständen können sechstellige Beträge erreicht werden) dringend angezeigt. Über die interdisziplinäre Zusammenarbeit

in den Rehabilitationseinrichtungen im Sinne von Prozessqualität, deren Bewertung durch die unterschiedlichen Berufsgruppen und die Bedeutung der interdisziplinären Zusammenarbeit für Organisationen der Abläufe in einer Rehabilitationseinrichtung und für die Ergebnisqualität ist bisher wenig bekannt, ebensowenig darüber, ob es diesbezüglich relevante Unterschiede in verschiedenen Versorgungsformen gibt (vgl. Bürger, W. 2000).

## **2.5 Die trainingstherapeutische Intervention aus Sicht der medizinischen Rehabilitation**

### **2.5.1 Übersicht**

Als Trainingstherapie definiert der Verfasser alle Interventionen, die darauf zielen, verletzungs- bzw. krankheitsbedingte Defizite in der Qualität der motorischen Hauptbeanspruchungsformen zu kompensieren. Die Orientierung an gesundheitsbezogenen Zielen und der Prüfung, ob mit entsprechenden Interventionen diese Ziele erreicht werden, wird wie im gesamten Gesundheitswesen auch im Gesundheitssport eine große Bedeutung beigemessen (vgl. Huber, G. 2000). Individuelle gesundheitsbezogene Ziele von Gesundheitssport sind u.a. die Stärkung von physischen und psychosozialen Ressourcen, Reduktion von Risikofaktoren und Beschwerden, Verbesserung des allgemeinen Befindens und die Verbesserung des Gesundheitsverhaltens z.B. durch die Bindung an sportliche Aktivitäten (vgl. Brehm, W. 2000). Als zentrales rehabilitationsbezogenes Ziel gilt die Funktionsfähigkeit in Beruf und Alltag (vgl. Bührlen, B. 2001). Die Nachweisführung, dass Programme ihre angestrebten Wirkungen erreichen, ist aufgrund großer Defizite hinsichtlich der Dokumentation und Bewertung im Gesundheitssport und Sporttherapie von Seiten der Anbieter als auch in Bezug auf deren wissenschaftliche Evaluation sehr unscharf (vgl. Brehm, W. 2000). Ähnliche Aussagen finden sich für die Physiotherapie (vgl. Mathies, H. 2001). Gesundheitssport bzw. Bewegungstherapie spielen in der medizinischen Rehabilitation eine bedeutende Rolle (vgl. Weidemann, H. et al. 1991).

## 2.5.2 Grundlagen der Trainingstherapie

Medizinisches Aufbautraining (MAT) auch Medizinische Trainingstherapie genannt, geht auf den norwegischen Physiotherapeuten Oddvar Holten zurück und ist bereits seit 1967 vom norwegischen Gesundheitsministerium anerkannt (vgl. Kunz, M. et al. 1995). Diese Behandlungsform findet in vielen medizinischen Fachbereichen, wie z.B. Orthopädie, Traumatologie, Rheumatologie etc. ihre Anwendung. Sie stellt eine eigene Therapieform dar, deren Inhalte das Erlernen von physiologischen Bewegungsabläufen für das tägliche Leben, der Arbeit sowie eventueller sportlicher Aktivitäten darstellt. Es wird ein funktionelles Training einschließlich komplexer Bewegungen angestrebt (vgl. Horn, H.-G., Steinmann, H.-J., 2001). In der Literatur werden verschiedene Behandlungsrichtlinien diskutiert. Eine Richtlinie sieht ihren Schwerpunkt im koordinativen Bereich, d.h., direkt mit Hilfe komplexer Übungen das Behandlungsziel zu erreichen. Andererseits gibt es auch den therapeutischen Ansatz mittels eingelenkigem, selektivem Muskeltraining mit dem Ziel zu beginnen, eine gezielte Stabilität zu gewinnen. Nach Beseitigung quantitativer und qualitativer muskulärer Defizite, erfolgt dann die funktionell-komplexe Behandlungsform. Im Vordergrund dieser Behandlung steht immer das individuell mögliche Bewegungsmaß (vgl. Kunz, M. et al. 1995).

Das Behandlungskonzept des Medizinischen Aufbautrainings besteht nach Gustavsen aus folgenden, durch den Verfasser modifizierten Zielen:

- Realisierung aktiver Bewegungen ohne Mitwirkung des Therapeuten.
- Eine optimale Therapiesteuerung ist nur auf der Grundlage einer Evaluation leistungsdagnostischer Verfahren zur Qualitätssicherung des Rehabilitationsprozesses möglich.
- Therapieplanung und Therapiesteuerung berücksichtigen das Ausmaß der Bewegungsbahn, die individuelle Belastbarkeit sowie die patientenspezifische Zielsetzung, in Kombination mit

den unter Punkt 4.4 diskutierten Profilvergleichssystemen.

- Eine Objektivierung der Ergebnisse des MAT basiert auf der Diagnose, der Funktionsuntersuchung sowie den funktionellen Messungen.
- Die positive Beeinflussung der Qualität der motorischen Grundeigenschaften beruht auf der gezielten lokalen Behandlung.
- Wesentliche Bestandteile des MAT sind neben dem Training der Alltagsbewegungen, das Erreichen der Schmerzfreiheit, der Funktionserhaltung bzw. der Funktionsverbesserung sowie der Verbesserung der Belastbarkeit und der Leistungsfähigkeit, auch im Bezug auf die Arbeitsfähigkeit des Patienten (vgl. Gustavson, R. 1991, Kunz, M. et al. 1995, Frick, U. et al. 1999 et Flatau, B. 2000).

Bezüglich der **unteren Extremitäten** bestehen nachfolgende orthopädische und chirurgische Indikationen:

- Endoprothese Hüft- oder Kniegelenk nach Behandlungsentwicklung
- Frakturen: nach Behandlungsentwicklung
- Kreuzbandruptur: (operativ versorgt)
- Kreuzbandläsion (konservativ)
- Arthroskopische Meniskusteilresektion
- Gelenktoilette (arthroskopische Säuberung des Gelenks, Entfernung von Gelenkkapselzotten, Knorpelglättung und Beseitigung von Schäden der inneren Gelenkstrukturen)
- Chondropatia patellae (konservativ versorgt)
- Achillessehnenruptur (operativ versorgt)
- Achillessehnenruptur (konservativ versorgt)
- Bandrupturen im Sprunggelenkbereich
- Postoperative oder posttraumatische Spätfolgen (vgl. Kunz, M. et al. 1995, Sprott, H. et al. 2001, Horn, H.-G., Steinemann, H.-J. 2001, Buchbauer, J., Steininger, K. 2001, et ZAT 2002)

Absolute Kontraindikationen liegen bei Weichteilverletzungen bzw. Wundheilungsstörungen, starken Schmerzzuständen, extremen Bewegungseinschränkungen der zu trainierenden Gelenke, akuten Verletzungen, akuten Gelenkentzündungen, ausgeprägten Gelenkergüssen sowie allgemeinen Erkrankungen, die das Training nicht zulassen, z.B., fieberhaften Erkrankungen oder Infektionskrankheiten vor (vgl. Kunz, M. et al. 1995 et Horn, H.-G., Steinmann, H.-J. 2001).

### **2.5.3 Spezifische Zielsetzung der Trainingstherapie**

Das Therapieziel ist unter funktionellen - sprich sportpraktischen oder arbeitsplatzbezogenen - Gesichtspunkten die Wiederherstellung der "alten" Leistungsfähigkeit bzw. das Erreichen der optimal möglichen Leistungsfähigkeit. Auch die Verhinderung der Pflegebedürftigkeit durch Aktivierung des Rehabilitationspatienten kann als Ziel formuliert werden. Das Erreichen der Rehabilitationsziele widerspiegelt die Qualität der Versorgung (vgl. Eisenlauer, H.G. 1997). Funktions-, Gewichts- und Volumensänderungen von Organen und Geweben (z.B. Muskeln, Sehnen, Bändern und Knochen) sind messbarer Ausdruck von Therapiewirkungen. Die Quantität der Therapiewirkungen wird durch die Qualität der Versorgung beeinflusst. Zwischen beiden bestehen naturgesetzliche Beziehungen, welche ohne negative Auswirkungen auf die Versorgung nicht willkürlich verändert werden können (vgl. Mellerowicz, H. 1986). Die Ziele der Bewegungs- bzw. Sporttherapie leiten sich interventionsbezogen aus den übergeordneten Rehabilitationszielen ab.

Huber und Baldus haben diesbezüglich 1999 nachfolgende **RUMBA-Regeln** veröffentlicht:

**Relevant:** Die Therapieziele müssen sowohl subjektiv für den Patienten als auch für den Rehabilitationsprozess insgesamt bedeutsam sein (z.B. Schmerzreduktion,

- Arbeitsfähigkeit).
- Understandable:** Die Ziele müssen verständlich formuliert werden und nachvollziehbar sein.
- Measurable:** Die Ziele müssen quantifizierbar/messbar sein.
- Behavioral:** Die Ziele müssen durch das Verhalten des Patienten und/oder Therapeuten beeinflussbar sein.
- Attainable:** Die Ziele müssen innerhalb der Rehabilitation erreichbar sein (vgl. CBO 1998, Reerink, E. 1990, 1991 et. Huber, G., Baldus, A. 1999).

Langfristig muss zwischen allgemeinen Zielen der Rehabilitation, die von diesem Bereich mitgetragen werden und denen, die nur durch eine entsprechende trainingstherapeutische Intervention zu erreichen sind, unterschieden werden. In ihrem Entwurf eines Qualitätssystems "Sporttherapie und berufliche Rehabilitation", haben Huber und Baldus bezüglich der Struktur-, Prozess- und Ergebnisqualität für sporttherapeutische und arbeitsplatzbezogene Interventionen, Assessments erarbeitet (vgl. Huber, G., Baldus, A. 1998 et. Huber, G., Baldus, A. 2000). Der Gesetzgeber räumt der Sicherung der Qualität im Gesundheitswesen einen relativ hohen Stellenwert ein. So ist im Sozialgesetzbuch V (SGB V), § 2, Abs. 4 die Forderung formuliert, dass "Leistungen wirksam und wirtschaftlich erbracht und nur im notwendigen Umfang in Anspruch genommen werden sollen." Sporttherapie ist Bestandteil der Rehabilitationsleistungen.

Eine zukunftsorientierte Ausrichtung des Konzeptes der Sporttherapie muss deshalb die Erfüllung und Forderung nach Qualitätssicherung antizipieren und verbunden mit entsprechenden Evaluationen verknüpfen.

Neben der Erfüllung der Gesetzesnormen kann so die Transparenz der Vielzahl von unterschiedlichen rehabilitativen Maßnahmen erhöht werden (vgl. Huber, G. 2000). Des weiteren ist nur so eine umfassende Legitimation der Maßnahmen innerhalb des gesamten

Leistungsspektrums des Gesundheitswesens zu erreichen (vgl. Zimmermann, U. 1993).

#### 2.5.4 Trainingstherapeutische Interventionen

Gemeinsamkeit von Trainings- und Therapieansätzen ist die Steigerung der körperlichen Leistungsfähigkeit bezogen auf die motorischen Hauptbeanspruchungsformen Kraft/Ausdauer/Schnelligkeit/Flexibilität und Koordination. Diese sind durch Bewegungsmangel oder Krankheit eingeschränkt. Das Muskeltraining unterliegt bestimmten Gesetzmäßigkeiten der Trainingswissenschaften. Patientenalter, Geschlecht, vorhandene Bewegungserfahrungen, Trainingszustand, Verletzungsbild bzw. die Rehabilitationsphase beeinflussen die Übertragbarkeit von Erkenntnissen der Trainingsanpassungen beim Gesunden oder Leistungssportler bzw. ob diese, bezogen auf die geschädigten Strukturen modifiziert werden müssen (vgl. Eisenlauer, H.G. 1997). Bei der Übertragung der hinreichend bekannten Verfahrensweisen der Trainingswissenschaft auf die Therapie, lassen sich wie nachfolgend aufgezählt, viele Gemeinsamkeiten identifizieren:

Trainingsprozess	= Therapieprozess
Trainingsplanung	= Therapieplanung
Trainingsverfahren	= Therapieinhalte
Trainingschwerpunkte	= Therapieschwerpunkte
Trainingseinheit	= Therapieeinheit
Trainingsmittel	= Therapiemittel
Trainingsziel	= Therapieziel
Trainingssteuerung	= Therapiesteuerung (vgl. Felder, H. 1998)

Betrachtet man die Rehabilitation in Form von bewegungs- bzw. sporttherapeutischen Interventionen verletzter Sportler als einen Prozess zur Wiederherstellung einer verlorengegangenen bzw. eingeschränkten Leistungsfähigkeit, ist zumindest denkbar,

Verfahrensweisen des traditionellen sportlichen Trainings auf diesen Bereich hin zu überprüfen. Freiwald (1999) definierte das Rehabilitationstraining in Anlehnung an den traditionellen Trainingsbegriff als einen pädagogisch gelenkten, systematischen und planmäßigen Prozess, der auf Leistungsoptimierung ausgerichtet ist. In Intensität und Umfang zu gering dosierte Medizinische Trainingstherapie führt zu Qualitätsverlusten der Gewebe sowohl der Form als auch der Funktion. Bei vollständiger Ruhigstellung und Entlastung kommt es bereits nach einer Woche zur Reduktion der statischen Maximalkraft von 25% (vgl. Appell, H.-J. 1990). Im Bereich des Leistungssports und bei gesunden Probanden ist es wesentlich leichter, vergleichbare Kollektive zu bilden und somit entsprechende Studien durchzuführen. Studien im Rahmen der Trainingstherapie besitzen oft den Nachteil, dass das Kollektiv aufgrund individuell variierender Verletzungsmuster, verschiedener Operationstechniken bzw. Operateure inhomogen und die Anzahl der Probanden vielfach zu gering ist (vgl. Eisenlauer, H.G. 1997). Es wird von der Tatsache ausgegangen, dass sich das Erreichen eines qualitativen Trainingseffektes in der Therapie von älteren und insbesondere verletzten Menschen verzögert, da sowohl die Trainingsintensität als auch der Trainingsumfang bei diesen Zielgruppen altersabhängig geringer ist. Auch reagiert die Muskulatur des Älteren aufgrund hormoneller Umstellungen langsamer (Hollmann, W, Hettinger, Th. 1990). Eine biochemische, metabolische und muskuläre Anpassung durch körperliche Aktivität ist jedoch gegeben (vgl. Weicker, H. 1996). Untersuchungen von Stoby über die Effektivität verschiedener Muskularbeitsformen, die in der Rehabilitation wie auch im Hochleistungssport, allerdings mit unterschiedlichen Intensitäten angewendet wurden, haben gezeigt, dass während eines Zeitraumes von 4-5 Wochen das Maximum des Kraft-Ausdauer-Produktes für statische Muskularbeit in der 5.-6. Woche bei normaler Muskulatur erreicht wird. In der ersten Phase der Rehabilitation ist die statische Muskularbeit zu bevorzugen, da nur so gezielt einzelne atrophe Muskelgruppen auch bei Fixation einer Extremität innerviert und trainiert

werden können (vgl. Stoboy, H. et al. 1968 et Stoboy, H. 1973). Der atrophische Muskel ist schlechter trainierbar als der normale Muskel (vgl. Friedebold, G. et al. 1968).

Die ungünstige Ausgangssituation im Rahmen der medizinischen Rehabilitation zeigt sich auch bei der Ableitung von Aktionspotentialen über die innervierte Muskulatur. Im Sinne einer Ökonomisierung der Muskelkontraktion im Trainings- bzw. Therapieprozess erfolgt mit zunehmendem Kraftniveau eine Herabsetzung der elektrischen Aktivität.

Dieser positive Trainingseffekt lässt sich bei gesunden Probanden bereits nach der 1. - 2. Trainingswoche nachweisen. Stoboy hat festgestellt, dass es bei Patienten mit Inaktivitätsatrophien erst in der 4. - 5. Trainingswoche zu Anpassungserscheinungen kommt (vgl. Stoboy, H. 1973). Fukunaga hat bereits in den ersten drei Wochen durch eine Verbesserung der Koordination einen Anstieg der Muskelkraft, besonders der Kraftausdauer beobachtet. Ein Zuwachs an Muskelmasse, einhergehend mit einer Querschnittsvergrößerung und der damit verbundenen Kompensation der Muskelatrophie wird jedoch erst nach drei Wochen beschrieben (vgl. Fukunaga, T. 1976). Nach etwa zwei Wochen kann beim Gesunden eine vermehrte Kapillarisation des Muskels und damit eine Verbesserung der Sauerstoffversorgung beobachtet werden (vgl. Ehlenz, H. et al. 1995). Durch die Verbesserung der peripheren Durchblutung wird eine Senkung der Herzfrequenz und des Blutdruckes erreicht. Nach einem sechswöchigen Training ist von einer Zunahme des Volumens der Mitochondrien auszugehen (vgl. Hoppeler, H. et al. 1973). Der Therapieprozess beim untrainierten Patienten ist gegenüber dem Trainingsprozess von Sportlern bzw. gesunden Probanden verzögert (vgl. Stoboy, H. 1973). Zur Erreichung des definierten Rehabilitationsziels ist es notwendig, neben dem statischen Training der atrophierten Muskulatur bereits in der ersten Phase der Rehabilitation parallel dazu, die allgemeine muskuläre Leistungsfähigkeit durch Koordinations- und dynamisches Krafttraining zu steigern (vgl.

Hollmann, W., Hettinger, Th. 1990).

Das sensomotorische System als die aktive Komponente des Stütz- und Bewegungssystems hat während der Bewegungsausführung gleichzeitig zwei miteinander verknüpfte Aufgaben zu erfüllen. Diese sind:

- das Ausführen der gewünschten Bewegung („Zielsensomotorik“), wofür Muskeln oder Muskelgruppen im richtigen „Zeitintervall“ mit der angepassten Kraft und Kontraktionsgeschwindigkeit eingesetzt werden und
- die aktive statische oder dynamische Sicherung oder Stabilisierung von Haltung, Stellung und Gleichgewicht (Stützensensomotorik) als immanenter Bestandteil jeder willkürlichen sensomotorischen Handlung unter Nutzung der komplexen sensomotorischen Grundbausteine des Rückenmarkes und des Hirnstamm-Kleinhirn-Komplexes.

Die systematische Beanspruchung des sensomotorischen Systems ist die biologische Basis für das Aneignen einer möglichst vielseitigen koordinativen Leistungsfähigkeit für die Entwicklung und Sicherung der konditionellen Fähigkeiten Ausdauer und Kraft. Die Muskelatrophie, als das prägende Merkmal einer ungenügenden Muskelbeanspruchung, muss grundsätzlich als Zeichen einer komplexen Beeinträchtigung aller sensomotorischen Fähigkeiten angesehen werden. Qualität im Sinne des sensomotorischen Lernens und die Abbauprozesse betreffen sowohl die Gewebestrukturen für die Kraftgeneration als auch gleichermaßen für den aeroben Energiestoffwechsel der die Basis der Ausdauer bzw. der Ermüdungsresistenz darstellt. Entsprechend liegen in der Literatur auch vielfältige Ergebnisse vor, die in der Zusammenfassung eine komplexe Beteiligung aller sensomotorischen Fähigkeiten aufzeigen. Indem alle sensomotorischen Fähigkeiten komplex betroffen sind, können zwischen objektiven Messwerten z.B. der Kraft und der subjektiven Schmerzreduktion nicht immer sehr enge Korrelationen gefunden werden, so dass Kraftmessungen als outcome Parameter sogar in Frage gestellt werden. Des Weiteren basieren die

vergleichbaren Wirkungen unterschiedlicher Therapieprogramme auf der komplexen Beteiligung aller Fähigkeitsqualitäten (vgl. Mannion, A.F. et al. 2001).

**Neulernen, Stabilisieren und Variieren von Bewegungsfertigkeiten  
Nach dem Konzept von Meinel & Schnabel**

**1. Entwicklung der Grobkoordination**

Definition: Lernverlauf vom Bekanntwerden mit neuer Aufgabe bis Realisation der Bewegung bei günstigen Bedingungen

- ⇒ **Ablaufstruktur des Lernprozesses:**
- Erfassen der Lernaufgabe
  - erste, grobe Vorstellung (besonders optisch, u.U. auch kinästhetisch)
  - erste Versuche (u.U. Lernen auf Anhieb)
  - angemessene Übungsdauer
  - Realisation bei günstigen Bedingungen
  - Geringe messbare Leistung
- ⇒ **Erscheinungsbild der Grobkoordination:**
- falscher Kräfteinsatz
  - Verkrampfen
  - fehlende Kopplung verschiedener Phasen
  - geringe Präzision

**2. Entwicklung der Feinkoordination**

Definition: Lernverlauf von der Grobkoordination bis annähernd fehlerfreien Ausführung der Bewegung

- ⇒ **Ablaufstruktur des Lernprozesses:**
- kontinuierliche Verbesserung (räumliche, zeitliche, dynamisch)
  - u.U. auch zeitweise Stagnation
- ⇒ **Erscheinungsbild der Feinkoordination:**
- unter gewohnten, günstigen Bedingungen Fehlerfreiheit der Bewegung; hohe Präzision und Konstanz
  - dosierter Kräfteinsatz
  - zweckmäßige Bewegungskopplungen und -umfänge
  - guter Bewegungsfluss

**3. Stabilisierung der Feinkoordination und Entwicklung der variablen Verfügbarkeit**

Definition: Lernverlauf von Feinkoordination bis zur sicheren Bewegungsausführung auch unter ungewohnten und schwierigen Bedingungen

- ⇒ **Ablaufstruktur des Lernprozesses:**
- weitere Verbesserung
  - relativer Abschluss des Lernprozesses
  - selbst auf hohem Niveau weiteres Lernen erforderlich
- ⇒ **Erscheinungsbild der stabilisierten Feinkoordination:**
- Fertigkeit unter wechselnden Bedingungen erfolgreich anwenden
  - Aufmerksamkeit von Bewegungsausführung gelöst
  - hohe Bewegungspräzision / -konstanz
  - Genauigkeit, Gegendruck, psychischem Druck, wechselnden Bedingungen

**Abbildung 11: Neuerlernen, Stabilisieren und Variieren von Bewegungsfertigkeiten nach dem Konzept von Meinel & Schnabel**

Durch den Einsatz exzentrischer Muskelarbeit, die sowohl die Maximalkraft als auch die Kraftausdauer effektiv trainiert, kommt es zu maximalen Belastungen. Da auch entsprechende Bewegungsabläufe nach mehrmonatiger schmerzbedingter Immobilisation bzw. vollständiger Entlastung in der postoperativen Phase ungewohnt sind, wird in der 1. und 2. Trainingswoche infolge Muskelkater ein gestörter Therapieverlauf beschrieben (vgl. Komi, P.V. 1975 et Friden, J. et al. 1982). Eine Limitierung von Trainings- bzw. Therapiereizen ergibt sich aus der Erkenntnis, dass trainiertes Gewebe 12 - 46 Stunden zur Reaktion und Erholung auf den Trainingsreiz benötigt. Die Dauer der Regenerationsphase wird maßgeblich durch den Trainingszustand beeinflusst (vgl. Hollmann, W., Hettinger, Th. 1990 et Steininger, K. et al. 1994). Neben dem Einfluss bewegungs- bzw. sporttherapeutischer Interventionen auf die Muskulatur, wird in der Literatur der Einfluss des körperlichen Trainings auf eine vermehrte Festigkeit von Knochen, Sehnen und Bändern beschrieben. Minne weist in seinen Untersuchungen darauf hin, dass es innerhalb des Knochens zu einer höheren Konzentration von Mineralien kommt. Neuere osteodensitometrische Untersuchungen bestätigen dies. Am Knochen kommt es neben einer Verdickung der Kortikalis und der Insertionszone zu einer Verbreiterung des Knochens (vgl. Minne, W. 1995). Entsprechende Untersuchungen führten Hollmann und Platen an Gewichthebern durch (vgl. Hollmann, W., Hettinger, Th. 1990 et Platen, P. 1995). Es konnte bereits nach einigen Monaten eine Verdichtung der Trabekel des Knochens und damit eine Erhöhung der Stabilität beobachtet werden (Ehlenz, H. et al. 1995). In Kombination mit einer medikamentösen Therapie sind objektive Verbesserungen schon nach wenigen Monaten zu verzeichnen (vgl. Ringe, J.D. 1988). Sehnen und Bänder passen sich aufgrund trainingstherapeutischer Einflüsse morphologisch an. Der Sehnenquerschnitt nimmt zu. Dies hat eine Zunahme der Zugfestigkeit und eine Abnahme der Dehnfähigkeit zur Folge (vgl. Tittel, K. et al. 1974, Sommer, H.M. 1987 et Hollmann, W., Hettinger, Th. 1990). Die nachfolgend erwähnten Studien beschäftigen sich mit der Wirksamkeit trainingstherapeutischer Interventionen. Die

Arbeiten entstammen einer Recherche in der Cochrane Library und beziehen nur randomisierte kontrollierte Studien oder Metaanalysen von solchen ein (vgl. Bührlen, B. 2001). Auf die Hierarchie wissenschaftlicher Evidenz wird unter Punkt 5.1 dieser Arbeit eingegangen. In einem Review zu den Effekten von dynamischer Trainingstherapie bei Patienten mit rheumatoider Arthritis findet van den Ende et al. Effekte hinsichtlich einer erhöhten aeroben Kapazität und Muskelkraft, keine Reduktion in der Krankheitsaktivität oder bei Schmerzen und nur unklare Wirkungen bei der funktionalen Kapazität (vgl. van der Ende, C.H.M. et al. 2000). Der gleiche Autor prüft ebenfalls bei Patienten mit rheumatoider Arthritis ein intensives Trainingsprogramm gegenüber einem Standardprogramm. Es werden die Krankheitsaktivität, Schmerz, Muskelkraft und die Funktionsfähigkeit erfasst. Es wird herausgefunden, dass ein intensives Programm hinsichtlich der Erhöhung der Muskelkraft effektiver als ein konservatives Programm ist und keine unerwünschten Nebenwirkungen auf die Krankheitsaktivität hat. Regensteiner, Steiner und Hiatt vergleichen ein Laufbandtraining mit einem Krafttraining und einer nichtübenden Kontrollgruppe bei Patienten mit peripherer arterieller Verschlusskrankheit. Vorteile des zwölfwöchigen Laufbandtrainings zeigen sich sowohl in funktionalen Skalen des SF - 20 - Fragebogens als auch in der körperlichen Aktivität. Die Effekte verstärken sich teilweise noch bei einer Verlängerung auf 24 Wochen (vgl. Regensteiner, J.G. et al. 1996). Im Rahmen dieser Auswahl erfolgte eine große Bandbreite erhobener Ergebnisparameter wie z.B. Muskelkraft oder Wirbelsäulenbeweglichkeit. Es wurden Fragebogenskalen zur wahrgenommenen Funktion im Alltag eingesetzt (vgl. Bührlen, B. 2001). Studien, welche sich im Rahmen der sporttherapeutischen Intervention mit Effekten bestimmter Trainings- bzw. Therapiemittel sowie angewandeter Trainings- oder Therapieverfahren beschäftigen, konnten als randomisierte und kontrollierte Studien nicht eruiert werden. Spezifische, an bestimmte Verletzungen gebundene trainingstherapeutische Empfehlungen, orientieren sich im Bereich der Verletzungen der unteren Extremitäten

in der Literatur vorrangig an **Hüftgelenk-Verletzungen** sowie **Verletzungen des Knies**, hier speziell der **operativ versorgten Kreuzbandruptur**.

Wesentliche Ziele der postoperativen Rehabilitation nach **Hüftgelenk-Operationen** sind:

- Gelenkbeweglichkeit von 90° Flexion und mehr
- Wiederherstellung der Koordination (hinkfreies Gehen ohne Gehilfe), Kraft und Ausdauer.
- Besserung und Abklingen subjektiver Beschwerden.
- Training der Aktivitäten des täglichen Lebens.
- Kompensation bleibender Funktionsdefizite durch Einsatz von Hilfsmitteln.
- Wiedererlangung der Selbstständigkeit der Patienten bzw. Rückkehr in gewohnte Lebensumstände (vgl. Ulreich et al. 1998).

Bezüglich der trainingstherapeutischen Intervention sollten Hüftabduktoren, -adduktoren, -extensoren und -flexoren gekräftigt werden (verg. Steininger, K. et al. 1994). I.d.R. ist die Adduktion über Nullstellung zu vermeiden. Hierbei besteht vor allem in Kombination mit der Außenrotation und Flexion die Gefahr der Relaxation. Bei unzureichender Stabilität ist ebenfalls eine Rotation des Beines zu unterlassen. Im Hinblick auf die Bewegungseinschränkung ist der Arztbericht zu beachten (vgl. List, M. 1996). Zur Entlastung des Hüftgelenkes sind zusätzliche Übungen im Wasser zu empfehlen. Aquajogging bietet sich als Trainingsalternative (vgl. Weimann, D., Wydra, G. 1999) an. Sportarten mit Dauerbelastung der unteren Extremitäten sind wegen frühzeitiger Arthrose nicht zu empfehlen (vgl. Voll, J. 1995). Entsprechend der im Grundlagenteil erörterten Langzeitkomplikationen, gerade in Kombination mit einer Azetabulumfraktur, ist bei 90% aller Fälle mit arthrotischen Gelenkerkrankungen zu rechnen (vgl. Trentz, V., Bühren, O. 2001). Bei

Patienten die seit langem unter einem Krankheitsbild wie Coxarthrose leiden, findet man meist für die Hüfte so typische Kapselmuster in Form einer Bewegungseinschränkung von Innenrotation, Extension und Abduktion (vgl. Tümping, U. 1994). Eine Degeneration des Knorpelgewebes mit sekundärer Knochenläsion und entzündlich bedingter Schrumpfung der Gelenkkapsel führt zur Arthrose (vgl. Froböse, I., Nellessen, G. 1998). Es kommt zur Deformität des Gelenkes (vgl. Moorahrend, U. 1991). Die zunächst empfohlene konservative Therapie beinhaltet eine orale Schmerztherapie, eine krankengymnastische Behandlung incl. physikalischer Therapie, den Einsatz orthopädischer Hilfsmittel sowie ggf. intramuskuläre oder sogar intraartikuläre Injektionen. Bei unerträglichen Schmerzen sollte die Verbesserung der Gelenkmechanik durch operative Behandlung entsprechend der individuellen Situation des Patienten, in Form einer Knochenumstellung, eines Gelenkersatzes oder einer Gelenkversteifung (Arthrodesen) erfolgen. Ggf. kommt auch eine Denervierungsoperation infrage (vgl. Froböse, I., Nellessen, G. 1998). Bis es zu einer Operation kommt, vergehen bei Coxarthrotikern in der Regel 6 Jahre (vgl. Ulreich, A. et al. 1998 et Scharek, O. et al. 1998). Dabei sollen auch die Beinlänge ausgeglichen und die physiologischen Achsenverhältnisse wieder hergestellt werden (vgl. Aebi-Müller, J. et al. 1997). Die Nachbehandlung der zementierten Hüft - Tep wird häufig nicht von der zementfreien Hüft - Tep unterschieden. Die zementfreie Tep kann lediglich früher belastet werden (vgl. Froböse, I., Nellessen, G. 1991). Die Fixation des Gelenkes erfolgt bei den immer jünger werdenden Patienten in aller Regel zementfrei, um notwendige Prothesenwechsel mit einem geringen Verlust an biologischem Material zu realisieren (vgl. Weller, S. et al. 1998 et Fünter, K. 2000). Auf die Darstellung des operativen Eingriffes wird im Rahmen dieser Arbeit nicht eingegangen. Nach der Gelenkersatzoperation sind die anatomischen Verhältnisse schlagartig geändert. Die Mechanik des Kunstgelenkes gegenüber der ursprünglichen Gelenkmechanik hat sich gravierend geändert. Die Muskellängenverhältnisse, die Haltefunktion des Kapsel-Band-Apparates des Hüftgelenkes und die propriozeptiven

Elemente haben sich verändert (vgl. Heisel, J. 1997 et Jerosch, J., Heisel, J. 2001). Zu diesen Veränderungen kommen die aufgrund der Gelenkerkrankung vorliegenden Funktionsstörungen in Form von Fehlhaltungen, Fehlbelastungen, Kontrakturen, Muskelatrophien sowie Einschränkungen der Beweglichkeit, Koordination und Sensomotorik hinzu. Zusätzlich sind Schmerzzustände und Störungen im Knochenstoffwechsel zu nennen. Auf der Ebene der Handicaps treten besonders Bewegungs- und Belastungsängste, eingeschränkte Bewegungsspontanität, Leistungsverlust, Bedrohung der wirtschaftlichen Existenz, Frühberentung und Störung des ADL auf (vgl. Schüle, K., Huber, G. 2000). Aus diesen Aspekten lassen sich die bereits erwähnten somatischen und funktionalen Therapieziele von Ulreich und im Bereich der psychosozialen Therapieziele die Verbesserung der Handlungskompetenz, eine Endängstigung, eine Verbesserung des ADL und die Stärkung der Sozial- und Krankheitskompetenz formulieren. Weiterhin werden Aspekte Krankheitsbewältigung und die Vermeidung von Risikoverhalten vermittelt (vgl. Schüle, K., Huber, G. et Protz, W. et al. 1998). Die Kombination der physischen und psychosozialen Aspekte sind entscheidend für die Partizipation der Patienten in Lebenszeit und Lebensraum (vgl. WHO 2001). Die Erfüllung der somatischen und frühfunktionellen Therapieziele nach Ulreich können nicht vollständig realisiert werden, da durch die limitierten Belastungsnormativa nur Teilbereiche umgesetzt bzw. angebahnt werden können (vgl. Görlich, P. 2002). In der Regel kommen Patienten mit Zustand nach zementfreier Hüft - Tep mit einer Belastungsvorgabe von 20kg auf der operierten Seite in die AHB. Im Laufe der dreiwöchigen Aufenthaltsdauer kommt es zu einer Steigerung auf 40kg bzw. maximal auf die Hälfte des Körpergewichtes auf der operierten Seite. Nach 6-8 Wochen ist die Weichteilheilung soweit fortgeschritten, dass bei genügender Weichteilspannung und korrekter Prothesenlage keine besonderen Vorsichtsmaßnahmen mehr nötig sind (vgl. Aebi-Müller, J. et al. 1997). Die ossäre Integration des Implantates ist etwa in der 12. postoperativen Woche abgeschlossen (vgl. Niethard, F. et al. 1989,

Fünten, K. 2000 et Heisel, J. 2001). Auf der Grundlage von Schmerzen und Muskelschwäche eignet sich ein Coxarthrose-Patient oft ein Gangbild an, dass besonders die Lendenwirbelsäule (LWS) und das Ilio-Sakralgelenk (ISG) belastet. Die Entwicklung eines harmonischen Gangbildes hat jedoch oberste Priorität. Durch geeignete trainingstherapeutische Interventionen gilt es den pathologischen Gangbildern, dem Duchenne Zeichen und dem Trendelenburg Zeichen sowie Kombinationen aus beiden Hinkmechanismen entgegenzuwirken (vgl. Tümping, U. 1994, Werbeck, B. 1999 et Werner, G. T. et al. 2000). Die zum Gelenkersatz führende Erkrankung bewirkt über Jahrzehnte eine progressive Bewegungseinschränkung und Schonhaltung des betroffenen Gelenkes. Eine zunehmende Atrophie und Verkürzung der das Gelenk umgebenden Muskulatur ist die Folge (vgl. Küsewetter, W. 1998). Horstmann et al. und Froböse / Nellessen beschreiben die Kraftdefizite bei Coxarthrose und Tep - Patienten und fordern gleichzeitig die aktive und passive Dehnung der Adduktoren, Abduktoren und Außenrotatoren. Gleichzeitig weisen sie darauf hin, dass stets im schmerzfreien Bereich trainiert werden sollte (vgl. Horstmann, T. et al. 1999 et Froböse, I., Nellessen, G. 1998). Nach Böger et al. ist das Training der Mm. gluaei medius et minus besonders wichtig, da sie die Einbeinphase stabilisieren. Der M. tensor fascia latae sollte speziell trainiert werden, da er bei Coxarthrose- und Tep - Patienten schon beim Gehen übermäßig stark arbeitet (vgl. Böger, W. et al. 1995). Erkdahl et al. favorisiert das dynamische Training gegenüber dem statischen Training. Ein statisches Training ist entsprechend ihrer Auffassung nur bei Ergussbildung angezeigt. Die Kräftigung sollte unter Entlastung des Hüftgelenkes im Wechsel in offener und geschlossener Kette erfolgen. Die geschlossene Kette ist funktioneller, die offene erzeugt weniger Druck im Hüftgelenk (vgl. Ekdahl, C. et al. 1992). Die verstärkte Atrophie der das Gelenk umschließenden Muskulatur erklärt sich dadurch, dass die am häufigsten unter Belastung durchgeführten Bewegungen im Hüftgelenk, das Gehen und Laufen sind. Die geschädigten Bereiche im Hüftgelenk werden folglich beim Kontrahieren der Muskeln komprimiert. Horstmann weist auf die Bedeutung der

Kraftausdauer der Hüftmuskulatur hin. 6 Monate nach der Operation weisen Hüftextensoren und -flexoren ein erhebliches Kraftausdauerdefizit auf. Die Ursachen für den mit der Belastungsdauer schlechter werdenden Gangablauf vieler Patienten sind in diesem Mangel begründet. Nach einer Tep - Operation korreliert das Hinken mit der Kraft und Kraftausdauer der Hüftextensoren. Ein starkes Hinken wirkt sich negativ auf die Prothesenhaltbarkeit aus (vgl. Horstmann, T. et al 1999, 2000). Bei einer gekräftigten Muskulatur sind die Gelenkstabilität und die Gelenkführung erhöht. Belastungen können besser kompensiert und abgefangen werden. Atrophierte und damit schnell ermüdende Muskeln führen zu einer hohen Gelenkbelastung. Dadurch wird der Gelenkentzündung und dem Schmerz Vorschub geleistet. Schmerzbedingte Kontrakturen erhöhen wiederum den Gelenkinnendruck und verändern die Gelenkkongruenz durch ein auf das Gelenk wirkendes Kräfteverhältnis (vgl. Horststmann, T. et al. 2001). Nach Küsewetter wirkt sich Muskelaufbautraining positiv auf die Widerstandsfähigkeit des Knochenlagers aus (vgl. Küsewetter, W. 1998). Untersuchungen von Krebs et al. haben Vorbehalte gegen das Krafttraining wegen zu hoher Druckentwicklung im künstlichen Gelenk widerlegt. Favorisiert wird das dynamisch-konzentrische Krafttraining. Den höchsten acetabularen (Gelenkpfannen-) Spitzendruck entwickelte eine Patientin mit sensorbestückter Hüfte bei isometrischer Abduktion. Isometrische Übungen in Extension/Flexion und Abduktion/Adduktion lagen auf dem Niveau des freien Gehens (vgl. Krebs, D.E. et al. 1991). Anhand der Gestaltung des koordinativen Trainings soll nachfolgend auf die Spezifik der Trainings nach **operativ versorgter VKB** eingegangen werden. Wesentliche Ziele von koordinativem Training nach **VKB - Operation** sind:

Die Verbesserung der intermuskulären Koordination, d.h. dem Zusammenspiel von synergistisch arbeitenden und antagonistischen Muskelgruppen innerhalb eines Bewegungsablaufes. Es wird eine ökonomische, harmonische und präzise Bewegungskonzeption im Sinne eines motorisch-dynamischen Stereotyps in einem optimalen Leistungsbereich angestrebt. Das Abrufen von prätraumatisch

beherrschten Bewegungsabläufen steht im Vordergrund.

Koordinatives Training nach einer Kniegelenksoperation verfolgt das Ziel, die fehlende, fehlgesteuerte oder geschädigte muskuläre Risikobereitschaft wiederherzustellen (vgl. Meier, H. 1998).

Herstellung einer stabilen und dynamischen Beinachsenstabilität (vgl. Swanik, C.B. et al. 1997). Eine VKB - Verletzung als auch die anschließende operative Versorgung ziehen ein koordinatives Defizit nach sich. Als Ursache für diesen Umstand werden eine verschlechterte Fähigkeit zur Eigenwahrnehmung (Propriozeption) durch die Verletzung von propriozeptiven Gelenkrezeptoren und ein damit verbundenes vermindertes Koordinationsvermögen vermutet (vgl. Irrgang, J.J. et al. 1994, Hopf, T. et al. 1995, Brand, B. et al. 1996, Pässler, H.H. 1997). Es wird davon ausgegangen, dass das veränderte Feedback der sensorischen Strukturen über die afferente Informationsvermittlung zu Modifikationen auf spinaler und kortikaler Ebene führt. Im Rahmen elektromyographischer Untersuchungen wurde ermittelt, dass als efferente Folge nach einer VKB - Operation Veränderungen der neuromuskulären Ansteuerungsmuster sowie dem koordinativen Leistungsvermögen auftreten. In der Mehrzahl der Untersuchungen mit dynamischer Testbewegung konnte ein langfristig veränderter Synergismus der Muskulatur durch eine geringere Aktivierung des M. vastus medialis und eine verstärkte Aktivierung des M. vastus lateralis und M. biceps femoris gemessen werden (vgl. Banzer, W. et al. 1994, Bulgheroni, P. et al. 1997, Cicotti, M.G. et al. 1994, Elmquist, L.G. et al. 1989 et Pfeifer, K. 1996). Cicotti et al. und Pfeifer beschreiben eine frühere und längere Aktivierung der ischiokruralen Muskulatur des operierten Beines. In der überwiegenden Zahl der Untersuchungen wird das kontralaterale nichtoperierte Bein als Vergleich herangezogen. Hopf et al. und Ostering et al. konnten auch für das nichtoperierte Bein neuromuskuläre Veränderungen quantifizieren. Diese weisen auf einen gestörten motorischen Stereotyp hin. Inwieweit dieses veränderte neuromuskuläre Ansteuerungsmuster therapeutisch korrigiert werden

kann, ist bislang nicht eindeutig nachgewiesen (vgl. Hopf, T. et al. 1995 et Osternig, L.R. et al. 1996). Bezüglich der Veränderungen des Koordinationsvermögens vor und nach einer VKB - Operation sowie nach der Durchführung einer trainingstherapeutischen Intervention konnten teilweise erhebliche Unterschiede aufgezeigt werden (vgl. Barrak, R.L. et al. 1989, Barrak, R.L. et al. 1994, Barrett, D.S. 1994, Beard, D.J. et al. 1993, Jerosch, J. et al. 1998 et Jerosch, J., Wüstner, P. 1998). Mit Hilfe von Gleichgewichtstests auf stabilen Flächen als diagnostisches Mittel konnte Barrack et al. signifikante koordinative Schwächen selbst bei einfachen Geh- und Laufbelastungen beobachten (vgl. Barrack, R.L. 1994). Der positive Einfluss auf die Entwicklung der koordinativen Fähigkeiten nach Kniegelenksoperationen wird durch koordinativ akzentuierte Programme bestätigt (vgl. Brand, B. et al. 1996, Jersch, J., Pfaff, G. et al. 1998 et Jerosch, J., Wüstner, P. et al. 1998). Brand et al. konnte in einer Untersuchung bereits vier Wochen nach VKB - Plastik das präoperativ gemessene Koordinationsniveau der gesunden Seite und der gesunden Kontrollgruppe erreichen. Die zeitnahe Verbesserung der koordinativen Fähigkeiten führen sie auf die Wirksamkeit des Koordinationstrainings und der in Kausalität dazu stehenden Normalisierung der biomechanischen Situation des Gelenkes zurück (vgl. Brand, B. et al. 1996). Lephart et al. kommen in ihren Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass propriozeptive Defizite eine entscheidende Rolle in der Ätiologie von chronischen und erneuten Verletzungen darstellen (vgl. Lephart, S.M. et al. 1995). Aufgrund der durch zahlreiche Untersuchungen nachgewiesenen hohen Stellenwertes von koordinativem Training im Rahmen der Rehabilitation nach VKB - Operation, werden zunehmend Therapiemittel zur Verbesserung der koordinativen Fähigkeiten eingesetzt. Konkrete methodische Konzepte, die eine phasenspezifische Akzentuierung geeigneter Trainingsmittel nach VKB - Operation erkennen lassen, konnten nicht eruiert werden. Neben der zunehmenden Anwendung computergesteuerter Mess- und Trainingsgeräte beschränken sich die Angaben meist auf den Einsatz von instabilen Unterlagen wie z.B. Kippelbretter, Weichmatten, Kreisel (vgl. Felder, H., Deubel, G. et al.

1998, Nepper, H.U. 1993 et Steinbrück, K. et al. 1996).

Allgemeine methodische Empfehlungen beschränken sich auf die Prinzipien:

- von einfachen zu komplexen Therapieanforderungen (vgl. Meier, H. 1998 et Teuber, L. et al. 1997),
- von beidbeiniger zu einbeiniger Bewegungsausführung,
- von langsamer zu schneller Bewegungsausführung,
- von stabilen zu instabilen Unterstützungsflächen,
- von kontrollierter zu unkontrollierter Bewegung,
- vom Üben mit offenen Augen zum Üben mit geschlossenen Augen (vgl. Irrgang, J.J. et al. 1994),
- von statischen zu dynamischen Belastungen (vgl. Teubert, L. et al. 1997).

Schwerpunktmäßig wird das koordinative Training entweder in der ersten vorbereitenden Phase nach einer VKB - Operation zur Wiederherstellung des afferenten Sets (Propriozeption) durchgeführt oder es bildet einen Therapieschwerpunkt zum Ende eines Rehabilitationsprogramms, gekoppelt mit Schnellkraft- und Reaktivkrafttraining (vgl. Felder, H. et al. 1998, Freiwald, J. et al. 1998, Froböse, I. 1992 et Meier, H. 1998). Dem hohen Stellenwert von koordinativem Training stehen weitgehend unterentwickelte methodische Grundlagen gegenüber. Roth und Neumaier/Mechling haben ein Modell der koordinativen Aufgabenklassen als Grundlage für die allgemeine Methodik entwickelt. Es enthält sechs motorisch - koordinative Druckbedingungen, aus denen sich eine Vielzahl von Möglichkeiten ergibt, koordinatives Training zu gestalten (vgl. Roth, K. 1998 et Neumaier, A. et al. 1998). Im Strukturmodell von Roth sind im Rehabilitationstraining der Bewegungsumfang (leichte Kniebeuge bis Hocke), Gewichtsbelastung (Teilbelastung - Körpergewicht - Zusatzgewichte ) und die Dynamik (statisch bis dynamisch) zusätzliche wichtige Steuergrößen des koordinativen Trainings (vgl. Roth, K. 1998).

Angelehnt an dieses Strukturmodell beschreibt Rebel ein rehabilitationsbegleitendes und phasenspezifisches Konzept für das Training koordinativer Fähigkeiten nach VKB - Operation. Das methodische Vorgehen im Rehabilitationstraining wird hier hauptsächlich durch postoperative Stabilität sowie die Schmerz- und Schwellungsentwicklung bestimmt (vgl. Rebel, M. 2000). Entsprechend den in der Trainingslehre allgemeingültigen Prinzipien sowie dem Zustand des Gelenkes (Reizergüsse, Schwellungen, Knorpelproblematik) gilt bei der Belastungssteuerung dem subjektiven Belastungsempfinden des Patienten besondere Aufmerksamkeit. Es ist besonders auf ein ermüdungsfreies Training unter Einhaltung von Pausen zu achten (vgl. Freiwald, J. et al. 1998, Teuber, L. et al. 1997 et Weineck, J. 1994). In ihren „Leitlinien zur ambulanten Rehabilitation von Erkrankungen des Bewegungsapparates“ teilen Thomas und Busse die Weiterbehandlung nach Versorgung im Akutkrankenhaus auf der Basis der Wundheilungsphasen in einen rehabilitativen 3 Stadienkomplex ein:

<b>Stadium I:</b>	Postprimäres Stadium (Protektion). Betroffene Wundheilungsphasen: Entzündungs- und frühe Proliferationsphase
Therapieinhalte:	Vegetative Therapie, Durchblutungsverbesserung, Schmerzlinderung, Matrixbelastung, Propriozeption, schmerzgesteuertes Bewegen, piezoelektrischer Effekt
Therapiemaßnahmen:	Partielle Immobilisierung, Kryotherapie, Hochlagerung operierter Extremitäten, Kompression, sympathische Reflexaktivierung durch das Spektrum der physikalischen Therapie, schmerzarme Mobilisation inkl. CPM, Bindegewebsmassage, klassische Massage, manuelle

Therapie, psychische Betreuung

Dauer: Haut, Bindegewebe, Muskel 0-4, Kapsel und Bänder, Meniskus, Sehnenansatz am Knochen und Sehne 0-5 Tage sowie Knochen variabel.

**Stadium II:** Ambulante Rehabilitation (EAP/AP). Betroffene Wundheilungsphasen : fortgeschrittene Proliferations- und frühe Umbauphase

Therapieinhalte: Durchblutungsverbesserung, piezoelektrischer Effekt, Mobilisation, Koordination/Propriozeption, Bewegen mit zunehmender Belastung, Trainingstherapie

Therapiemaßnahmen: Dosierte funktionelle Belastung und Bewegung im schmerzfreien Bereich als wichtigster Stimulus, passive Mobilisation, schmerzfreie aktive Bewegungsübungen (ca. 20-30% d. für das Stadium der vorliegenden Gewebsstabilität), gezieltes Training der physiologischen Bewegungsmuster mit dem Ziel einer funktionellen neuromuskulären Ansteuerung, Propriozeptorentaining durch KG auf neurophysiologischer Basis, manuelle Therapie (intermittierende oszillierende Traktions- und Gleittechnik); Ergotherapie.

Begleitend: Alle Maßnahmen der Schmerzlinderung, KG, Massage, Lymphdrainage, Elektrotherapie,

Ultraschall, Wärme.

Dauer: Haut 5-14, Bindegewebe und Muskel 5-20, Kapsel, Bänder und Sehnenansatz am Knochen 6-40, Meniskus 6-70, Sehne 6-30 ggf. 70 Tage sowie Knochen variabel

**Stadium III:** Integration (Stabilisierung des Rehabilitationsergebnisses, endgültige Erlangung der Alltagsaktivität, Abschluss der beruflichen und sportlichen Integration). Betroffene Wundheilungsphasen: fortgeschrittene Umbauphase (vgl. Thomas, M., Busse, M. 2002).

Therapieinhalte: Bewegen, Mobilisieren, spezifische Belastung, forcierte Trainingstherapie, sport- bzw. arbeitsspezifisches Training

Therapiemaßnahmen: Progressive Steigerung der forcierten Trainingstherapie mit besonderem Schwerpunkt des propriozeptiven Training, mobilisierende Manualtherapie. Ergotherapie. Flankierende Maßnahmen der physikalischen Therapie

Dauer: Haut 2, Bindegewebe, Sehnenansatz am Knochen und Muskel 4, Knochen 6, Kapsel und Bänder 7, Sehne 4-10 und Meniskus 11 Wochen

Zentraler Bestandteil des 3 Stadien-Komplexes ist die ambulante Rehabilitation. Hinsichtlich der Inhalte der ambulanten Rehabilitation

geht es bei allen Maßnahmen der Physiotherapie, Krankengymnastik und Trainingstherapie darum, eine der jeweiligen Wundheilungsphase angemessene Maßnahme anzuwenden, die bei Vermeidung kataboler Prozesse einen situativ maximalen Anabolismus induziert. In der sehr frühen Entzündungsphase sind dies ausschließlich die Reaktionslage des Gewebes beeinflussende Maßnahmen (Ruhigstellung, Entlastung, Entzündungshemmung), in der fortgeschrittenen Entzündungsphase zusätzlich jedoch bereits eine vorsichtige Förderung der Kollagensynthese durch dosierte Bewegungsformen oder andere, gleichartig wirksame Maßnahmen. Ziel aller therapeutischen Maßnahmen ist im weiteren Verlauf die Anregung und Beschleunigung der Geweberegeneration bei gleichzeitiger Verhinderung des Gewebeabbaus, wobei bewegungstherapeutische Einflüsse zunehmend entscheidende Bedeutung bekommen (vgl. Hertling, D., Kessler, R.M. 2002). Die EAP/AO setzt ein Wundheilungsstadium voraus, indem zumindest die fortgeschrittene Übungsstabilität besteht (vgl. Thomas, M., Busse, M. 2002). Die o.g. Autoren empfehlen eine quantifizierende Therapie der unteren Extremitäten im Rahmen der EAP/AO. Die genannten Maßnahmen stellen einen kleinen, aber eben quantifizierenden und damit für die Effizienzkontrolle unerlässlichen Teil der ambulanten Rehabilitation dar. Ein wesentliches Defizit des Therapieschemas stellt die fehlende Quantifizierung der schmerzfrei bzw. schmerzarm möglichen therapeutischen Übungen dar. Einzige in den meisten Therapieverfahren anwendbare Möglichkeit der reproduzierbaren, risikofreien Quantifizierung in jedem Belastungsausmaß zwischen passiv, aktiv - assistiv und allen aktiven Belastungen ist die Isokinetik, bevorzugt die Seilzugisokinetik sowie die computergekoppelten Seilzug- bzw. Sequenztrainingsgeräte. Im Bereich der Trainingstherapie bei **Hüftverletzungen** werden Beugung und Streckung in der geschlossenen Kette im Hüft- und Kniegelenk (nur isokinetisch mit Knieführungsschiene), im Beginn aktiv-assistiv vorgeschlagen. Als quantifizierende Trainingstherapie – **Knie** nennen die Autoren ebenfalls die Beugung und Streckung in der geschlossenen Kette im Hüft- und Kniegelenk (zunächst isokinetisch mit

Knieführungsschiene) im Beginn aktiv - assistiv. Ab etwa der 10 Therapieeinheit wird die Beinpresse empfohlen. Im Bereich der Trainingstherapie **Sprunggelenk** wird die Dorsalextension und Plantarflexion (zunächst mit rotatorischem isokinetischen System in geführter Bewegung, im Beginn aktiv - assistiv sowie die Beugung und Streckung in der geschlossenen Kette im Hüft- und Kniegelenk (zunächst isokinetisch) beschrieben. Als Nachweis der Wirksamkeit ist hier phasenspezifisch der Einsatz der Laufband-Ganganalyse genannt (vgl. Thomas, M., Busse M. 2002). Wissenschaftlich abgesicherte Angaben zu den üblichen Belastungsnormativen (Reizintensität, Reizumfang, Reizdauer, Reizdichte) die im Rahmen der Therapiesteuerung bzw. Therapieperiodisierung Bedeutung hätten, sind bisher nicht existent.

### **3 Wissensverarbeitende Funktionen in der Medizin**

#### **3.1 Hintergrund**

Bedingt durch den Fortschritt der Entwicklung medizinisch-technischer Diagnose- und Behandlungstechniken sowie aufgrund des Anteils älterer Menschen in der Gesellschaft, findet in den Gesundheitssystemen der Industrienationen eine qualitative Veränderung der medizinischen Leistungen statt. Zur Sicherung einer qualitativ hochwertigen Gesundheitsversorgung sind Optimierungen innerhalb des Gesundheitssystems erforderlich, die neue Qualitäten zu angemessenen Preisen ermöglichen. Die Bundesregierung setzt die Rahmenbedingungen für die Gesundheitsversorgung, welche leider immer wieder nur unter dem Druck, Kosten unter allen Umständen reduzieren zu müssen, durch. Nach der Qualität der medizinischen Dienstleistungen wird kaum gefragt. Kosten/Nutzen-Relationen kommen auch in Managed Care Strukturen zum Ausdruck, die zunehmend auch als Instrumente zur Gewährung wirtschaftlicher Leistungserbringung in den Ländern der EU, diskutiert werden. Aufgrund der wachsenden Bedeutung von Diagnose- und Behandlungskosten und dem

gleichzeitigen Streben nach qualitativ hochwertiger Medizin nimmt die Bedeutung der medizinischen Information zu. Die Datenverarbeitung und Kommunikation bedienen sich im Gesundheitswesen häufig veralteter Technologien. Durch mangelnde Kommunikation der beteiligten Akteure werden unnötige Kosten verursacht. Nach wie vor fehlen dem Arzt effektive Instrumente zur raschen Informationsbeschaffung und Ergebniskontrolle in der Diagnose und Therapie der Patienten.

Der schnellere Zugriff auf medizinische Daten bietet Raum für beträchtliche Einsparungen, verbunden mit einer gleichzeitigen Verbesserung der Qualität, indem Outcomes- und Cost – Benefit - Analysen sowie Maßnahmen des Qualitätsmanagements gefördert werden. Hierfür ist sicherzustellen, dass während des gesamten Behandlungsprozesses von der Prävention und Diagnostik über Therapie und Rehabilitation und Sekundärprävention, die Versorgung aller Beteiligten mit relevanten Informationen gewährleistet wird (Berger, R. 1997 et. Schmidt, B. et al. 1997).

Die Aufgabe und Chance einer verantwortlichen Gesundheitspolitik, dieses Informationsdefizit zu beseitigen und gleichzeitig über eine gezielte Verbesserung der medizinischen Abläufe, des heutigen Standes des Wissens einzuleiten, ist im Bereich der Medizinischen Rehabilitation, noch nicht umgesetzt. Das Ziel besteht darin, Schmerz- und Leidensphase des Patienten auf seinem Weg zur Genesung durch den Einsatz optimaler Diagnostik- und Therapiebedingungen so kurz wie möglich zu halten. Neben der Verpflichtung der schonenden und gezielten Untersuchung, eine gesicherte Diagnose zu stellen, ist das Rechtsgut des Patienten, seine Gesundheit durch geeignete Therapie und Rehabilitation schnellstmöglich wiederherzustellen und Sorge dafür zu tragen, dass es zu keiner erneuten Erkrankung kommt (vgl. Holstein, J. et al. 2000). Die Konstruktion wissensverarbeitender Systeme stellt den Versuch dar, menschliches Expertenwissen zu extrahieren, zu formalisieren und in einem Computersystem zu speichern. Im Anschluss

erfolgt eine Modellierung der Entscheidungsprozesse menschlicher Experten, welche wiederum zur Lösung konkreter Probleme führen soll. Es ist sicherlich kein Zufall, dass eines der ersten Expertensysteme überhaupt, das System MYCIN zur Diagnostik und Therapie von Infektionskrankheiten, im medizinischen Bereich entstand. In den Expertensystemen wird eine Möglichkeit gesehen, die immer größer werdende Flut an medizinischem Fach- und Detailwissen zu organisieren, zu speichern und anzuwenden. Man erhofft sich eine gezieltere, schnellere und effektivere Diagnostik und Therapie sowie eine Vermeidung von informationsbedingten ärztlichen Fehlern. Neben Kostensenkung und Unterstützung der Kommunikation, gewinnen Bemühungen zur Verbesserung der Qualität, die Vermeidung von Mehrfachuntersuchungen, eine wirtschaftlichere Arzneimittelversorgung und die Einsparung von Konsiliardiensten an Bedeutung. Selbst Spezialisten haben oft Schwierigkeiten, den eigenen Bereich noch verlässlich und sicher zu überschauen. Dieser Sachverhalt wird durch die allgemeinen Schwächen des menschlichen Intellektes - nämlich des Übersehens von Begleitumständen, das Sich - Irren, die Abhängigkeit von psychologischen und physischen Faktoren sowie die schwerwiegenden Folgen einer nicht optimalen Entscheidung noch verschärft (vgl. Goldberg, L.R. 1970). Als Ausweg aus diesem Dilemma werden seit Jahren elektronische Informationssysteme im klinischen Umfeld eingesetzt. Ihre zentrale Zielsetzung liegt in der:

- Entlastung des medizinischen Personals
- Erleichterung der Kommunikation zwischen den an der Behandlung beteiligten Personen und Einrichtungen sowie
- der Unterstützung der im Rahmen der ablaufenden Prozesse anfallenden Entscheidungsvorgänge relevanter Informationen

Eine Unterstützung der Entscheidungsprozesse, die über das wunschgemäße Präsentieren von Informationen hinausgeht, erhofft

man sich durch Systeme, die die Kenntnisse über betreffende Anwendungsgebiete besitzen. Hierdurch sollen diese in die Lage versetzt werden, das medizinische Personal durch Hinweis auf Handlungsalternativen während der durch die Meldung von Entscheidungsfehlern nach dem Entscheidungsprozess zu unterstützen. In dieser Arbeit sollen diese Systeme als wissensbasierte Systeme zur Entscheidungsunterstützung in der medizinischen Rehabilitation in Anlehnung an Proksch als wissensverarbeitende Funktionen bezeichnet werden (vgl. Prokosch 1995). Im Gegensatz zu den etablierten Informationssystemen haben die meisten dieser wissensbasierten Systeme hinsichtlich der Verwendung im klinischen Umfeld mit massiven Akzeptanzproblemen zu kämpfen. So wird festgestellt, dass zwar einerseits immer mehr Systeme dieses Typs entwickelt werden, aber andererseits überraschenderweise nur sehr wenige in der klinischen Routine eingesetzt werden (vgl. Wigertz 1986). Eine Ausnahme hierzu stellt das an der LDS - Universität in Salt-Lake-City entwickelte HELP - System dar, in dem seit Jahren erfolgreich wissensverarbeitende Funktionen im klinischen Umfeld eingesetzt werden (vgl. Hripcsak 1995). Die dort gesammelten Erfahrungen waren mitbestimmend beim Entwurf der Arden - Syntax. Hierbei handelt es um eine seit 1992 standardisierte Sprache zur Wissenspräsentation für den medizinischen Bereich, von der man sich die Entstehung klinisch anwendbarer wissensverarbeitender Funktionen erhofft (vgl. ASTM 1993). Bezüglich des zu bearbeitenden Themas gibt es derzeit in der Literatur weder zu den unter 2.1.1 - 2.1.3 beschriebenen isolierten Verletzungen, noch zu komplexen Verletzungsmustern, Hinweise zum Vorhandensein von wissensbasierten Systemen im Rahmen der orthopädisch - traumatologischen Rehabilitation. Bei der Leitliniensuche bilden Empfehlungen des DIMDI (vgl. DIMDI: SOP zur Literaturrecherche 1999) sowie des Scottish Intercollegiate Guidelines Network (vgl. SIGN 2001) ergänzt durch die Suchstrategie der Cochrane Back Group. Bisher konnten über 70 elektronische Quellen zum Retrieval von Leitlinien identifiziert werden. Ein Großteil stellen nationale und internationale Institutionen dar, die Leitlinien zur

Publikation sammeln bzw. entwickeln. Einen kleineren Anteil der elektronischen Quellen bilden klassische Literaturdatenbanken (z.B. MEDLINE, EMBASE, HEALTHSTAR, REHADAT, SOMED). Die Leitliniendiskussion wird in Deutschland seit einigen Jahren geführt, doch seit der Novellierung des SGB V im Jahr 1999 haben medizinische Leitlinien einen neuen gesundheitspolitischen Stellenwert erlangt. Nach § 137e des SGB V soll der Koordinierungsausschuss auf der Grundlage evidenzbasierter Leitlinien Kriterien für zweckmäßige und wirtschaftliche Leistungserbringung beschließen. Die Kluft zwischen theoretischem Wissen und praktischem Handeln ist in den vergangenen Jahren immer größer geworden. Die erarbeiteten Konzepte zur Qualitätsförderung von Leitlinien verbessern zwar die methodische Qualität der Leitlinienkonzepte, ein Einfluss auf die Leitlinienakzeptanz kann aber nur über zusätzliche Strategien zur Disseminierung und Implementierung erreicht werden. Darin ist eine wesentliche Voraussetzung für eine flächendeckende Umsetzung der medizinischen Handlungsleitlinien zu sehen (vgl. Ollenschläger, G. et al. 2001). Eine einfache Adaption einer bestehenden Leitlinie an die Anforderungen der medizinischen Rehabilitation ist nach dem bisherigen Stand der Analyse nicht möglich (vgl. Gülich, M. et al. 2002). Die Entwicklung und Implementierung von Leitlinien in die rehabilitative Versorgung stellen einen weiteren wichtigen Meilenstein in Richtung einer "evidenzbasierten Rehabilitation" dar (vgl. Helou, A. et al. 1998). In ihrem Artikel, "Leitlinien als Instrument eines Qualitätsmanagements der Sporttherapie", begründen Huber und Baldus die Notwendigkeit der Entwicklung und Einführung von Leitlinien zur Sporttherapie in der Rehabilitation (vgl. Huber, G., Baldus, A. 2001).

Es existiert zwar eine Vielzahl von Leitlinien, ein Großteil der publizierten Leitlinien entspricht bisher jedoch nicht den von den Experten geforderten Qualitätskriterien für evidenzbasierte Leitlinien (vgl. Helou, A. et al. 1998).

Hier besteht noch ganz erheblicher Entwicklungsbedarf, da "Wirksamkeit und Bedeutung von Leitlinien ganz wesentlich von dessen

Qualität" abhängt (vgl. Ollenschläger, G. et al. 1998). Müller - Fahrnow von der Humboldt-Universität zu Berlin hält die Leitliniendiskussion ebenfalls für eine Bereicherung in der Rehabilitation, zugleich merkt er an, dass die z.Z. vorhandenen Leitlinien zum Teil in einigen Indikationsgebieten gängige Praxis widerspiegeln. Weiterhin weist Müller - Fahrnow darauf, dass eine unzureichende Information der Rehabilitanden durch Rehabilitationseinrichtungen über Nachsorgemöglichkeiten noch immer ein Problem darstellt, dass partiell in der rehabilitativen Nachsorge zur Unterversorgung führe. Hier könnten Leitlinien insofern Verbesserungen bringen, als sie die jeweilige Diskrepanz zwischen den Ist- und den Soll-Behandlungsstandards dokumentieren. Bei der Entwicklung von Rehabilitationsleitlinien könne es zudem nicht nur darum gehen, einzelne Therapieelemente aneinander zu reihen, sondern sie müssten alle Aspekte beinhalten, die den Erfolg einer Rehabilitation bedingen. Dazu sind auch soziale Kontextfaktoren zu zählen. Lebens- und Arbeitsverhältnisse entscheiden nicht unwesentlich über den Erfolg der Rehabilitation (vgl. Egner, E. et al. 1998 et Dohnke, B. et al. 2002). Einen weiteren interessanten Ansatz zur „evidence - based“ -Entscheidungsanalyse in der Physikalischen und Rehabilitativen Medizin beschreiben Seichert und Erhart. Aus Sicht der „evidence based medicine“ besteht Diagnostik aus einer Reihe von einzelnen Tests bei denen jeder Einzeltest durch die Eigenschaften Sensivität ( $S_n$ ) und Spezifität ( $S_p$ ) eindeutig gekennzeichnet sind. Bei bekannter Prävalenz erlaubt  $S_n$  und  $S_p$  die Berechnung des „Prädikationswertes“. Dieser erlaubt eine quantitative Prognose, mit welcher Wahrscheinlichkeit die vermutete Schädigung bei genau diesem Patienten vorhanden ist. Falls die positive Prädikation eine vorgegebene Entscheidungsschwelle übersteigt, wird zugunsten eines bestimmten Vorgehens entschieden. Diesem „Entscheidungsanalyse“ genannten Vorgehen wird allgemein eine hohe Evidenz attestiert. In der Physikalischen und Rehabilitativen Medizin stehen nicht die Ursachen für, sondern die Folgen von Schädigungen im Vordergrund (vgl. Seichert, N., Erhart, P. 2003). Gegenstand dieses Kapitels ist zunächst eine Präzisierung sowie

Abgrenzung zu verwandten Begriffen. Danach werden einige Beispiele wissensverarbeitende Funktionen realisierende Systeme vorgestellt (vgl. Tafazzoli, G. 1999).

## 3.2 Begriffsbestimmungen

### 3.2.1 Wissensbasierte Funktionen

In vielen Arbeiten werden die Begriffe "wissensbasierte Funktionen" und "wissensverarbeitende Funktionen" als Synonym verwendet. Betrachtet man die zwei Begriffe allerdings genauer, so fällt auf, dass das Adjektiv "wissensbasiert" intuitiv einen passiven Charakter hat, wobei "wissensverarbeitend" mehr auf eine direkte Aktion hindeutet. Dies berücksichtigend, soll im Folgenden "wissensbasiert" auch eher den deklarativen Charakter des reinen Beschreibens von Wissen und "wissensverarbeitend" den mehr prozeduralen, mit einer aktiven Anwendung des Wissens verbundenen Charakter einer Funktion bezeichnen (vgl. Tafazzoli, G. 1999). In Anlehnung an Prokosch können wissensbasierte Funktionen folgendermaßen definiert werden (vgl. Prokosch, H.U.1995).

*"Wissensbasierte Funktionen sind diejenigen Mehrwert erzielenden Funktionen, die den Übergang von Daten auf Informationen ermöglichen. Hierbei kann es sich zum einen um komfortable Transformations-, Retrieval-, und Aufbearbeitungsfunktionen handeln, die es ermöglichen, aus einer Vielzahl der innerhalb eines Krankenhausinformationssystems gespeicherten Daten mittels Extraktion, Kombination und Aggregation die zur Lösung eines gegebenen klinischen oder administrativen Problems relevanten Informationen zu gewinnen und dem Benutzer aufbereitet darzustellen. Zum anderen handelt es sich um Funktionen, die es ermöglichen, eher globales Fakten-, wie z.B. allgemein anerkanntes medizinisches Fachwissen an den Datenverarbeitungs-Arbeitsplätzen eines Krankenhauses online verfügbar zu machen." (Prokosch, H.U. 1995)*

Als typische Beispiele für wissensbasierte Funktionen können also "klassische" Präsentationsfunktionen von Krankenhaus-

informationssystemen und medizinische Wissensserver innerhalb des Internets genannt werden. All diese Funktionen unterstützen den menschlichen Entscheidungsprozess im Vorfeld der Entscheidung durch Präsentation relevanter Daten (vgl. Tafazzoli, G. 1999).

### **3.2.2 Wissensverarbeitende Funktionen**

Wissensverarbeitende Funktionen können zum Zwecke der prospektiven Qualitätssicherung, zur Prozessverbesserung in der Krankenversorgung und auch zur Kostenreduktion eingesetzt werden. In den USA wurden die möglichen Vorteile derartiger Funktionen, wenn sie als integrierte Bestandteile klinischer Informationssysteme eingesetzt werden, bereits in verschiedenen Studien belegt (vgl. Prokosch, H.U. und McDonald, C.J. 1995). "Wissensverarbeitende Funktionen" sind in der Lage, durch Anwendung ihnen bekannten Wissens eigenständig Entscheidungen abzuleiten. Sie können nach Prokosch folgendermaßen präzisiert werden (vgl. Prokosch, H.U. 1995). *"In einer wissensverarbeitenden Funktion wird explizit repräsentiertes Wissen aktiv auf aktuell gegebene Fakten angewendet. Hierbei kann entweder der Prozess der menschlichen Entscheidungsfindung unterstützt (Entscheidungsunterstützung) oder aber eine getroffene Entscheidung mit vorliegendem Wissen verglichen und dadurch abgesichert werden (Entscheidungsmonitoring)."* (Prokosch, H.U. 1995). Der Wert dieser Definition liegt in der umfassenden Charakterisierung wissensverarbeitender Funktionen. Zum einen beschreibt sie auf einem relativ anwendungsnahen Niveau das Verhalten wissensverarbeitender Funktionen (Entscheidungsunterstützung bzw. Entscheidungsmonitoring), zum anderen legt sie auch eine wichtige methodische Eigenschaft fest, nämlich, dass eine solche Funktion auf explizit repräsentiertem Wissen aufsetzen muss. Die Eigenschaften expliziten Wissens werden im Zuge der Begriffsbestimmung "wissensbasiertes System" dargestellt. Aufgrund dieser letzten Eigenschaft ist das eine wissensverarbeitende Funktion realisierende System immer auch ein wissensbasiertes System (vgl. Tafazzoli, G. 1999).

### 3.2.3 Entscheidungsunterstützung

Zur vollständigen Beschreibung wissensverarbeitender Funktionen gehören die mit dieser Definition verknüpften Beschreibungen für Entscheidungsunterstützung und Entscheidungsmonitoring (vgl. Prokosch, H.U. 1995).

*"Entscheidungsunterstützende Funktionen setzen in einem frühen Stadium des menschlichen Entscheidungsprozesses an. Der Mensch muss dem System in der Regel Vorinformationen über seine Entscheidungssituation liefern und wird dann durch einen Entscheidungsvorschlag vom System bei der Festlegung seines Handlungsplanes unterstützt. Diagnosesysteme sind typische Beispiele entscheidungsunterstützender Funktionen."*

Besonderes Augenmerk soll der Formulierung "bei der Festlegung seines Handlungsplanes unterstützt" gelten. Diese Unterstützung variiert bei existierenden Systemen von einer symbiotischen Zusammenarbeit von EDV-Systemen und Benutzer bis hin zur Degradierung des Benutzers zum passiven Teilnehmer an einer Systemsitzung. Diese Spannweite der Rolle des Benutzers bzw. EDV - Systemes bei entscheidungsunterstützenden Funktionen ist Grundlage der Einteilung existierender Systeme in die Klasse der monolithischen und katalytischen Systeme (vgl. Tafazzoli, G. 1999).

### 3.2.4 Entscheidungsmonitoring

Für klinische Anwendungen ist nach den bisherigen Erfahrungen das Entscheidungsmonitoring von größerer Bedeutung. Hierbei wird ebenfalls operationalisiertes Wissen in einer Wissensbank vorausgesetzt. Beim Entscheidungsmonitoring werden jedoch keine Vorschläge entwickelt. Vielmehr werden getroffene Entscheidungen an dem gespeicherten Wissen überprüft. Der Arzt erhält nur dann Mitteilungen, wenn relevante, gespeicherte Wissens-elemente verletzt worden sind, auf die er dann, wenn als nötig befunden, reagieren kann. Das Entscheidungsmonitoring hat sich besonders bei der Arzneimittelversorgung und in der ambulanten Versorgung bewährt (vgl.

Prokosch, H.U. 1995). Voraussetzung für die Anwendung von Systemen mit Entscheidungsmonitoring ist die Einbindung in klinische Informationssysteme. Die benötigten Daten müssen aus dem Informationssystem verfügbar sein. Die Aktivierung der wissensbasierten Funktionen muss automatisch bei Verletzung des gespeicherten Wissens erfolgen (vgl. Dudek, J. et al. 2001).

### **3.2.5 Wissensbasiertes System**

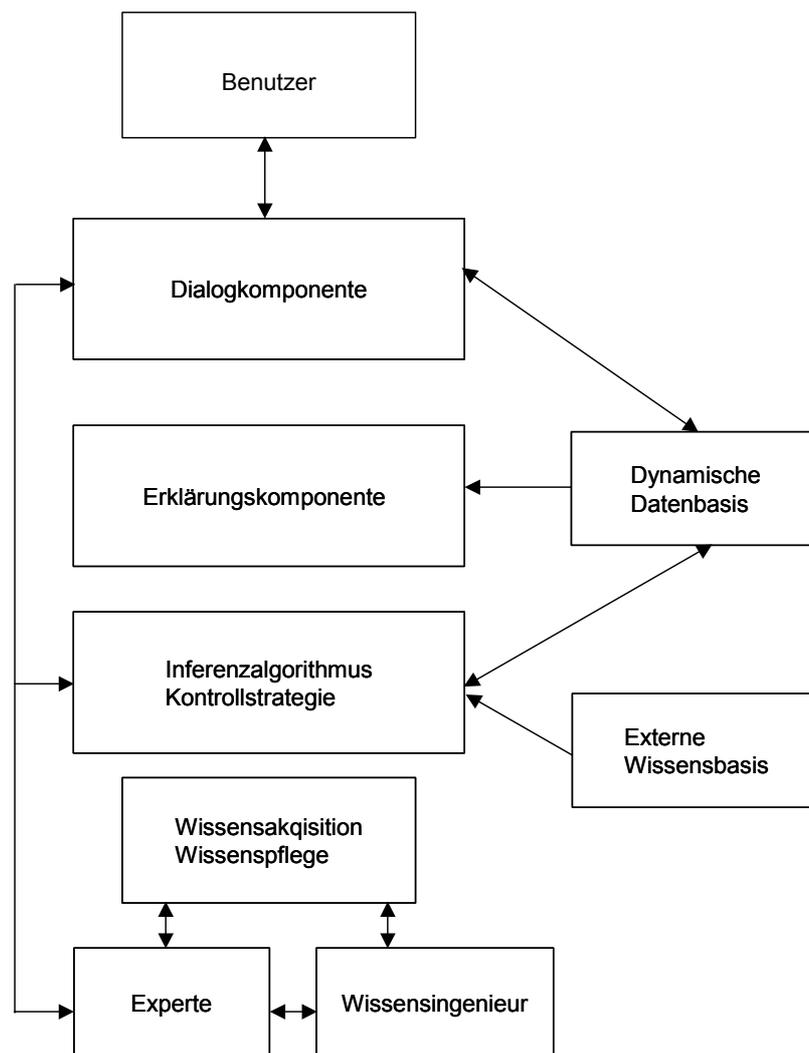
Der Begriff wissensbasiertes System ist auf den ersten Blick irreführend, da er dazu verleitet anzunehmen, dass solch benannte Systeme, sich durch das Beinhalten von Wissen von konventionellen Systemen (Systeme, deren Verhalten vollständig durch prozeduralen Code beschrieben ist - anders formuliert - deren Wissen in impliziter Form repräsentiert ist) unterscheiden. Dies ist jedoch nicht der Fall, da selbst konventionelle Systeme Wissen enthalten. Wissen ist die notwendige Voraussetzung für die Durchführung eines Ablaufes oder Algorithmus. Auch die Annahme, dass prinzipiell nur mit einem wissensbasierten System komplexe Probleme, wie beispielsweise das Diagnose - oder Therapieproblem, gelöst werden können, ist falsch (vgl. Tafazzoli, G. 1999). Es ist zwar sehr aufwendig, aber durchaus möglich, die Problemlösung eines wissensbasierten Systems durch ein konventionelles Programm zu realisieren. So verweist z.B. Szolovits darauf, dass zur Beschreibung des komplexen Verhaltens von MYCIN - einem frühen wissensbasierten System zur Diagnostik und Therapie schwerer bakterieller Infektionen - ein konventioneller Algorithmus, der zwar einige hundert Seiten Flussdiagramm umfassen würde, denkbar wäre (vgl. Szolovits, P. 1982). Das Charakteristische an wissensbasierten Systemen ist also nicht, dass sie Wissen enthalten, sondern die Art, wie dieses Wissen im System enthalten ist. Konventionelle Systeme enthalten Wissen in impliziter, wissensbasierte Systeme in expliziter Form (vgl. Tafazzoli, G. 1999). Friedrich und Stumpner formulieren in Gottlob den Unterschied zwischen implizitem und explizitem Wissen wie folgt (vgl. Gottlob et al. 1990): "*Je nachdem,*

*ob dieses Wissen im Programmcode versteckt oder verteilt ist, oder ob es in bestimmten Teilen des Systems lokalisierbar ist, spricht man von implizitem oder explizitem Wissen". ...."Implizites Wissen steckt z.B. im Code eines Programms, das eine bestimmte mathematische Funktion berechnet, z.B. das Produkt zweier Matrizen. Der entsprechende Algorithmus wird nicht aufgerufen, weil das Programm nach dem Algorithmus gesucht hat, sondern weil der Programmierer wusste, dass er ihn im Programmablauf an dieser Stelle anwenden muss. Das Wissen, dass dieser Algorithmus an einer bestimmten Stelle (d.h. bei Erreichen einer bestimmten Anweisung) ausgeführt werden muss, ist also im Programmcode versteckt. Der Prozeduraufruf ändert daran nichts. Das Wissen ist zwar abstrahiert im Unterprogramm versteckt, aber die Informationen, welches Unterprogramm aufgerufen werden soll, ist wieder fix im Programmcode enthalten."....."Im expliziten Fall sind dem System seine Problemlösungsmöglichkeiten für eine bestimmte Aufgabe bekannt, also an einer bestimmten Stelle im System explizit vermerkt und werden den Bedürfnissen entsprechend angewendet. "....."Systeme, die Wissen in expliziter Form enthalten, werden als wissensbasierte Systeme bezeichnet." (Gottlob et al. 1990)*

### **3.2.6 Expertensysteme**

Im Zusammenhang mit wissensbasierten Systemen fällt oft der Begriff Expertensystem. Als Expertensystem wird ein Computerprogramm bezeichnet, das in einem eng abgegrenzten Gebiet mit dem Wissen eines (menschlichen) Experten ausgestattet ist und auf diesem Gebiet dessen Problemlösungsfähigkeit erreicht oder übertrifft (vgl. Haux, R. 1987). Expertensysteme werden meist wissensbasiert konstruiert. Während der Begriff Expertensystem den externen Aspekt des Systemverhaltens beinhaltet, betont der Begriff wissensbasiertes System den internen Aspekt der Systemstruktur. Das Expertensystem verfügt im Unterschied zum wissensbasierten System über eine hohe Komplexität des inkorporierten Wissens. Dieses wird in explizit deklarativer Form dargestellt. Expertensysteme werden daher auch oft als Teilmenge der wissensbasierten Systeme verstanden. Anstelle des

Begriffes "Expertensystem" wird immer häufiger der Begriff "wissensbasiertes System" verwendet, da ersterer zu übertriebenen Einschätzungen über die Funktionsweise des Systems verleitet (vgl. Tafazzoli, G. 1999). In anderen Begriffsbestimmungen zu wissensbasierten Systemen ist eine starke Orientierung am Begriff des Expertensystems deutlich. Dieses äußert sich typischerweise in einer Gleichsetzung von prozeduralem Wissen mit implizitem Wissen (vgl. Tafazzoli, G. 1999).



**Abbildung 12:** Typischen Aufbau eines Expertensystems /  
(Abbildung aus Henrich, W. 1999)

Informationsfluss innerhalb der Architektur eines Expertensystems. Den Kern jedes Expertensystems bildet die Wissensbasis ("wissensbasierte Systeme"), in der das fallspezifische und fachbereichsbezogene Erfahrungswissen der Experten in formalisierter Form abgespeichert ist. Die externe Wissensbasis enthält dasjenige

Wissen, das separat außerhalb dieses Softwaresystems (explizit) formuliert und gespeichert wird. In der dynamischen Datenbasis werden die Patientendaten und alle anderen Daten die während der Anwendung des Inferenzalgorithmus oder andere Komponenten des Systems entstehen, gespeichert. Zum interaktiven Arbeiten mit dem Expertensystem bedarf es darüber hinaus einer Dialogkomponente, über die der Benutzer seine Anfragen an das System stellt und die Ergebnisausgabe steuert. Die Erklärungskomponente besitzt die Fähigkeit, dem Benutzer die Entscheidung zu begründen. Die Kontrollstrategie ist diejenige Strategie, die notwendig ist, um das Fachwissen und die Inferenzalgorithmen nach Zeit, Art und Weise einzusetzen. Dasjenige Wissen, welches zum Ausführen der Kontrollstrategie notwendig ist, nennt man Kontrollwissen (Handlungswissen). Mit Wissensakquisition wird derjenige Prozess bezeichnet, mit dem Wissen aus verschiedenen Quellen erworben, formalisiert und in der externen Wissensbasis gespeichert wird (vgl. Henrich, W. 1999 und Wischnewsky, M.B. 2000)

### **3.3 Vertreter wissensbasierter Systeme in der Medizin**

Wissensbasierte Systeme - historisch eher als Expertensysteme bezeichnet - haben nach einer Phase des Experimentierens in den 70er und Anfang der 80er Jahre eine gewisse begriffliche und methodische Reife erreicht und auch in Anwendungen schon einige Erfolge zu verzeichnen (vgl. Richter, M., Maurer, F. 1995 und Mertens, P., Voss, H. 1997). Medizin als Anwendungsgebiet wissensbasierter Methoden hat dabei paradoxerweise mit zur frühesten Entwicklung auf diesem Gebiet beigetragen, aber dennoch nur wenige durchschlagende Erfolge erreicht (vgl. Buchanan, B., Shortliffe, E. 1984). Dies ist umso erstaunlicher, als gerade die Qualität ärztlichen Handelns durchaus der Verbesserung und Hilfestellung bedarf (vgl. De Domball, F.T. 1988). Beispiele aus jüngster Zeit auch aus Deutschland zeigen, dass wissensbasierte Systeme ärztliche Tätigkeit sicherer, effizienter bzw. genau auf die Bedürfnisse des Patienten ausgerichtet werden lassen

(vgl. Haux, R. et al. 1997). Wissensbasierte Funktionen bieten also das Potential, ärztliches und pflegerisches Handeln in verschiedenen relevanten Dimensionen zu verbessern. Dem steht gegenüber, dass wissensbasierte Funktionen in den Anforderungen des klinischen Alltages nur werden durchsetzen können, wenn sie sowohl intern ein hohes Maß an Konsistenz, terminologischer Klarheit und getreuer Abbildung der medizinischen Sachverhalte realisieren, als auch nach außen nahtlos mit anderen Anwendungssystemen des medizinischen Versorgungssystems interagieren (vgl. Knaup, P. et al. 1997). Nachfolgend soll exemplarisch an ausgewählten Systemen die Vielseitigkeit dieser Systeme hinsichtlich Anwendungsbereichen, Methodik sowie Problemen bei der klinischen Einsetzbarkeit beschrieben werden.

### **3.3.1 MYCIN**

Das an der Stanford University entwickelte MYCIN ist das bekannteste wissensbasierte System im medizinischen Bereich und Vorbild für zahlreiche andere Systeme (vgl. Shortliffe, E.H. 1976). Es wurde entworfen, um Ärzte bei der Diagnose und Behandlung von Meningitis und bakteriellen Infekten zu unterstützen. Aus der Analyse bereits gespeicherter Informationen über einen Patienten entwickelt MYCIN einen Dialog mit dem Anwender, in dem die zur Diagnosestellung noch fehlenden Daten erfragt werden. Die komplexe Fragestellung konnte mit dem MYCIN - Paradigma auf nur einige hundert verständliche Regeln und einen einfachen Rekursionsalgorithmus reduziert werden. In MYCIN wird das Fachwissen in Regeln dargestellt. Die Diagnostik wird durch zielgerichtete, rückwärtsverkettete Auswertung der Produktionsregeln durchgeführt. Eine MYCIN - Konsultation läuft in zwei Phasen ab. Zuerst wird die Diagnose erstellt, in deren Verlauf die vermuteten Erregerorganismen identifiziert werden. Dann werden ein oder mehrere Medikamente vorgeschlagen (vgl. Harmon, P., King, D. 1989). Formale Bewertungen von MYCIN haben gezeigt, dass es im Bereich von Diagnostik und Therapie von Bacterämie und Meningitis

dem Entscheidungsverhalten von menschlichen Experten sehr nahe kommt (vgl. Yu, V.L., Buchanan, B.B. et al. 1979). MYCIN wird jedoch nicht in der klinischen Kontrolle verwendet, da seine Wissensbasis bezüglich Diagnostik und Therapie anderer Infektionskrankheiten unvollständig ist. MYCINs besondere Rolle besteht darin, dass es das erste ernstzunehmende entscheidungsunterstützende System im medizinischen Bereich ist (vgl. Tafazzoli, G. 1999).

### **3.3.2 INTERNIST**

Es wurde zu Beginn der 70er Jahre von Harry E. Pople jr. einem Informatiker sowie Dr. Jack D. Myers, einem Facharzt für innere Medizin an der Universität Pittsburg entwickelt. INTERNIST ist ein Expertensystem für den Anwendungsbereich der inneren Medizin (vgl. Harmon, P., King, D. 1989). Es besteht im Wesentlichen aus zwei Komponenten: einer Wissensbasis und einem heuristikbasierten diagnostischen Algorithmus. Die Beziehungen zwischen Krankheit und Symptomen werden in Form von Krankheitsprofilen in der Wissensbasis repräsentiert. Ein solches Profil stellt eine Liste von allen bei einer Krankheit auftretenden Symptomen dar. In der Wissensbasis INTERNIST-I waren schon bald ungefähr 600 Krankheitsprofile und über 4000 Symptome bekannt, womit eine Abdeckung von 75% der Diagnosen der inneren Medizin erreicht werden sollte (vgl. Miller, R.A. et al. 1982). Die Benutzung von INTERNIST ist jedoch sehr zeitaufwendig, da der Benutzer viele Rückfragen beantworten muss. CADUCEUS ist eine Weiterentwicklung von INTERNIST. Es benutzt dieselbe Datenbank von INTERNIST und versucht die Schwierigkeiten von INTERNIST zu beseitigen, indem es mit einer Analyse des möglichen Auftretens unterschiedlicher Krankheiten auf einer Metaebene beginnt (vgl. Harmon, P., King, D. 1989).

### **3.3.3 Das HELP - System**

Das HELP - System ist kein wissensbasiertes System im Sinne der bisher vorgestellten Modelle. Es ist vielmehr ein klinisches

Informationssystem, das das medizinische Personal bei Entscheidungen unterstützen kann. HELP war das erste Krankenhausinformationssystem mit integrierter Entscheidungs-Unterstützung. Das System wurde am LDS Hospital in Salt Lake City entwickelt. Die Anfänge liegen im Herzgefäß - Forschungslabor von Dr. Homer R. Warner (vgl. Gilad, J. et al. 1991). Hauptmerkmale von HELP sind die Erweiterungsfähigkeit der zugrundeliegenden Patientendatenbank um neue Merkmale, wie Fähigkeit und Logik zur Unterstützung von Aufgaben aus dem medizinischen und administrativen Bereich zu verarbeiten sowie die Beinhaltung von Subsystemen für Fragestellungen aus dem Bereich der Forschung. Das Wissen zur Entscheidungsunterstützung ist im HELPH - System modular aufgebaut. Es verfügt über eine Vielzahl von computerbasierten Funktionen wie z.B. Terminplanung, Aufnahme, Nursing Information System, Medikamenten Anforderungssystem bzw. Blutanforderungsprogramm. Der ICU Rounds Report gibt einen Überblick über den Status des Patienten während der letzten 24 Stunden. Dieser Report existiert ausschließlich in der Intensivstation. Er dient dem Überblick aller an der Behandlung beteiligten Personen über die momentane Situation des Patienten. Der Report steht jederzeit im System zur Verfügung, wird jedoch nicht Teil der permanenten Patientenakte. Im Gegensatz zum ICU Rounds Report existiert der 7-Day Summary Report für alle Stationen und wird auch Teil der permanenten Patientenakte. Die Ergebnisse der Wissensverarbeitung können zu verschiedenen Zielen, wie beispielsweise der Patientendatenbank, Stationsdrucker oder speziellen Forschungsdateien geschickt werden (vgl. Reed, M. et al. 1999).

### **3.3.4 Das CCC-System**

Safran stellt das sogenannte CCC-System als eine Erweiterung des Informationssystems des "Center for Clinical - Computing" am Bostoner Beth Israel Krankenhaus vor. Zielsetzung des Systems ist die Unterstützung der Behandlung HIV- infizierter Patienten (vgl. Safran, C.

(a) et al. 1996). Typisch für diesen Bereich ist neben der Komplexität der Behandlung, die große Dynamik im Wissen zu Diagnostik und Therapie (vgl. American College of Physicians 1994). Weiterhin müssen im Falle einer Unterstützung, eventuelle Informationen zeitnah zum Patientenkontakt zur Verfügung stehen. Vorarbeiten zur Systementwicklung waren unter anderem eine Befragung von mit der Behandlung von HIV-Infizierten erfahrenen Ärzten. Die vorgeschlagenen Leitlinien beinhalten die Bereiche:

- der Sammlung von grundlegenden Daten zum Krankheitsmonitoring,
- der Einleitung präventiver Maßnahmen,
- des periodischen Screenings und
- des Therapiemonitorings.

Wesentliche Bestandteile des Systems sind sogenannte "Alerts" und "Reminders". Für den Anwender handelt es sich hier um bestimmte Meldungen, wie der behandelnde Arzt informiert wird. Besonders wichtige Informationen werden als "Alert" unmittelbar nach der Generierung präsentiert. Als "Reminder" klassifizierte Informationen werden unter Umständen erst nach einer Zeitverzögerung dem behandelnden Arzt übermittelt. Die Information erfolgt typischerweise, wenn der Arzt Bestandteile des entsprechenden Patientendatensatzes konsultiert bzw. bearbeitet. Neben der unmittelbaren Präsentation hilfreicher Informationen, verfügt das System über die Fähigkeit der Unterstützung eventuell geforderter Aktionen. Nach erfolgter Meldung an den behandelnden Arzt, dass die Dosis eines speziellen Medikamentes zu modifizieren ist, bietet das System folgende Möglichkeiten:

- die Dosis zu modifizieren (mit der Möglichkeit, einen neuen Behandlungstermin zu vereinbaren, ein Rezept auszustellen oder einen Patientenbrief schreiben),

- die Meldung als unpassend kennzeichnen,
- die Meldung einer anderen Person übermitteln,
- die Anzeige der Meldung auf einen anderen Termin zu verlegen oder Patientendaten anzuzeigen (vgl. Tafazzoli, G. 1999).

Zur Bewertung des Erfolges wurde eine achtzehnmonatige Studie mit dem Ziel durchgeführt, inwieweit sich das Verhalten der Ärzte, die Meldungen erhielten, von dem der Ärzte die keine Meldungen erhielten, bezüglich der Erfüllung definierter Leitlinien, abweicht. Die veröffentlichten Ergebnisse belegen, dass im Bereich der Behandlung von HIV-Patienten die Präsentation von "Alerts" und "Reminders" zu einer signifikant schnelleren und vollständigeren Anpassung an praktische Handlungsleitlinien führten. So wurde z.B. festgestellt, dass bei 338 "Alerts", die in der Kontrollgruppe generiert worden wären, die durchschnittliche Zeit bis zum Zeitpunkt der geforderten Aktion bei 52 Tagen lag (vgl. Safran, C. (b) et al. 1996). Bei der mit entsprechenden Meldungen versorgten Gruppe vergingen lediglich 11 Tage. Das beschriebene System bietet weiterhin die Möglichkeit auf verschiedene Online-Datenbanken zurückzugreifen (vgl. Tafazzoli, G. 1999).

### **3.3.5 Das - Regenstrief Medical Record System - (RMRS)**

Das Regenstrief Medical Record System (RMRS) hat seinen Ursprung im Regenstrief Institute of Health Care Indianapolis. Dieses Institut wurde zusammen mit der Regenstrief Foundation im Jahre 1969 vom Industriellen Samuel Nathan Regenstrief und Dr.J.B. Hickam gegründet. Die Gründer erhofften sich, mit diesem Institut künftig Techniken der biomedizinischen Wissenschaften, der Informatik und des industriellen Engineerings direkt auf Szenarien im Gesundheitswesen übertragen zu können. Es sollte dadurch die medizinische Versorgung verbessert, rationale Methoden zur Ressourcenverteilung eingeführt und quantitative Methoden in Medizinischer Entscheidungsfindung und Anwendung gefördert werden (vgl. Mc Donald, C.J., Tierney, M.W., et

al. 1992 et The Regenstrief Institut 1999).

Die selbstdefinierten Ziele des Projektes lauten wie folgt:

1. Entwicklung von Instrumenten, Systemen und Standards zur effektiven Datenerfassung.
2. Zusammenführung von Daten verschiedener Einrichtungen im Gesundheitswesen mit dem Ziel eine populations- basierende Datenbasis zu erstellen.
3. Methoden entwickeln, um Daten zu quantifizieren, die normalerweise nicht von medizinischen Krankenakten erfasst werden. Dies sind z.B. Quality of Live, Pflegezufriedenheit, Patienten- und Arztwünsche.
4. Verbessertes Design statistischer und epidemiologischer Studien und Entwurf von Methoden zur Analyse komplexer Patienten-Datenbanken.
5. Methoden erarbeiten, die Bewertungen von Risikofaktoren und Behandlungsmethoden aus randomisierten oder nicht - randomisierten Patientengruppen zulassen.
6. Entwickeln von Analysemethoden oder longitudinalen Datenbasen, um auf Maße für Ergebnisse im klinischen Alltag schließen zu können.
7. Methoden der Datenorganisationen und - präsentationen entwickeln, die das Verständnis der menschlichen Wahrnehmung und des menschlichen Verhaltens berücksichtigen und den klinischen Alltag und dessen Praxis umfassen und somit die Entscheidungsfindung von Ärzten sowie Patienten unterstützen.
8. Repräsentationsmethoden erzeugen für aktuelles medizinisches Wissen (Bücher, veröffentlichte Schriften) in kodifizierter und aktiver Form (Verfahrensvorschriften), das mit einem speziellen Patientenstatus verbunden ist, um dessen Pflege zu planen und die Resultate seiner Behandlung zu verbessern. Dies würde

Rückkopplungen und das Einschreiten durch verschiedene computer-basierte Informationen beinhalten, die entwickelt worden sind, um das Verhalten des Personals und/oder des Patienten zu ändern.

9. Entwicklung und Leiten kontrollierter Studien, die Effizienz und Qualität der medizinischen Versorgung überprüfen (vgl. McDonald, C.J., Tierney, W.M., et al. 1992 et The Regenstrief Institut 1999 et Kujath, O. 1999).

Das RMRS verfügt über die üblichen Funktionen des Patientenmanagements, z.B. Vermeidung von Doppelaufnahmen. Daten von Patienten, die dennoch irrtümlich oder in Notfallsituationen zum zweiten Mal aufgenommen worden sind, können zusammengeführt werden. Die Dokumentation von Laborwerten, ärztlichen Anweisungen, Berichten, EKG-Daten und weiteren klinischen Parametern sind möglich. Ein entsprechendes entscheidungsunterstützendes Modul ist ebenfalls integriert. Das Hauptaugenmerk ist hier jedoch auf die Einhaltung von Kostenplänen der Health Maintenance Organisation, gerichtet. Zusätzliche Informationen aus Literatur- und Pflegedatenbanken sind ebenfalls abrufbar, so z.B. Medline - Abfragen (vgl. Kujath, O. 1999). Beim RMRS handelt es sich um ein verteiltes Datenbanksystem, welches über eine zentrale Vergabe der Patienten - ID verfügt. Es wird zwischen ambulanten und stationären Patienten unterschieden. Die Dateneingabe erfolgt direkt von den medizinischen Geräten. Die Akzeptanz der Datenverarbeitung ist auch bei den amerikanischen Ärzten ein größeres Problem. Es existiert kaum Kooperation mit der Industrie. Das ganze RMRS scheint sowohl national als auch international kaum Bedeutung zu haben, da weder über MEDLINE, noch bei der WHO-Datenbank etwas über RMRS gefunden wurde. Auf Deutschland bzw. Europa ist RMRS nicht zu übertragen, da es total andere Voraussetzungen zur Abrechnung von Leistungen, zur Leistungserfassung, Datenschutzkonzepten und Finanzierung gibt (vgl. Kujath, O. 1999).

### **3.4 Die klinische Einsetzbarkeit wissensbasierter Systeme in der Medizin**

Erstmals wurde in den fünfziger Jahren der Nutzen von computergestützter Entscheidungsfindung prognostiziert (vgl. Ledley, R., Lusted, L. 1959). Wissensbasierte Systeme blicken auf eine 40jährige Geschichte zurück. Auf die erste Begeisterung über das anscheinend leichte "Programmieren" von Wissen erfolgte die Ernüchterung, da frühe Versuche die Erwartungen, eine umfassende praktische Entscheidungsunterstützung zu liefern, nicht erfüllt werden konnten. Die Technologie des Knowledge Engineering entwickelte sich jedoch weiter, auf deren Grundlage zahlreiche wissensbasierte Systeme entwickelt wurden. Einige Systeme sind inzwischen im Routineeinsatz in der Medizin oder im Gesundheitswesen. Das Projekt "Nutzenbewertung und Erfolgsfaktoren Wissensbasierter Entscheidungsunterstützung" unter der Projektleitung von Prof. Dr. Thomas Wetter, hatte während der Projektlaufzeit 9/1998-6/2001, die Zielstellung, fehlende verlässliche Angaben darüber, unter welchen Bedingungen der Einsatz solcher Systeme erfolgsversprechend ist oder nicht. Neben der genauen Untersuchung des Prozesses des Knowledge Engineering wurde begonnen, "Erfolgsberichte" zu sammeln und deren Gemeinsamkeiten herauszuarbeiten. Als Methode wurde die Auswertung vorhandener Publikationen angewendet. Insgesamt wurden 98 Artikel analysiert. Das Literaturverzeichnis steht unter der angegebenen Quelle zur Verfügung (vgl. Wetter, T. 2002).

### **3.5 Modellierung von Wissen**

Wissen kann als Instrument des Menschen zum Umgang mit der Umwelt angesehen werden. Als wesentliches Kriterium für den Erfolg dieses Instrumentes ist langfristig das Überleben der Wissenskultur anzusehen. Gemäß dieser Vorstellung von Wissen ist es sowohl Begründungsbasis menschlicher Handlungen als auch Ergebnis individueller und kollektiver menschlicher Handlungen. Wissen gewinnt

als industrielle Ressource in Zukunft immer mehr an Bedeutung. Nach Medsker folgt dem Wechsel vom Datenzeitalter in das Informationszeitalter, der Übergang in das Wissenszeitalter (vgl. Medsker, L.R. 1994). Nach Popovic et al. sind Informationen und Daten nicht mit Wissen zu verwechseln. Sie sind für die Entwicklung von wissensbasierten Applikationen allerdings relevant (vgl. Popovic, D. et al. 1994). Wissen bezieht sich nach Klix et al. aus psychologischer Sicht ursprünglich auf die Art und Weise, die Dinge und Zusammenhänge in der Umwelt zu entscheiden, sei es, dass diese Umwelt unmittelbar erfahren wurde, oder durch Sprache, Bilder bzw. Medien vermittelt worden ist. Im Ergebnis geistiger Prozesse erweitert sich dieses Wissen (vgl. Klix, F., Spanda, H. 1998). Seit der Einführung des Begriffes "knowledge level" (Wissensebene) in den frühen 80er Jahren durch Newell, dient dieser als wichtiger Antrieb für Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Expertensystemtechnologie. Während das Wissen in den Expertensystemen bis etwa Anfang der 80er Jahre durch Befragung von Experten und der Umsetzung der Ergebnisse in Datenstrukturen (z.B. Regeln) operationalisiert wurde (rapid prototyping), gingen im späteren Verlauf neue Überlegungen, hin zu abstrakten und allgemeingültigen Modellen. So konnte Wissen transparenter und wiederverwertbar gemacht werden (vgl. Newell, A. 1982). Bei der Entwicklung von wissensbasierten Systemen fand somit ein Wechsel von einem Transferparadigma zu einem Modellierungsparadigma statt (vgl. Angele, F. et al. 1998). Die zweite Generation von Expertensystemen ist durch die klare Trennung der Wissensebene (knowledge level) von der Symbolebene (symbol level) gekennzeichnet. Entwurf und Entwicklung von Wissensbasen sind unter modellierten Gesichtspunkten von der realen Implementierung strikt zu trennen. Sie sind durch die Verwendung unterschiedlicher Wissensquellen und Wissensrepräsentationen charakterisiert. Modellbasierte Ansätze auf Basis der "knowledge level" Definition nach Newell sind relativ neu (vgl. Newell, A. 1982)

*"Wissen ist die Beschreibung für WAS, WIE und WARUM in der Welt - was für Aufgaben oder Probleme festlegt, wie sie zu lösen sind und*

*warum sich die Welt so verhält, wie sie das tut" (Simmons, R. et al. 1993).*

Modellierungen von wissensintensiven Problemstellungen auf dem "knowledge level" erlauben demnach, kognitives Verhalten vorauszusagen und zu verstehen, ohne ein Verarbeitungsmodell für diesen Prozess zu haben. Nach Simmons kann Wissen aus systematischer Sicht nach Typ oder nach Art der Abstraktion in unterschiedliche Quellen eingeteilt werden. Die explizite Einteilung des komplexen Wissens in verschiedene, modular strukturierte Wissenstypen (Wissen über das WAS, WIE bzw. WARUM) liefert neben den praktischen Vorteilen im Wissenserwerb auch einen höheren Nutzen für die Erweiterbarkeit, Wiederverwendbarkeit und Verständlichkeit eines Systems. Die Schwierigkeiten bei der Verwendung von verschiedenen Arten von Wissen liegen in erster Linie darin, zu entscheiden, wie komplexes Wissen zu unterteilen ist bzw. wie Teillösungen anschließend wieder zusammengefügt werden können (vgl. Grubner, T. 1993). Mit dem Ziel, eine modellorientierte Entwicklung wissensverarbeitender Systeme zu unterstützen, wurden in den vergangenen Jahren eine Reihe von Methoden und Techniken entwickelt. Diese konzeptionellen Modelle für die Wissensverarbeitung (knowledge engineering) und das Wissensmanagement (knowledge management) dienen dem strukturierten Entwurf und Aufbau von Wissensbasen, die neben hoher Transparenz auch wiederverwertbar sein sollen (vgl. Wielinga, B. et al. 1998). Die Entwicklung von diagnostischen Wissensbasen in der Medizin ist ein sehr aufwendiger Prozess, der es aus ökonomischen Gründen notwendig macht, dass das Wissen vielseitig verwendbar ist. Dazu gehören das Herleiten von Diagnosen aufgrund von Symptomen entsprechend verschiedener Wissensarten und Problemlösungsmethoden, fallbasiertes Training, Dokumentation, Arztbriefe sowie die Nutzung von Informations- und Nachschlagewerken inkl. des Internet (vgl. Puppe, F., Schewe, S. 1997). In der Entwicklungsphase der Problemanalyse, eines wissensintensiven Prozesses, in der das problemspezifische Wissen von verschiedenen Wissensträgern akquiriert, analysiert und formalisiert

wird, führen diese Beschreibungsmethoden auf hoher Abstraktionsebene zu einer transparenten, effizienten und wiederverwertbaren Konzeption (vgl. Schreiber, Th., Wielinga, B. 1998). Im Rahmen dieser modellorientierten Sichtweise des zugrundeliegenden Wissens geht es nicht mehr darum, Wissen von Experten zu extrahieren, sondern Modelle zu entwickeln, die das Problemlösungsverhalten von Experten nachbilden (vgl. Wielinga, B. et al. 1998). Wielinga et al. beschreibt die nachfolgenden vier Ebenen, auf denen das Expertenwissen beschrieben und analysiert werden kann:

#### Bereichsebene

Festlegung von Fachbegriffen, z.B. Objekte, Merkmale und deren Ausprägung, Begriffe zur Datenvorverarbeitung (z.B. quantitativ - qualitativ), Relationen zwischen den Objekten werden in Form von Regeln festgelegt

#### Interferenzebene

Auf dieser Ebene kann eine hierarchische Einteilung der Fachbegriffe in "Metaklassen" durchgeführt werden, wie z.B. Symptome/Merkmale, Symptominterpretationen / Merkmalsabstraktionen, Grob-Diagnosen (Lösungsklassen) und Fein-Diagnosen (Lösungen)

#### Ebene der Problemlösungsstrategie

Mit den zuvor definierten Wissensquellen und Metaklassen lassen sich Problemlösungsstrategien formulieren.

#### Strategieebene

Wielinga et al. beschreibt die Flexibilität der Experten bei der Handhabung mit Problemlösungsstrategien, er führt jedoch aus, dass bisher noch keine Methode zum Erreichen der Flexibilität konkretisiert wurde (vgl. Wielinga, B. 1998).

## **4 Maßnahmen zur Qualitätssicherung durch leistungsdagnostische Verfahren**

Als Folge knapper werdender finanzieller Möglichkeiten, verlangen die Kostenträger in zunehmendem Maße den Effizienznachweis für trainingstherapeutische Maßnahmen. Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement wird zukünftig im Rahmen der medizinischen Rehabilitation eine steigende Bedeutung zukommen (vgl. Frick, U. et al. 1999). Im Rahmen der Aufgabenstellung der Arbeit erscheint es notwendig, über Möglichkeiten der Qualitätssicherung trainingstherapeutischer Interventionen im Rahmen eines sportwissenschaftlichen Ansatzes, nachzudenken.

### **Grundlagen der Qualitätssicherung**

Begriffsbestimmungen der Qualitätssicherung aus anderen Bereichen der Medizin sind zum Teil zu spezifisch und lassen sich deshalb nur über eine entsprechende Modifizierung auf den o.g. Geltungsbereich anwenden (vgl. Schmidt, K. et al. 1991). Eine allgemeine und damit auch generell anwendbare Definition des Begriffes Qualität liefert die DIN 55350 (vgl. DIN Taschenbuch 2002). "Unter Qualität versteht man die Gesamtheit aller Eigenschaften und Merkmale eines Produkts oder einer Tätigkeit, die sich auf die Eignung zur Erfüllung gegebener Erfordernisse beziehen". Zur Qualitätssicherung eines Produktes bzw. einer Tätigkeit müssen demnach geeignete Maßnahmen ergriffen werden, die einer Eignungsprüfung in Bezug auf den Verwendungszweck des Produktes oder das Ziel der Tätigkeit zulassen oder bei Nichteignung des Produktes oder der Tätigkeit aufzeigen, wie notwendige Anpassungen vorzunehmen sind (vgl. Weißbauer, W. 1991). Huber und Baldus gehen in ihrem Artikel "Qualitätsmanagement in der Bewegungstherapie" davon aus, dass Qualitätssicherung voraussetzt, bereits Bestehendes zu sichern (vgl. Huber, G., Baldus, A. 2000). Bezogen auf den Gegenstand des Rehabilitationstrainings wäre

entsprechend zu klären, welche Erfordernisse das Rehabilitationstraining zu erfüllen hat, bzw. welches Ziel entsprechend des Zustandes des zu rehabilitierenden Patienten, erreicht werden soll. Weiterhin ist dann zu prüfen, inwiefern die Eigenschaften bzw. Merkmale des Rehabilitationstrainings dazu geeignet sind, um den angestrebten Zustand zu erreichen bzw. die formulierten Rehabilitationsziele umzusetzen (vgl. Frick, U. et al. 1999). Ziel des Rehabilitationstrainings ist es, die normalen Funktionen wiederherzustellen. Was als normale Funktion gilt, ist jedoch vom Einzelfall abhängig. Eine Überprüfung des Rehabilitationstrainings im Sinne der Qualitätssicherung darf nicht nach einem Schema ablaufen, sondern muss in differenzierter Weise auf die individuellen Erfordernisse ausgerichtet sein (vgl. Frick, U. et al. 1999). Da Rehabilitationstraining einen Prozess darstellt der sich in Phasen vollzieht, muss Qualitätssicherung nicht nur am Endprodukt, sondern auch am Prozess und der Struktur orientiert sein (vgl. Einsingbach, T. 1988, Froböse, I., Lagerström, D. 1991, Erich, D., Gebel, R. 2000 et Huber, G., Baldus, A. 2000). Im Falle der Ergebnisqualität wäre lediglich zu überprüfen, ob der Rehabilitand einen gewünschten Zustand am Ende des Rehabilitationsprozesses erreicht hat (z.B. normales Gangbild ohne Ausweichbewegungen beim Treppensteigen). Bezogen auf die prozessorientierte Qualitätssicherung muss in jeder Phase die Wirksamkeit der vorgenommenen trainingstherapeutischen Interventionen durch phasenspezifische Testverfahren nachgewiesen werden. Die entsprechende Eignung der Testverfahren vorausgesetzt, können die gewonnenen Daten zur Festlegung neuer Trainingsbelastungen und damit zur Optimierung der Trainingssteuerung in Form einer interaktiven Qualitätssicherung dienen (vgl. Frick, U. et al. 1999, Lagerström, D. 2001). Die Auswahl der leistungsdiagnostischen Verfahren orientiert sich an den Erfordernissen der jeweiligen Phase des Rehabilitationsprozesses.

## 4.1 Phasen der muskulären Rehabilitation

Bezogen auf die zeitliche und inhaltliche Strukturierung des Prozesses der muskulären Rehabilitation existieren eine Vielzahl von Phasen- und Stufenmodellen von teilweise sehr differenziertem Allgemeingrad (z.B. Scheibe, J. et al. 1986, Einsingbach, T. 1988, Froböse, I., Lagerström, D. 1991, Ehrich, D., Gebel, R. 1992, Pässler, H.H., Shelbourne, K.D. 1993 et Schmidtbleicher, D.1994). Das "4-Phasen-Programm der beschleunigten Rehabilitation" von Pässler/Shelbourne bezieht sich primär auf Verletzungen des vorderen Kreuzbandes. Die Modelle von Froböse/Lagerström und Schmidtbleicher beziehen sich auf eine allgemeine, nicht an spezifische Verletzungen gebundene Strukturierung des muskulären Rehabilitationsprozesses. Sie müssen bezüglich der Phasendauer und Übungsauswahl in den einzelnen Phasen der jeweiligen Verletzung angepasst werden (vgl. Frick, U. et al. 1999). Charakteristisch für das 4-Phasen-Aufbautraining (1. Mobilisationstraining, 2. Stabilisationstraining, 3. funktionelles Muskeltraining, 4. Muskelbelastungstraining) von Erich/Gebel 1992 ist zum einen die Vielzahl an Trainingszielen in jeder einzelnen Phase (5-9) und die zum anderen zunehmende Belastungssteigerung hinsichtlich Intensität, Umfang und Komplexität. Einsingbach 1988 stellte ein 5-Phasen-Modell vor, welches sich am aktuellen Entwicklungsstand des Rehabilitanden orientiert und ebenfalls mehrere Trainingsziele in jeder Phase vorsieht:

1. Phase (Stufe der Übungsstabilität)
  - Der Schwerpunkt liegt auf dem statischen und dynamischen Muskeltraining und der Beweglichkeitsschulung.
2. Phase (Stufe der Belastbarkeit)
  - sieht Koordinations- und Beweglichkeitsschulung einerseits und Maximal- und Kraftausdauertraining andererseits vor.
3. Phase (Stufe der Beanspruchbarkeit)

- wird dem Aspekt der Ermüdungsresistenz, Belastungen über einen längeren Zeitraum durchzuhalten, besondere Bedeutung beigemessen.

#### 4./ 5. Phase (Stufe der Alltags- bzw. Sportbeanspruchung)

- zeichnen sich durch das Erreichen der vollen Arbeits- bzw. sportartspezifische Beanspruchung aus (vgl. Einsingbach, T. 1988) Differenzierte Aussagen zu spezifischen Schwerpunktsetzungen in der 4. und 5. Phase werden nicht diskutiert, wobei das eigentliche Ziel der muskulären Rehabilitation, die sichere Bewältigung der individuellen motorischen Anforderungssituation nur unscharf umrissen wird und kaum therapeutische Handlungsrichtlinien enthält. Eine reduktionistische Betrachtungsweise, die sich nur auf den Vergleich von Kraftwerten zwischen gesunder und verletzter Extremität bezieht läuft Gefahr, dass beträchtliche Defizite in der Stabilität von Alltags- und Sportmotorik übersehen werden (vgl. Frick, U. et al. 1999).

Die Phasenmodelle von Froböse/Lagerström 1991, Grimby/Thomee 1989 und Schmidbleicher 1994 tragen dieser Forderung besser Rechnung.

Nachfolgendes Modell wurde in der Folgezeit weiter modifiziert:

Phase:           rehabilitatives Vortraining, Ziel: Schmerzlinderung,  
                   Ödemresorption, Athrophieprophylaxe  
                   Koordinationsverbesserung, Verbesserung der  
                   kardiopulmonaren Leistungsfähigkeit, Training des  
                   gesamten Organismus

Phase:           therapeutisches Muskeltraining, Ziel: Vergrößerung des

Muskelquerschnitts, Ausgleich muskulärer Dysbalancen,  
Verbesserung der Ausdauer und Koordination

Phase: medizinisch indiziertes Krafttraining, Ziel: Steigerung der intra- und intermuskulären Koordination, Bahnung funktioneller Bewegungsmuster, anforderungsspezifische Verschiebung des Gehalts an slow - twitch und fast – twitch Muskelfasern durch entsprechende Trainingsreize und Aufbau reaktiver Kraftqualitäten.

Phase: arbeits- und sportartspezifisches Training, Ziel: Umsetzung der erarbeiteten Kraft, Ausdauer, Koordination und Schnelligkeit auf arbeits- und sportartspezifische Ansprüche, Ökonomisierung von Haltung und Bewegung, Prävention gegenüber erneuter Überlastung und Verletzung (vgl. Kunz, M. et al. 1995, Rost, K. et al. 1997, Binkowski, H. et al. 1997, Ehrich, D., Gebel, R. 2000, Maibaum, S. et al. 2001, Horn, H.G., Steinmann, H.-J. 2001, Buchbauer, J., Steininger, K. 2001 et Peterson, L., Renström, P. 2002). Eine Optimierung der Rehabilitation ist erst dann gewährleistet, wenn die einzelnen Therapieverfahren - medizinische, physiotherapeutische, krankengymnastische und trainingstherapiespezifische, zeitlich und inhaltlich aufeinander abgestimmt sind, so dass im Sinne einer optimalen Reizsetzung die gewünschten Adaptionsprozesse initiiert werden können (vgl. Felder, H. 1998). Auf entsprechende Verfahrensweisen, bezogen auf trainingstherapeutische Interventionen bei Verletzungen der unteren Extremitäten, wird unter Punkt 2.4 eingegangen.

## **4.2 Leistungsdiagnostische Verfahren und ihre Eignung für die Qualitätssicherung in der muskulären Rehabilitation von Sport- und Unfallverletzungen**

Inwieweit ein leistungsdiagnostisches Verfahren einen positiven Beitrag zur Qualitätssicherung der muskulären Rehabilitation von Sport- und Unfallverletzungen leisten kann, ist anhand einiger Kriterien zu prüfen (vgl. Frick, U. 1999). Grundlegende Bedingung für jedes Messverfahren ist die Erfüllung der allgemeinen Gütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität. "Die Objektivität ist definiert als der Grad der Unabhängigkeit der Testergebnisse von störenden Situationseinflüssen. Man unterscheidet dabei - den Phasen des Messvorganges entsprechend - zwischen Objektivität der Durchführung, der Auswertung und der Interpretation." (Roth 1999, S.259) "Die Reliabilität (Zuverlässigkeit) ist definiert als der Grad der Genauigkeit, mit der ein Test - bei gegebener Objektivität ( $S = \text{konstant}$ ) - ein (oder mehrere) Personenmerkmal(e) erfasst. Die Frage was gemessen wird, bleibt dabei noch ausgeklammert." (Roth 1999) "Die Validität (Gültigkeit) ist definiert als der Grad der Genauigkeit, mit der ein Test auch tatsächlich jene(s) Personenmerkmal(e) erfasst, für dessen (deren) Messung er konstruiert ist. Hohe Validität bedingt notwendigerweise hohe Objektivität und Reliabilität." (Roth 1999). Eine Messgröße, welche in der Medizin ein Indikator für den Gesundheitszustand ist, so entsprechend der Forderung der WHO, muss folgenden Kriterien gerecht werden:

- die Messgröße soll messen, was als Messobjekt festgelegt ist;
- die Messungen verschiedener Untersucher zu verschiedenen Zeitpunkten müssen zum gleichen Ergebnis führen;
- Veränderungen der Situation müssen durch die Messgröße registriert werden,
- die Messgröße soll Veränderungen nur in der betreffenden

Situation widerspiegeln (vgl. Israel 1982 et Krause et al. 1981).

Die Qualität der gesundheitlichen Versorgung kann nur dann objektiv gemessen werden, wenn eine allgemein akzeptierte Vorstellung von guter Qualität existiert, z.B. in Form von "evidenzbasierten Sollwerten", welche als Leitlinien formuliert werden. Dem Koordinierungsausschuss nach § 137e SGB V obliegt u.a. die Aufgabe, Kriterien zur Beurteilung von Qualität der Versorgung zu entwickeln. Solche Kriterien, die international als klinische Messgrößen bezeichnet werden, haben im Allgemeinen eine starke Steuerungsfunktion in der Versorgung (vgl. Geraedts, M. et al. 2002).

#### **4.2.1 Klinische Ganganalyse in der Orthopädie und Traumatologie - Computergestützte Messtechnik zur Bewegungs- und Belastungsmessung bei Unfallverletzungen der unteren Extremitäten**

In der Orthopädie und Traumatologie kommt es bei Unfallverletzungen der unteren Extremitäten zu Einschränkungen und Störungen der physiologischen Bewegungsmöglichkeiten, die sich in der Veränderung des Gangbildes manifestieren. Grundlagen der Beschreibung des Ganges sowie des pathologischen Ganges, wurden bereits unter 2.3.2 und 2.3.3 erörtert. Die Ganganalyse hat sich zur Beurteilung des Ausmaßes der Einschränkungen und zur Diagnose der Ursachen der Gangstörungen etabliert. Weiterhin dient sie der Überprüfung des Erfolges einer operativen, konservativen oder physiotherapeutischen Behandlung (vgl. Gage, J.R. 1994 et Wirth, C.J. 2001). Erste Beschreibungen der menschlichen Bewegung sowie deren Erklärungsversuche aufgrund von genauen Beobachtungen wurden schon von Aristoteles und später von da Vinci und Borelli vorgenommen. Die Gebrüder Weber verfassten 1836 mit dem Werk "Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge" eine detaillierte biomechanische Abhandlung über den Gang des Menschen. Diese beschränkte sich entsprechend der damaligen technischen

Möglichkeiten, nur auf eine zweidimensionale Betrachtung (vgl. Weber, W. & Weber, E. 1836). Vor der Erfindung der Fotografie musste man sich auf eine möglichst genaue visuelle Beobachtung verlassen, um die Bewegungscharakteristiken zu analysieren. 1887 veröffentlichte der Amerikaner Muybridge die ersten Fotografien von menschlichen und tierischen Bewegungen. Mit der Verbesserung der fotografischen Materialien wurden kürzere Belichtungszeiten ermöglicht. Somit konnten mehrere nebeneinander aufgebaute Kameras Serienbilder aufzeichnen. Seine Bildserien konnten durch eine schnelle Abfolge der einzelnen Bilder einen Eindruck von der Dynamik der Bewegungen vermitteln (vgl. Muybridge, E. 1887). Mit Hilfe der Phasenfotografie, von Strichdiagrammen und auch durch die Festlegung von Gliedmaßenschwerpunkten, konnten große Fortschritte bei der Bewegungsanalyse erzielt werden (vgl. Holzner, R. 1990). Die Väter der französischen Biomechanik, Carlet (1895) und Marey (1895) schafften die notwendigen Voraussetzungen auf Seiten der Messtechnik. Sie entwickelten die ersten Luftkammer-Sensoren zur Druckmessung im Schuh mit stationären und später sogar portablen Aufzeichnungsgeräten. Des Weiteren entwickelten sie die Chronophotographie, bei welcher mit Hilfe von Stroboskopblitzen, Phasenbilder von menschlichen Bewegungen angefertigt wurden. Die beiden preussischen Militärärzte Braune und Fischer führten die erste dreidimensionale Bewegungsanalyse durch. Mit Hilfe von Leuchtstoffröhren an den Extremitäten, wurden diese in einem abgedunkelten Raum, von zwei Kameras aus unterschiedlichen Perspektiven aufgenommen. Um den Einfluss der zusätzlichen Last auf den Körperschwerpunkt zu untersuchen, wurden drei Versuche ohne und mit Marschgepäck aufgezeichnet. Erst mit der Entwicklung der Computertechnik wurden diese Methoden der bildgestützten Bewegungsanalyse schneller und einfacher einsetzbar (vgl. Rosenbaum, D. 1999). Durch die von Scherb 1952 entwickelte Myokinesiographie konnten Korrelationen bei Bewegungsabläufen des Ganges und den dazugehörigen Muskelaktionsphasen aufgezeigt werden. 1974 setzte Debrunner eine Mehrkomponentenplattform zur

Analyse des Ganges ein. Limmer differenzierte 1977 die Bodenreaktionskräfte mittels Quarz – Kristall - Mehrkomponentenmessplatten (vgl. Holzner, R. 1990).

### **Biomechanische Objektivierungsmethoden**

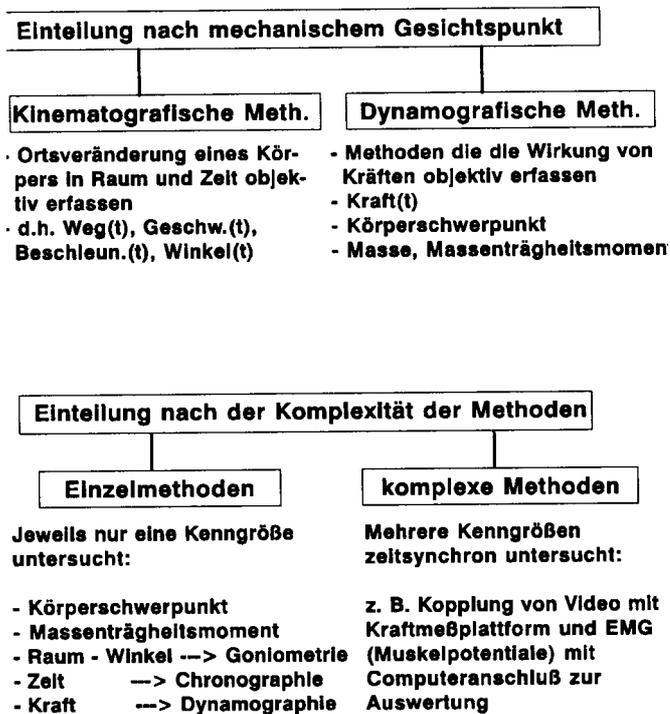


Abbildung 13: Biomechanische Objektivierungsmethoden

Berthold und Dietrich präsentierten 1988 ein Messverfahren, welches es mit Hilfe der Zwei-Waagen-Probe erlaubte, den Rehabilitationsverlauf einzuschätzen. Mittels Prüfung der Körpermasseverteilung, wird in der Halbkniebeuge, das asymmetrische Verhalten evaluiert. Diese Verfahren zeigen das im Laufe der Rehabilitation abnehmende Asymetriverhalten zwischen den Gliedmaßen(vgl. Berthold, F., Dietrich, L. 1988). Quantitativ „objektivierbare Gangbilddiagnosen“ sollten nach bisherigen Befunden, die sich mehr oder weniger an den klinisch-neurologischen Alltag begrenzt vorhandenen Instrumentarien funktioneller Untersuchungsmethoden orientieren, vor allem beinhalten:

- allgemeine Gangzyklendaten, d.h. Zahlenmaterial bzw.

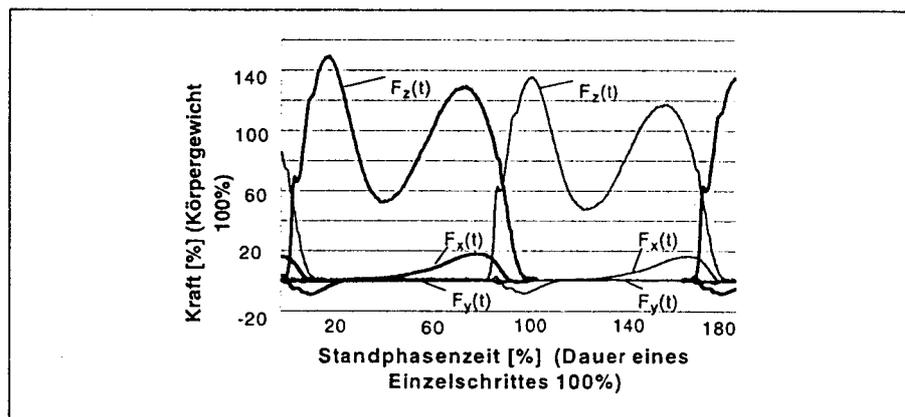
Funktionsverläufe der Stand- und Schwungphasendauer der Einzelbeine und Positionsänderungen einzelner markanter Punkte der kinematischen Kette einschließlich des Körperschwerpunktes (KSP),

- Winkeländerungen zwischen ausgewählten Extremitäten,
- translatorische und rotatorische Geschwindigkeiten und Beschleunigungen ausgewählter Körperpunkte (vgl. Perry, J., Montgomery, J. 1987 et Hesse, S. et al 1991).

Konkrete und vor allem praktikable Orientierungshilfen für den Mediziner oder Therapeuten zur Energetik bzw. Effizienz des Bewegungsablaufes, Wirkungsgradbetrachtungen in Relation zu real auftretenden variablen Bedingungsgefügen exo- und endogenen Charakters usw., sind nur im Ansatz in der Literatur zu finden (vgl. Margaria, R. 1982). In der Literatur nachzulesende weitergehende analytische Befunde, die im Rahmen komplexer Messdatenerhebungen (komplex – bezüglich des eingesetzten Methodenspektrums) erarbeitet wurden, ergänzen die bisher gekennzeichneten Gangzyklenparameter (vgl. Margaria, R. 1982, Winter, D.A. 1989, Savvidis, E., Loeer, F. 1989, Olney, S.J. et al 1991). Besonders hervorzuheben sind :

- aus Reaktionskraftmessungen erzielte dreidimensionale Kraft-Zeit-Verläufe sowie Reaktionskraftvektor- bzw. Vektordynamogrammdarstellungen, berechnete Momente,
- mechanische Arbeits- und Leistungsgrößen (überwiegend bezogen auf den Körperschwerpunkt) und
- Roh-EMG-Daten wesentlicher Muskeln.

Eine weitestgehende Übereinstimmung gibt es in der Literatur zur qualitativen Charakteristik der Kraft-Zeit-Funktionen für das Gehen.



**Abbildung 14: D-Kraft-Zeit-Funktionen eines Schrittzklus**

(Abbildung aus Herrmann / Rauscher; Biomechanische Untersuchungen zu Belastungsparametern 1997)

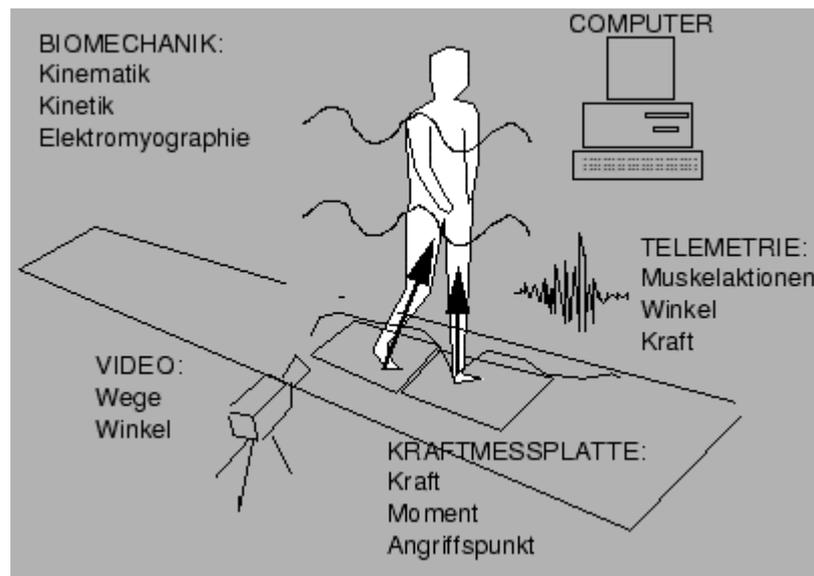
In der vertikalen Kraft-Zeit-Funktion soll es nach Erreichen des Körpergewichtskraftwertes („Körperlastübernahme“ durch das jeweilige Bein mit Stütz am Boden) zur Ausprägung eines „Gipfels“ (maximalen Kraftwertes“ kommen. Danach soll der Kraftwert deutlich unter den der Körpergewichtskraft absinken, nachfolgend zu einem zweiten „Gipfel“ Ansteigen und schließlich auf den Nullwert abfallen (vgl. Herrmann, H., Rauscher, M. 1997). Welche exakten Zusammenhänge es zur Parametern des realisierten Bewegungsablaufes, d.h. zu seiner Kinematik gibt, bleibt in der Praxis vielfach offen bzw. man setzt diese Kenntnisse beim Mediziner/Therapeuten voraus. Effektive Erfolgsaussichten der Umsetzung der im Verlauf der Rehabilitation gegebenen Bewegungsanweisungen sind aus biomechanischer Sicht nur Realisierbar, wenn dem Anweisenden die dynamischen und kinetischen Wechselbeziehungen mit dem Diagnoseergebnis vorliegen. Die Ganganalyse dient dem Zweck, die Größen der Belastung zubestimmen und mögliche Ursachen für Fehl- und Überbelastung zu erkennen. Mit Hilfe der gewonnenen Informationen kann versucht werden, die Bewegungen so zu modifizieren, dass die Belastung reduziert und für den Körper ein tolerierbares Niveau in der geschädigten Region erreicht wird. Mit Hilfe dieser Informationen kann auch die operative Planung dahingehend unterstützt werden, dass pathologische Bewegungsmuster gezielt behoben werden können (vgl.

Kopf, A. et al. 1998). Weiterhin können orthopädische Hilfsmittel entwickelt und getestet werden, die eine Belastungsreduzierung erreichen oder eine Insuffizienz zu kompensieren, in der Lage sind (vgl. Tscheuschner, R. et al. 1994). Die Beschaffung wichtiger Detail-Informationen zur Bewegungsanalyse, ist unter der Internet-Homepage der International Society of Biomechanics ISB, möglich (vgl. International Society of Biomechanics). Für Zwecke der Qualitätssicherung in der Bewegungsanalyse werden von den Teilnehmern des Internet-Diskussionsforums des ISB kontinuierlich neue bzw. optimierte Standards im Sinne einer "Normung" des technischen Inventars, entwickelt. Das "Accreditation Board of Clinical Movement Analysis Laboratories in Europe ABCMALE" soll für diese Zwecke Standards definieren und deren Einhaltung durch Akkreditierung dokumentieren (vgl. Witte, H., Günther, M. 1999) Accreditation Board of Clinical Movement Analysis Laboratories in Europe).

#### **4.2.2 Kinematische und kinetische Bewegungsanalyse**

Grundlegende Abbildungsbereiche ganganalytischer Untersuchungen sind Kinematik und Kinetik. Die Kinematik ist die Technik der Bewegungsbeschreibung des gesamten Körpers oder der Körperteile im Raum, ohne auf die sie verursachenden Kräfte und Momente zu schauen. Die Bewegungsbeschreibung erfolgt mit Hilfe der Darstellung von Verschiebung, Beschleunigung und Velozität von Punkten und Linien im Raum. Kinematische Informationen werden in biomechanischen Anwendungen benötigt, um eine Bewegung in ihrer Komplexität nicht nur qualitativ sondern auch quantitativ beschreiben zu können. Mit Hilfe kinematischer Messungen können direkt bestimmbare Größen wie z.B. Winkel, Zeiten, Strecken und Positionen von markanten Körperteilen erfasst werden (vgl. Saziorski, W. et al. 1984).

Wenn es um kinetische Aspekte einer Bewegung geht, werden ihre Ursachen hinterfragt sowie die bei der Bewegung wirksamen Kräfte und deren Auswirkungen (Drehmomente, Drücke, Beschleunigung) analysiert.



**Abbildung 15: Die wesentlichen Messinstrumente in der Biomechanik (Video - Kraft EMG)**

(Abbildung aus Forschungsinstitut Orthopädiotechnik Wien 1999)

In der Biomechanik werden zur Quantifizierung von Bewegungsabläufen im wesentlichen drei Typen von Messinstrumenten eingesetzt:

- **kinematische:** messen den Bewegungsablauf des Körpers oder von Körperteilen im Raum
- **kinetische:** messen Kräfte, meist an den Systemgrenzen zwischen Körper und Umwelt.
- **elektromyographische:** messen die elektronischen Potenziale während der Muskelkontraktion .

Als Standardmethode der kinematischen Analyse hat sich die bildgeschützte Aufzeichnung einer Bewegung mit der dazugehörigen computergestützten Auswertung etabliert. Die meisten Systeme

bedienen sich der Videotechnik (vgl. Rosenbaum, D. 1999). Erwähnenswert sind weiterhin die Ultraschall-Bewegungsanalysesysteme. Bei diesen akustischen Systemen werden Ultraschallsensoren als Marker verwendet, deren hochfrequente Signale von Mikrofonen aufgezeichnet werden. Eine entsprechende Störanfälligkeit beruht gegenüber Temperaturschwankungen und Luftzug. Kinematische Standardparameter sind Schrittlänge, Schrittfrequenz, Ganggeschwindigkeit, Dauer der Stütz- und Schwungphase sowie das Bewegungsausmaß in den einzelnen Gelenken. Moderne Systeme versuchen der Komplexität der menschlichen Bewegung mittels einer komplexen Messtechnik gerecht zu werden. Grundsätzlich erfolgt der Einsatz der kinematischen Ganganalyse in zwei Schritten:

Monitoring:

- Visualisierung der gewonnenen Daten (z.B. Strichmännchen oder Vektorprogramme)

Reduzierung:

- Identifizierung der wesentlichen Eigenschaften des Ganges durch sensible Parameter (vgl. Stüssli, E. 1987).

Werden gleichzeitig auch die äußeren Bodenreaktionskräfte gemessen, so können mit geeigneten Umrechnungen und einigen Annahmen die am Gelenk wirksamen Drehmomente sowie die resultierenden Gelenkreaktionskräfte abgeschätzt werden (vgl. Rosenbaum, D. 1999).

Kraftmessungen:

Zur Messung der Kinetik werden häufig Kraftmessplatten genutzt. Bei diesen meist rechteckigen Plattformen sind die Kraftsensoren in den jeweiligen Ecken angeordnet. Mit Hilfe dieser Kraftmessplattformen lassen sich Bodenreaktionskräfte während des Auftretens messen. Beim Einsatz von Mehrkomponenten-Messplattformen erhält man die

vertikale Kraftkomponente, die Komponente in Gangrichtung und die Kraftkomponente quer zur Gangrichtung (vgl. Hegewald, G. 2000). Der Anteil der vertikalen Kraftkomponente am Gesamtbetrag der Bodenreaktionskraft beträgt etwa 80%. Die für das Vorwärtskommen wesentliche Kraftkomponente ist jedoch der Kraftvektor in Gangrichtung (vgl. Braune, W., Fischer, O. 1895). Diese Komponente kann zur Nutzung der energieverbrauchenden Muskelaktivitäten während des Gehens genutzt werden (vgl. Seichert, N. et al. 1997). Durch Messplatten werden Kräfte und Drehmomente ermittelt, die beim Gehen, Laufen, Springen oder bei beliebigen anderen Bewegungen auf den Boden übertragen werden. Die Kraft und das Drehmoment entstehen als Reaktion auf die von außen (Fuß) einwirkende Kraft und das von außen einwirkende Drehmoment (nach dem physikalischen Grundprinzip  $Actio = Reactio$ ). Es gibt verschiedene Systeme, die auf verschiedenen Sensorprinzipien (piezoelektrisch, resistiv, kapazitiv) beruhen. Bei allen angewandten Sensoren geht es darum, den mechanischen Effekt einer Kraft, also die Verformung auf ein Sensormaterial zu übertragen. Dieses ändert daraufhin seine elektrischen Eigenschaften, woraufhin eine Spannungsänderung aufgezeichnet werden kann. Der Zusammenhang zwischen Kraft und Spannungsänderung wird durch Kalibrierung des Sensors bestimmt (vgl. Spaepen, A..J. 1994). Eine Zuordnung des Kraftangriffspunktes zur Fußstruktur ist kompliziert (vgl. Rosenbaum, D. 1999).

#### Messung der Druckverteilung:

Eine Alternative zur ortsfesten oder in ein Laufband integrierten Messplattform ist die Nutzung von Druckmess-Sohlen, welche in den Schuh eingelegt werden können. Hier sind die Drucksensoren in die Sohle integriert (vgl. Hegewald, G. 2000). Während für die Analyse der menschlichen Bewegung schon in frühen Jahren durch die Kinematographie verhältnismäßig gute Messtechniken zu Verfügung standen, musste sich Beely (1882) für Untersuchungen zur Druckverteilung unter dem Fuß, mit primitiven Untersuchungsmethoden

zufrieden geben. Beely ging von der Überlegung aus, dass die Strukturen, die das meiste Gewicht tragen, beim Gehen über einen Gipssack, Abdrücke hinterlassen. Präzisere quantitative Messdaten über die Druckverteilung beim Stehen und Gehen wurden mit Hilfe einer Waage mit sechs pneumatischen Druckgebern durch Milatz (1921) ermittelt. Einen entscheidenden Meilenstein in der technischen Entwicklung setzte Eiftman (1934). Er nutze die Möglichkeit der Filmaufzeichnungen aus, indem der den Abdruck von belasteten Gummipyramiden zeitgleich zum Abrollvorgang des Fußes mit unterschiedlicher Stärke auf die Glasplatte drückte (vgl. Milani, T.L. et al. 2000). Es gibt verschiedene Prinzipien der Druckverteilungsmessung. Sie können durch Bodenplatten, Einlegesohlen oder Matten erfolgen. Die Messeinrichtungen zur Bestimmung der Druckverteilung sind in der Lage, die auf den Fuß einwirkende Kraft zeitlich und örtlich aufzulösen sowie einzelnen Fußregionen bzw. Skelettstrukturen zuzuordnen. Einlegesohlen sind gut geeignet für Messungen von Stand, Gang, Lauf und Sprung. Der Vorteil liegt darin, dass die Messung direkt unter der Fußsohle durchgeführt wird. Die feste Bodenplatte ist ebenfalls gut geeignet, da die Messungen keiner speziellen Vorbereitung bedürfen. Die Druckverteilungsmatte empfiehlt sich vor allem für Messungen von Sitzmöbeln und Matratzen (vgl. Runge, J. 1992 et. Schaff, P., Hauser, W. 1987).

### **4.2.3 Elektromyographie**

"Die Elektromyographie (EMG) ist eine Untersuchungstechnik, die sich mit der Entstehung, der Aufzeichnung und der Analyse von myoelektrischen Signalen befasst. Myoelektrische Signale werden durch physiologische Zustandsänderungen an Muskelfasermembranen erzeugt". (Basmajian, J.V. et al. 1985). Neben Kinematik und Kinetik hat sich die Elektromyographie im Rahmen der ganganalytischen Diagnostik und Forschung etabliert. Wissenschaftler verschiedenster Forschungsgebiete verwenden EMG zur Registrierung physiologischer und pathophysiologischer Kontrollphänomene. Insbesondere

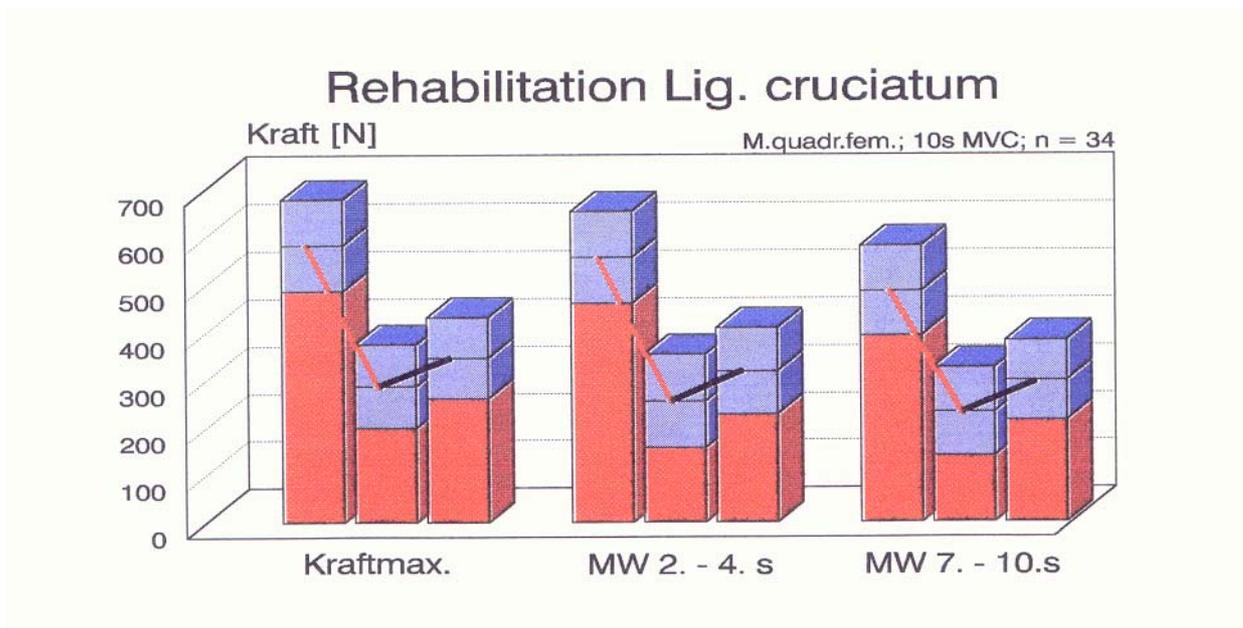
Physiotherapeuten, Sportlehrer und Trainer haben mit dem Oberflächen-EMG ein Werkzeug zur Verfügung, welches es ihnen ermöglicht, komplexe Bewegungsabläufe zu studieren. GALVANI entdeckte bereits 1791 den Zusammenhang zwischen Energie und Muskelkontraktion. Als Biofeedback-Instrument in der Rehabilitation wird EMG immer häufiger dann eingesetzt, wenn es darum geht, krankheitsbedingte Funktionsstörungen wieder aufzutrainieren (vgl. Gollhofer, A. 2000). Die Oberflächenmyographie gestattet zum einen eine Einschätzung der intramuskulären Koordination im Rahmen einer gezielten Bewegung, indem sie Einblick in die Größe der elektrischen Aktionspotentiale, die durch die Erregung der Muskelzellen entstehen, gibt. Die EMG-Amplitude gibt dabei Aufschluss über die mechanische Beantwortung des elektrischen Reizes. Des Weiteren ist es möglich, mit Hilfe des EMG, Aussagen über die Impulsfrequenz bzw. über die Zahl der beteiligten "motorischen Einheiten" zu machen (vgl. Dirix, A. et al. 1989). Der Begriff "Training der motorische Einheit" wurde von Basmajian et al. geprägt. Er geht davon aus, dass der Athlet mehr und mehr bewusst eine Kontrolle über die "motorischen Einheiten" im trainierten Skelettmuskel gewinnt, d.h. diese gezielt unter Verwendung von visuellen wie auch akustischen Feedbacksystemen beanspruchen kann (vgl. Basmajian, J.V. et al. 1985). Die simultane telemetrische EMG-Abteilung von mehreren Skelettmuskeln ermöglicht während einer sportartspezifischen Bewegung in Abhängigkeit von der erlernten Bewegungstechnik, Aussagen über die Innervation, über das Aktivitätsniveau sowie die Innervationsdauer. Ableitend ist eine Einschätzung des Entwicklungsstandes der intramuskulären Koordination bei sportlichen Bewegungshandlungen möglich (vgl. Fidelius, K. et al. 1966 et Wittekopf, G. et al. 1986). So ist z.B. eine Verbesserung der intermuskulären Koordination gekennzeichnet durch: Abnahme der elektrischen Aktivität für eine gegebene Beanspruchung, Reduktion von Überlappung zwischen Muskeln, die an der Bewegung beteiligt sind durch eine kürzere und damit präzisere Funktion des aktivierten Muskels (vgl. Dirix, A. et al. 1989). Die grundlegenden Mechanismen, die für ein Zustandekommen ableitbarer EMG-

Potentiale verantwortlich sind, spielen sich im neuromuskulären Übergang der motorischen Endplatte ab. Aus biologischer Sicht können relativ kleine Potentialdifferenzen, die bei der Membranpolarisation entstehen, sich als Quellen des neurophysiologischen Signals erweisen. De- und Repolarisierungsvorgänge an der Muskelfasermembran liefern Signale, auf denen grundlegend die Elektromyographie beruht. Unter spezifischen neurophysiologischen Fragestellungen, wie zur Diagnose und Verlaufskontrolle von Neuro- und Myopathien bzw. bei der Analyse über die Aktivierung einzelner motorischer Einheiten bei der Kontraktion selektiver Muskeln (intramuskuläre Koordination) können auch über sogenannte Nadelelektroden, die in den zu untersuchenden Muskel eingestochen werden, zum Einsatz kommen. Ableitungen mit Oberflächenelektroden haben sich hauptsächlich bei der Untersuchung über das koordinative Zusammenspiel (intermuskuläre Koordination) durchgesetzt (vgl. Gollhofer, A. 2000). In den typischen EMG - Abteilungen werden nicht die Entladungssignale einzelner Muskelfasern registriert. Vielmehr ist die Darstellung einzelner "motorischer Einheiten" nur in technisch sehr ausgereiften EMG - Abteilungen, mit Hilfe der o.g. Nadelelektroden darstellbar (vgl. Guissard, N. et al. 2001).

Die am Beispiel eines individuellen Befundverlaufes dargestellten Funktionsstörungen im sensomotorischen System werden in den Abbildungen 16, 17 und 18 für eine Gruppe von Patienten zusammengefasst, um damit das typische Funktionsbild des Rehabilitationsabschnittes zu charakterisieren. Die Abbildung 16 zeigt ein hohes Kraftdefizit zwischen der gesunden verletzten Seite. Zwischen Beginn und Abschluss der stationären Anschlussheilbehandlung zeigt sich als Ausdruck des Therapieeffektes ein bereits deutlicher Anstieg der Kraft.

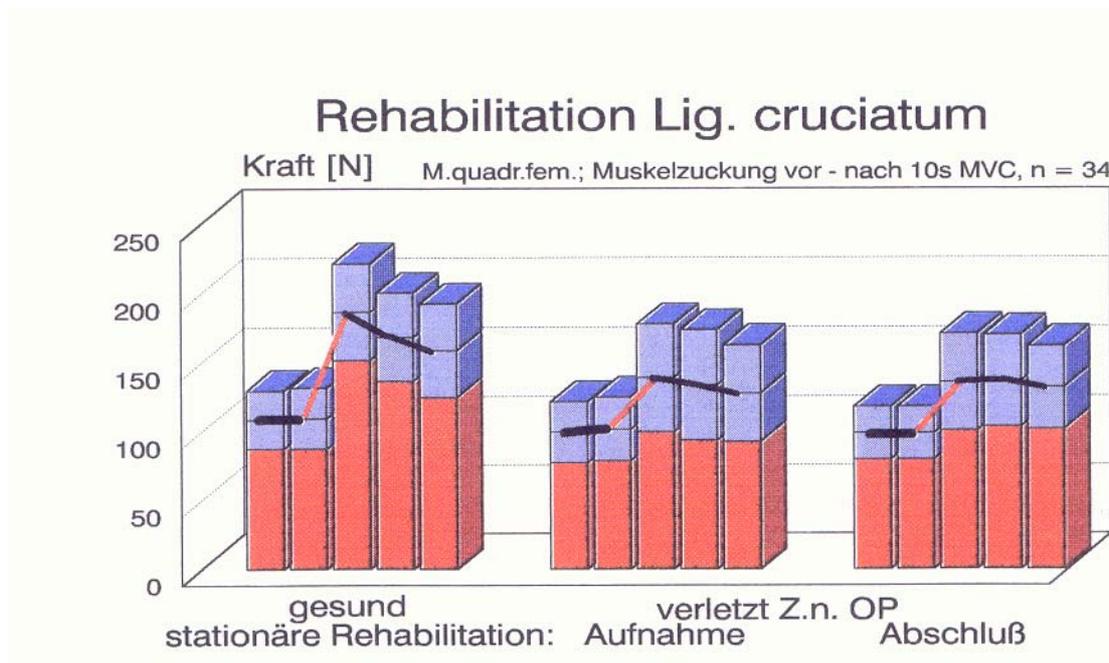
Der Unterschied in der Kraft der Muskelzuckung und der postkontraktilen Potentierung (Abb. 17) bleibt im betrachteten Therapiezeitraum noch ohne Entwicklung. Die Erhöhung der kontaktilen intrinsic-Kraft wie der muskulären Aktivierungsreaktion ist auch in dem

kurzen Zeitraum kaum zu erwarten, da morphologische Adaptionen eine wesentliche Voraussetzung sind (vgl. Laube, W. 2001 )



**Abbildung 16:** Darstellung der Mittelwerte

Die Darstellung der Mittelwerte mit Standardabweichung der maximalen isometrischen Kraftwerte (Säulen links) sowie der mittleren Kraftwerte für die Kontraktionsabschnitte 2.-4. Sekunde (Säulen Mitte) und 7.-10. Sekunde (Säulen rechts) während der 10-sekündigen isometrischen maximalen willkürlichen Kontraktion im Testprogramm des Neurophysiologischen Muskelfunktionsmessplatzes. Mitgeteilt sind die mittleren Befunde des Muskels der gesunden und verletzten Seite von 34 Patienten mit Z.n. operativer Versorgung der Verletzung des vorderen Kreuzbandes. Zur Erstuntersuchung waren alle Patienten zwischen der 7. und 12. postoperativen Woche. Von links nach rechts stellen die jeweiligen Säulen den Befund am gesunden Muskel sowie am Muskel der operierten Seite zu Beginn und nach Abschluss der AHB dar. Die Kraftdifferenz zwischen der gesunden und verletzten Seite liegt bei 50%. Im stationären Therapiezeitraum entwickelte sich ein deutlicher Kraftzuwachs, der bevorzugt ein Resultat der verbesserten intramuskulären Koordination ist (Abb. 15) (Abbildung aus Laube, W. 2001).



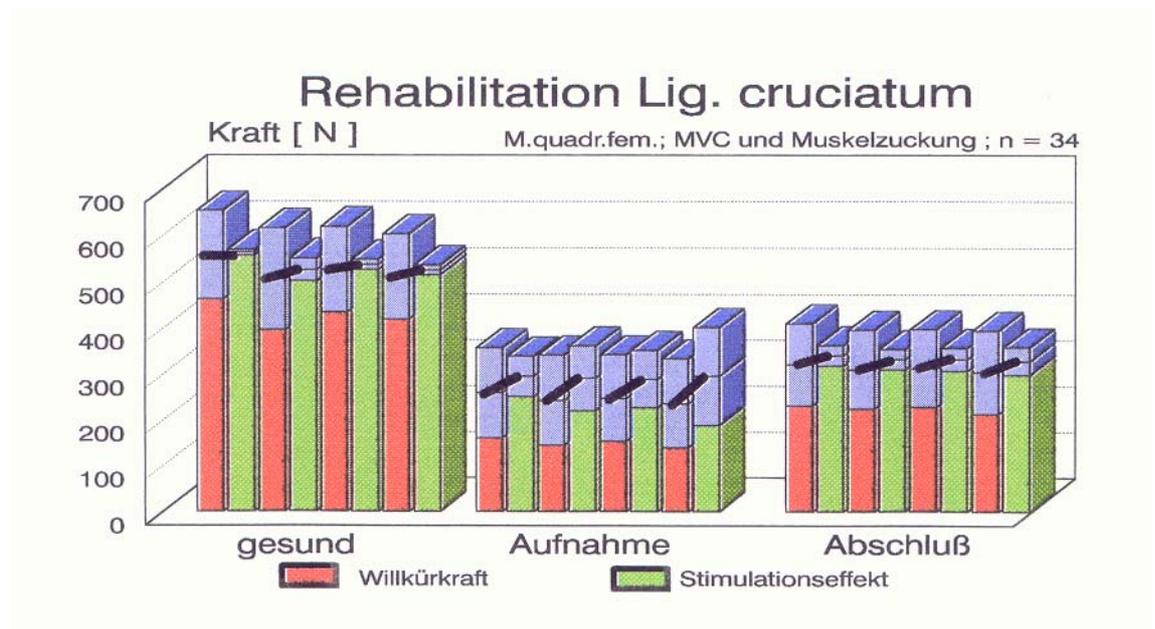
**Abbildung 17:** Darstellung der mittleren stimulierten Kraftwerte

Die Darstellung der mittleren stimulierten Kraftwerte mit Standardabweichung (Kraftmaximum der Muskelzuckung) vor und nach einer 10-sekündigen isometrischen maximalen willkürlichen Kontraktion im Testprogramm des Neurophysiologischen Muskelfunktionsmessplatzes. Mittgeteilt sind die mittleren Befunde des Muskels der gesunden und verletzten Seite von 34 Patienten mit Z.n. operativer Versorgung der Verletzung des vorderen Kreuzbandes. Zur Erstuntersuchung waren alle Patienten zwischen der 7. und 12. postoperativen Woche. Von links nach rechts stellen die jeweils 5 Säulen den Befund am gesunden Muskel sowie am Muskel der operierten Seite zu Beginn und nach Abschluss der AHB dar. Die ersten beiden Säulen weisen die Ergebnisse vor der Willkürkontraktion aus und die dritte und fünfte Säule repräsentiert den stimulierten Kraftwert zur 10. s, 30. s. und 60. s danach.

Die schwarzen Striche verbinden die mittleren stimulationsbedingten Kraftwerte im Testablauf.

Der Kraftzuwachs der Muskelzuckung durch Willkürkontraktion (Aktivierungsreaktion der Muskelfasern) ist auf der verletzten Seite stark

reduziert und entwickelt sich im Untersuchungszeitraum nicht.  
(Abbildung aus Laube, W. 2001)



**Abbildung 18: Darstellung der Mittelwerte mit Standardabweichung**

Die Darstellung der Mittelwerte mit Standardabweichung der willkürlich entwickelten Kraftwerte (Willkürkraft zum Zeitpunkt der Stimulation) und der stimulationsbedingten Kraftzunahme (maximaler Kraftwert im Zeitraum von 100ms nach der Stimulation) durch die zusätzlich applizierten supramaximalen Einzelreizungen zur 4. und 4,5 Sekunde und 6. und 6,5 Sekunde während der 10-sekündigen isometrischen maximalen willkürlichen Kontraktion im Testprogramm des Neurophysiologischen Muskelfunktionsmessplatzes.

Mitgeteilt sind die mittleren Befunde des Muskels der gesunden und verletzten Seite von 34 Patienten Z.n. operativer Versorgung der Verletzung des vorderen Kreuzbandes. Zur Erstuntersuchung waren alle Patienten zwischen der 7. und 12. postoperativen Woche. Die jeweils 4 Säulenpaare rechts, in der Mitte und links geben die eingestellte Willkürkraft (linke Säule jeden Paares) und die stimulationsbedingte Kraft (rechte Säule jeden Paares) zu den genannten Stimulationszeitpunkten am gesunden Muskel sowie am Muskel der operierten Seite zu Beginn und nach Abschluss der AHB

wieder. Die Striche verbinden den mittleren willkürlichen mit dem stimulationsbedingten Kraftwert.

Auf der gesunden Seite findet durch den ersten Reiz kein stimulationsbedingter Kraftzuwachs statt, sodass eine vollständige Rekrutierung zu diagnostizieren ist. Der erhebliche stimulationsbedingte Kraftzuwachs bei allen 4 Reizungen mit gut vergleichbarer Amplitude bei der Untersuchung zu Therapiebeginn belegt eine funktionelle Rekrutierungsinsuffizienz, die 3 Woche später deutlich reduziert ist. (Abbildung aus Laube, W. 1989)

#### **4.2.4 Die isokinetische Mess- und Trainingsmethode**

Im Rahmen rehabilitativer Prozesse kommt der Steuerung des Trainings eine besondere Bedeutung zu. Nur so lassen sich individuelle Besonderheiten und Zielvorstellungen berücksichtigen, die in ihrem Ergebnis einen optimalen Genesungsverlauf gewährleisten (vgl. Ludolph, E., Russe, S. 1988). Einigkeit besteht in der Literatur lediglich darüber, dass entsprechende trainingstherapeutische Maßnahmen zeitnah zum Trauma erfolgen sollten. Jedes Trauma ist mit einem sofortigen Kraft- und Koordinationsverlust gekoppelt. Folge ist eine akute neuromuskuläre Dysbalance, die sich in vielfältiger Ausprägung zeigt und je nach technischem Aufwand gut darstellbar ist (vgl. Freiwald, J., Engelhard, M. 1996). Da jedoch die Kenntnisse über den Einsatz geeigneter Maßnahmen der funktionellen Nachbehandlung häufig unzureichend sind, kann sich der Heilungsprozess verzögern bzw. dem Auftreten sekundärer Beschwerden und/oder Rezidive Vorschub leisten. Dies trifft um so mehr, für das vermehrt in der Therapie eingesetzte Krafttraining zu. Herkömmliche isotonische (auxotonische) Trainingsformen werden bereits seit ca. 50 Jahren gezielt zum Trainingsaufbau im Leistungssport und in der Rehabilitation eingesetzt (vgl. Froböse, I. 1996). Die Kraft, als *conditio sine qua non* aller sportmotorischen Leistungen, nimmt im Kanon der konditionellen Fähigkeiten eine besondere Rolle ein. Diese exponierte Stellung der Kraft bzw. des Krafttrainings innerhalb des sportlichen Trainings, ist seit

längerer Zeit anerkannt (vgl. Martin, D. et al. 1993 et Hollmann, W., Hettinger, T. 2000). Das isokinetische Übungs- und Messverfahren hat sich seit Mitte der 60er Jahre in Theorie und Praxis zur Visualisierung und Angleichung muskulärer Dysbalancen bewährt. Grundprinzip der Isokinetik ist die Konstanthaltung der Bewegungsgeschwindigkeit über die gesamte Dauer der Bewegung (vgl. Thistle, H. et al. 1967). Die Frage nach der effektivsten Form zur Steigerung vielfältiger Qualitäten und Quantitäten im Krafttraining, konnten einige Studien zugunsten der isokinetischen Trainingsform umfassend beantworten. Wissensdefizite bestehen nach wie vor in der Trainingssteuerung (vgl. Froböse, I. 1996). Der Begriff Isokinetik stammt aus dem Griechischen und wird mit iso = gleich und kines = Bewegung übersetzt. Es wird damit eine gleichbleibende Bewegungsgeschwindigkeit während der Ausführung der Übung beschrieben. Unter dieser Annahme ist eine solche jedoch nur möglich, wenn die bewegte Last während der Ausführung der Übung variiert. Grundlage dieser Aussage ist, dass die Größe der Kraftentfaltung von der Gelenkstellung abhängig ist. Eine Übungsausführung mit konstanten Gewichten führt demzufolge bei bestimmten Winkelstellungen nur zu suboptimalen Trainingsreizen. Mit Hilfe des isokinetischen Prinzips, wird diese Tatsache umgangen, indem die Last der jeweiligen Winkel-Kraft-Relation angepasst wird. So wird in jeder Gelenkstellung ein optimaler Trainingsreiz gesetzt (vgl. Jerosch, J. 1989 et. Froböse, I. 1996 ). Neben der Anwendung in der Medizinischen Rehabilitation hat sich die Isokinetik als Trainingsmethode in der Sportwissenschaft zum Muskelaufbau durchgesetzt. Der limitierte Bewegungsradius garantiert, dass die Muskelkraft in jeder Winkelstellung optimal trainiert wird. Isokinetisches Training macht an allen Stellen Sinn, wo ballistische Energie eine untergeordnete Rolle spielt. Für alle Sportarten mit Leistungsstrukturen, die durch explosiven Krafteinsatz geprägt sind, spielt Isokinetik nur eine untergeordnete Rolle (vgl. Krüger, A. 1971). Wesentlich größer scheint im Kontext der Einsatz der Isokinetik in der Medizinischen Rehabilitation. Die Vorteile liegen im schmerzfreien Training unter größtmöglicher Schonung der verletzten Strukturen (vgl. Nisell, R. et al. 1989). Froböse formuliert 1996 die Ziele

und Aufgaben des isokinetischen Krafttrainings, als spezifische Einflussnahme auf die Muskelkraft im Rahmen des postoperativen Aufbautrainings wie folgt:

- Stabilisierung bzw. Verbesserung erhaltender Muskelfunktionen;
- Ausgleich bzw. Verminderung von Muskelschwächen;
- Mobilisation der Gelenkbewegung zur Aufrechterhaltung der für die Gelenkführung notwendigen Muskelabschnitte.
- Ausgleich immobilisationsbedingter Schäden bzw. Schwächen;
- Sicherung oder Verbesserung der Haltung und Stabilität;
- Sicherung der Gelenke und Prophylaxe gegen weitere Verletzungen;
- Anpassung am Bewegungsapparat (Knochen, Knorpel, Bänder, Sehnen);
- Koordinationsverbesserung
- Verbesserung der lokalen Muskelausdauer;
- Verbesserung der Körperwahrnehmung;
- Erhaltung und Verbesserung der Gelenkbeweglichkeit;
- Schmerzlinderung;
- Erhalten der Funktionalität;
- Ganzkörpertraining zur Stabilisierung des Rumpfes und der Extremitäten;
- Erreichen einer sportartspezifischen oder alltagsspezifischen Belastbarkeit (vgl. Froböse, I. 1996).

Der Einfluss des isokinetischen Trainings auf die Verbesserung der Koordination wird in der Literatur durchaus kontrovers diskutiert. Kendziora ist der Auffassung, dass ein derartiges Training nicht zur Verbesserung der koordinativen Eigenschaften führt und noch Monate

nach dem isokinetischen Training koordinative Defizite mittels Ganganalyse nachgewiesen wurden (vgl. Kedziora, O. 1993). Auch Buhmann et al. kann keine signifikanten Verbesserungen der Muskelaktivität nach Operation des vorderen Kreuzbandes durch zusätzliches isokinetisches Training feststellen (vgl. Buhmann, H. 1989). Andere Autoren, wie z.B. Tegner, kommen zu dem Ergebnis, dass im Vergleich zwischen funktionellem Training und Isokinetik, keine Trainingsmethode der anderen überlegen ist (verg. Tegner, Y. 1990). Höltke und Nolte gehen bei ihrer Untersuchung zur Entwicklung der Krafftfähigkeiten am Kniegelenk von Patienten nach vorderer Kreuzbandrekonstruktion, davon aus, dass die verbesserte intermuskuläre Koordination, auf das isokinetische Training zurückzuführen ist (vgl. Höltke, V., Nolte, St. 2000). Einen Überblick über isokinetische Verfahren in der Leistungsdiagnostik, deren Arbeitsweise und Reliabilität der Messungen verschafft Bartonietz (vgl. Bartonietz, K. 1996).

#### **4.2.5 Fragebogenverfahren**

Das Fragebogenverfahren gehört zwar nicht der Kategorie der leistungsdiagnostischen Verfahren an, soll aber aufgrund seiner häufigen Anwendung, gerade im Bereich der rehabilitationswissenschaftlichen Untersuchungen kurz erwähnt werden. Bei der Entwicklung von Fragebogenverfahren sowie von Tests oder Fremdeinschätzungen müssen deren Gütekriterien beachtet werden. Eine ausführliche Übersicht zu diesem Thema findet sich in Lienert (vgl. Lienert, G.A. et al. 1994). Ohne ausreichende Güte der Erhebungsinstrumente haben die erhobenen Daten nur ungenügende Aussagekraft. Beim Einsatz der gewählten Verfahren zur Ergebnisevaluation ist darüber hinaus die Veränderungssensivität wichtig, da ohne eine ausreichende Veränderungssensivität eventuelle Therapieeffekte nicht identifiziert werden können. Die notwendigen Daten für die Ergebnismessung können patientenseitig aber auch von Ärzten oder Therapeuten erfragt werden. Die Instrumente können

generisch, d.h. krankheitsübergreifend oder krankheitsspezifisch angelegt sein (vgl. Gerdes, N. 1996 et Gerdes, N. et al. 2000). Der Fragebogen zur Selbsteinschätzung ist ein international anerkanntes generisches Instrument zur Erfassung der funktionsbezogenen Lebensqualität (vgl. Bullinger & Kirchberger 1998). Mit seinen 36 Fragen erfasst er die acht Bereiche bzw. Skalen "Körperliche Funktionsfähigkeit", "Körperliche Rollenfunktion", "Körperliche Schmerzen", "Allgemeine Gesundheitswahrnehmung", "Vitalität", "Soziale Funktionsfähigkeit", "Emotionale Rollenfunktion", "Psychisches Wohlbefinden" und "Veränderung der Gesundheit", die auf zwei übergeordnete Dimensionen "Körperliche Summenskala" und "Psychische Summenskala" zusammengefasst werden können. Die Anwendung des Fragebogens erfolgt national und international in verschiedenen Varianten, hauptsächlich zur Ergebnismessung im funktionalen Bereich (vgl. Bullinger & Kirchberger 1998). Der IHRES - Fragebogen ("Indikatoren des Reha-Status") erfasst ebenfalls krankheitsübergreifend die gesundheitsbezogene Lebensqualität auf vier Dimensionen (somatisch, funktional, psychosozial, edukativ). Der Einsatzbereich bezieht sich auf die patientenseitige Erfassung der Ergebnisqualität von Rehabilitationsmaßnahmen sowie der Unterstützung der rehabilitationsspezifischen Diagnostik. Der IHRES - Fragebogen berücksichtigt wesentliche Aspekte der Internationalen Klassifikation der ICF (vgl. Bührlen, B. et al. 2000). Ein umfassender Überblick zu Fragebogenverfahren findet sich in Biefang, Potthoff und Schliehe (vgl. Biefang, S. et al. 1999). Ergebnisse von Funktionsprüfungen oder Laborparameter können im Rahmen der Ermittlung von Therapiezielen nicht valide vom Patienten selbst erfragt werden. Sie können entsprechend von Ärzten bzw. Therapeuten erfragt werden. Falls objektive Parameter fehlen, kann auch die subjektive Beurteilung durch numerische Ratingskalen (NRS) abgebildet werden (vgl. Bührlen, B. 2001).

### **4.3 Profilvergleichssysteme zur Begutachtung und Planung von Rehabilitationsmaßnahmen**

Seit der im Jahr 2001 erfolgten gesetzlichen Neuregelung der Gewährung von Berufs- bzw. Erwerbsunfähigkeitsrenten, erfolgt die Einteilung der Erwerbsfähigkeit bzw. -minderung in die Kategorien "erwerbsfähig", "teilweise erwerbsgemindert" bzw. voll "erwerbsgemindert". Diese Einteilung erfolgt primär unter dem Gesichtspunkt des quantitativen Leistungsvermögens einer Person, über die Fähigkeit zu verfügen, mindestens 6, weniger als 6 aber mindestens 3 bzw. weniger als 3 Stunden erwerbstätig zu sein. Für den Gutachter bedeutet dies, dass er die Leistungsfähigkeit des Antragstellers im Stundenbereich einschätzen muss (vgl. Nellessen, G. et al. 2002).

Entsprechende Ansätze, über den gesetzlichen Anspruch und die Möglichkeit, auf der Basis der ärztlichen Untersuchung quantitative Aussagen zur Leistungsfähigkeit zu treffen, wurde bereits in der Vergangenheit sowohl auf medizinischer als auch juristischer Seite diskutiert (vgl. Mäurer, Ch. 1992 et Fischer, A. 1992).

Im Zuge dieser Gesetzesänderung vermehren sich die Diskussionen über die Anwendung entsprechender Assessmentsysteme und Untersuchungsverfahren, die quantitative, auf einen vollen Arbeitstag bezogene Daten liefern. Die erwerbs-, berufs- oder arbeitsbezogene Leistungsfähigkeit einer chronisch kranken oder behinderten Person gibt Auskunft darüber, welche Tätigkeiten die Person nach Art, Umfang und Dauer vor dem Hintergrund konkreter oder angenommener Arbeitsbedingungen tatsächlich durchführen kann bzw. bei welchen Tätigkeiten Probleme bestehen oder nicht mehr geleistet werden können. Die Frage nach Art, Ausmaß und Reichweite dieser Problematik stellt sich konkret im Zusammenhang mit der eventuellen Durchführung rehabilitativer Maßnahmen und ob die Einschränkung damit verringert bzw. behoben werden kann. Assessments zur

Beurteilung der funktionellen bzw. arbeitsbezogenen Leistungsfähigkeit (Functional Capacity Evaluation) sollen objektivere, diagnoseunabhängige Quantifizierung der individuellen Leistungsfähigkeit im Hinblick auf konkrete Aktivitäten und Anforderungen ermöglichen (vgl. Schreiber, T.U. et al. 2000). Je genauer und differenzierter die Leistungsfähigkeit bezogen auf die berufliche Tätigkeit beurteilt werden kann, desto spezifischer können Maßnahmen zur Erhaltung bzw. Wiederherstellung therapeutisch geplant, ausgewählt, durchgeführt und evaluiert werden (vgl. Schian, H.M., Kaiser, H. 2000).

In diesem Zuge vermehren sich die Diskussionen über die Anwendung spezieller Assessmentsysteme und Untersuchungsverfahren wie z.B. ERGOS oder die Evaluation der Funktionellen Leistungsfähigkeit (EFL) nach Isernhagen, die qualitative, auf den vollen Arbeitstag bezogene Messergebnisse liefern sollen.

Die quantitativen Daten werden in Zeitintervallen von in der Regel 3-10 Minuten erfasst und auf den 8-Studentag umgerechnet. Der Untersuchungsansatz basiert auf der Theorie zur Dauerleistungsgrenze für statische und dynamische Arbeit, aus der Arbeitsphysiologie. Es wird davon ausgegangen, dass eine muskuläre Dauerleistungsgrenze existiert, bis zu der statische und dynamische Arbeit ohne zunehmende muskuläre Ermüdung erbracht werden kann. Eine Limitierung der Arbeit erfolgt erst oberhalb dieser Grenze (vgl. Nellessen, G. et al. 2000). Die neuromuskuläre und zentrale Ermüdung bleiben unberücksichtigt (vgl. Nellessen, G. 2001). Die Umsetzung dieser Theorien, wird bis zum Vorliegen von Untersuchungen, die die Validität des Extrapolationsansatzes der Systeme untermauern, weiterhin offen bleiben (vgl. Ulmer, H.V., Knieriemen, W. 1987). Obwohl der Einsatz von Profilvergleichssystemen zunimmt, bestehen bislang wenige Informationen darüber, in welcher Form die unterschiedlichen Systeme, die in ihnen geweckten Erwartungen erfüllen (vgl. King, P.M. et al. 1998). Im Juni 2001 wurde durch den Verband Deutscher

Rentenversicherungsträger in Kooperation mit dem Institut für Qualitätssicherung und Prävention und Rehabilitation Köln eine Studie zur detaillierten Bestandsaufnahme sowie Bewertung des Einsatzes von Profilvergleichssystemen im Bereich von Rentenversicherung und sozialmedizinischer Begutachtung, begonnen. Das Studiendesign beinhaltet ein Experten - Panel mit zwei schriftlichen Erhebungswellen und vier Fragebogenvarianten für "Anwender", Einrichtungen in Schulung "Schuler", Einrichtungen die den Einsatz planen und Einrichtungen ohne Profilvergleichssysteme. Die Fragebögen enthalten z.B. Fragen zur Finanzierung, zur Anzahl der monatlichen Untersuchungen, zur Schulung der Mitarbeiter, zu den Investitionsgründen, zur Bewertung der Ergebnisse und auch zu Gründen des Nichteinsatzes. Es wurden insgesamt 812 Einrichtungen der medizinischen wie auch beruflichen Rehabilitation befragt. Nachdem 1996 das erste Profilvergleichssystem in Deutschland eingesetzt wurde, steigt die Zahl der Anwender stetig. Zum Zeitpunkt der Befragung (2001) konnten unter den o.g. Kategorien "Anwender", "Schuler" und "Planer" 81 Einrichtungen erfasst werden. 67% setzen bzw. wollen das System EFL einsetzen. 21% geben ERGOS an. Profilvergleichssysteme werden vorrangig zur Verbesserung der Diagnostik der arbeitsbezogenen Leistungsfähigkeit angeschafft (vgl. Erbstößer, S. 2002).

Nellessen et al. übt dahingehend Kritik, dass bisher nur vereinzelt Teilergebnisse von Studien mit Gesunden, nicht funktions-oder aktivitätsgestörten Personen, veröffentlicht wurden. Er stellt die Frage, inwieweit überhaupt mittels vorhandener Methoden und Verfahren zuverlässige und objektive Aussagen über arbeitsbezogene Leistungsfähigkeit einer Person in Bezug auf den Arbeitstag möglich ist (vgl. Nellessen, G. et al. 2001). Die Umrechnungsalgorithmen und - tabellen geben dem Untersucher nur grobe Anhaltspunkte, ihnen fehlt die wissenschaftliche Basis.

Zur Beurteilung der Messergebnisse und dem Transfer dieser auf die konkrete Frage der arbeitsbezogenen Leistungsfähigkeit über den Arbeitsalltag sind weitere Beanspruchungskriterien zu berücksichtigen.

Hierzu zählen neben den physiologischen Parametern wie Herz- und Atemfrequenz weiterhin Verhaltens- und Erlebnisindikatoren (z.B. subjektives Anstrengungsverhalten, Bewegungskoordination und Bewegungsökonomie (vgl. Nellesson, G. 2001). Aus Sicht des Verfassers besteht ein weiteres Problem in der Rehabilitationsmotivation. Erst der Einsatz z.B. der Elektromyographie als begleitende Untersuchungstechnik während des Leistungsvollzuges, wird den komplexen Prozess der Datenintegration und Urteilsfindung erleichtern. Es handelt sich dabei um Transferschätzungen, die einen hohen Grad an fachlicher Kompetenz des Untersuchers voraussetzen. Nur so können objektive und sozialgerechte Ergebnisse erzielt werden. Neben der Definition von Qualitätskriterien für die Assessmentinstrumente ist es insbesondere angezeigt, die Voraussetzungen die die Gutachter bzw. Gutacherteams zur Durchführung der Leistungsdiagnostik haben müssen, zu benennen (vgl. Nellesson, G. et al. 2002). Schian und Kaiser haben das Arbeitssimulationssystem ERGOS sowie die Bewertung der "Funktionalität": EFL - Evaluation funktioneller Leistungsfähigkeit - nach S. Isernhagen, einer entsprechenden Wertung unterzogen (vgl. Schian, H.M., Kaiser, H. 2000). Erste Ergebnisse einer ERGOS - Studie im Auftrag des Ärztlichen Dienstes der Bundesanstalt für Arbeit, wurden unter der Leitung von Heipertz et al. dokumentiert (vgl. Heipertz, W. et al. 2001). Die Idee, neben klassischen Methoden der Krankengymnastik und Sporttherapie im Rahmen der Medizinischen Rehabilitation, sogenannte Work Hardening bzw. Back – to - Work Programme zu etablieren, stammt aus den USA. Die interdisziplinär durchgeführte "Functional Capacity Evaluation" (FCE), manchmal auch als "Work Capacity Evaluation" (WCE) bezeichnet, ist ein aus Fragebögen, Untersuchungen, Beobachtungen und verschiedenen physischen und psychischen Tests bestehender Prozess. Basierend auf den Ergebnissen des FCE wird dann ein individueller Rehabilitationsplan mit arbeitsplatzbezogenen Zielen aufgestellt. Alle Maßnahmen zielen darauf ab, den Patienten schnell und sicher in den Arbeitsprozess einzugliedern (vgl. Blankenship, K. 1990). Im Rahmen einer Studie zur

Therapie bei Patienten mit chronischem Rückenschmerz, wurde durch den Rehabilitationswissenschaftlichen Förderverbund Bayern (RFB), die "Implementierung und Evaluation eines Work – Hardening - Programms" vorgenommen. Der chronisch unspezifische Rückenschmerz ist volkswirtschaftlich von enormer Bedeutung. Mit dem "Göttinger Rücken-Intensivprogramm (GRIP) wurde erstmals ein multimodales Konzept zur physischen und psychischen Rekonditionierung "Work Hardening" etabliert und wissenschaftlich begleitet. Gemessen an der Rückkehrquote ins Erwerbsleben sind die Ergebnisse vielversprechend. Die gewählte Untersuchungsmethode ist jedoch aufgrund einer fehlenden Kontrollgruppe und fehlender Randomisierung nicht ausreichend gesichert und bietet somit keine hinreichende Voraussetzung für eine breite Umsetzung (vgl. Kleist, B. et al. 2002).

#### **4.4 Das Modell des diagnostischen Prozesses in der Medizin**

Bis ins 17. Jahrhundert galt in Europa die Sicht von Aristoteles, dass Krankheit das Ergebnis eines Ungleichgewichtes durch Dominanz einer Qualität sei. Ab dann etablierte sich die "Nosographie", welche die Bedeutung klinischen Beobachtens betonte, um verschiedene Krankheiten unterscheiden zu können. Mit der Etablierung der Pathoanatomie kam es zu einem weiteren Wandel, da nun Symptome und Befunde mit pathoanatomischem Wissen verbunden werden konnten. Medizinisches Handeln orientierte sich fortan am Organ und der organischen Ursache einer Krankheit. Dieses reduktionistische naturwissenschaftlich orientierte Krankheitsmodell fordert größtmöglichen Gewissheit und Objektivität. Es stützt sich dabei auf "evidence based medicine", pathoanatomische Kontrolle und technische Machbarkeit. Die, 1947 von der "World Health Organization" (WHO) erarbeitete Definition ist ein relativistisches Modell. Gesundheit wird als "Zustand völligen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlbefindens und nicht nur als Abwesenheit von Krankheit und Gebrechen" definiert.

1986 wurde diese Definition durch die Ottawa Charta der WHO dahingehend ergänzt, dass vor allem die individuelle, selbstregulierende Dynamik der Veränderung von Gesundheit sowie Wechselwirkungen von biologischen mit Umweltaspekten betont wurden. Weiteres wird auf die Notwendigkeit persönlicher wie politischer gesundheitsfördernder Maßnahmen hingewiesen. Dieser Ansatz kann ebenfalls als relativistisch bezeichnet werden. Der Mensch wird als komplexes System, welches wiederum aus komplexen Systemen, wie z.B. Organe, Zellen etc. besteht und von komplexen Systemen umgeben ist. Gesundheit und Krankheit werden als qualitativer Zustand des menschlichen Systems gesehen, welcher sich in einem Prozess der Selbstorganisation ständig ändert (vgl. Sonneck, G. et al. 1999). Das Wissenschaftsgebiet Künstliche Intelligenz mit seiner Teildisziplin der wissensbasierten Systeme, liefert die Grundlagenarbeiten für den Umgang mit dieser praxisrelevanten Problemstellung, auf die für das formale Verständnis des diagnostischen Prozesses in der Medizin zurückgegriffen werden kann.

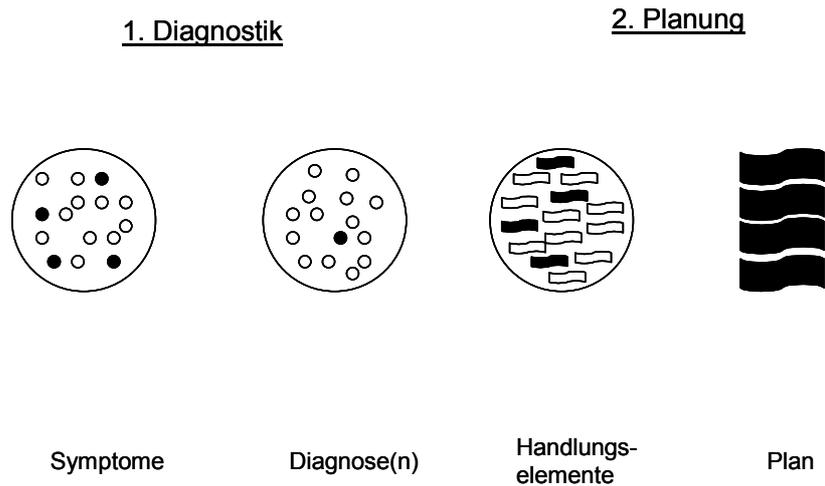
#### **4.4.1 Modellanalyse**

In der Literatur werden verschiedene Anwendungsgebiete, z.B. aus der Sicht der Psychologie beschrieben (vgl. Hussey, W. 1984 et Dörner, D. 1979). Puppe unterscheidet bei der Fragestellung der Modellanalyse zwischen den Problemen aus Sicht des Anwenders, dem Problemtyp und dem Problem aus Entwicklersicht, dem Problemlösungstyp (vgl. Puppe, E. 1990). Unter dem Problemlösungstyp "Klassifikation/Diagnostik" werden nach Puppe Verarbeitungsprozesse verstanden, die sich durch folgende Eigenschaften auszeichnen:

1. Der Problembereich besteht aus zwei disjunkten Mengen von Problemmerkmalen und Problemlösungen. Die funktionalen Beziehungen zwischen den beiden endlichen Mengen repräsentieren den wissensverarbeitenden Prozess.

2. Eine Instanz eines Problems besteht aus einer eventuell unvollständigen Teilmenge von Problemmerkmalen.
3. Eine Klassifikation/Diagnostik gilt als beendet, wenn eine oder mehrere Lösungen für die Probleminstanz angegeben werden können.
4. Ist durch eine Erweiterung der Merkmale der Probleminstanz eine Verbesserung des diagnostischen Ergebnisses zu erwarten, so ist der Lösungsansatz dafür zuständig, die hierfür benötigten Daten anzufordern (vgl. Puppe, F. 1990).

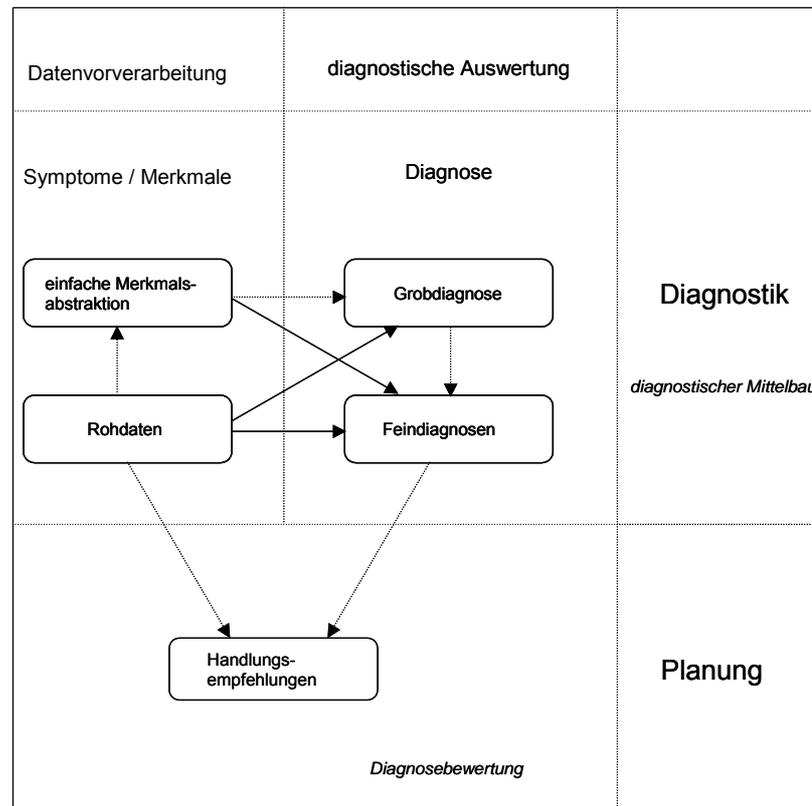
Die Aufgabe der "Klassifikation/Diagnostik" ist dahingehend definiert, ein bekanntes Muster wiederzuerkennen, d.h. ein Objekt, Fehler oder Alarmzustand zu identifizieren. Die Lösung wird unter strenger Berücksichtigung der verfügbaren Problemmerkmale aus einer Menge von Alternativen ausgewählt. Durch den Einbau von Sicherheitswahrscheinlichkeiten in die funktionale Beziehung lassen sich Differenzialdiagnostiken generieren. Eine endgültige Entscheidung über die Etablierung von Diagnosen und daraus resultierenden Folgereaktionen wie z.B. Therapien, geschieht durch sorgfältigsten Vergleich der wahrscheinlichsten Diagnosen und Auswahl der besten Alternative. Die medizinische Diagnostik kann in dieser Formalisierung als eine sequentielle Kopplung beider Problemlösungstypen "Klassifikation/Diagnostik" und "Konstruktion/Planung" dargestellt werden (vgl. Puppe, F. 1990). Detaillierte Informationen zu den Problemlösungsmethoden und deren Konstruktion und Planung sind Puppe zu entnehmen (vgl. Puppe, F. 1990).



**Abbildung 19:** Medizinische Diagnostik als sequentielle Kopplung der Problemlösungstypen Diagnostik und Planung  
(Abbildung aus Puppe 1988)

#### 4.4.2 Modellentwurf

Nach Puppe ist die medizinische Entscheidungsfindung in zwei Hauptteile, die Diagnostik und die Therapieplanung gegliedert. Bei der Diagnostik werden aus vorhandenen Rohdaten, Beurteilungen in Form von Diagnosen generiert und überprüft. Für die anschließende Therapieplanung werden basierend auf die ermittelten diagnostischen Ergebnisse aus einer Vielfalt von Therapiekombinationen die entsprechenden Handlungsempfehlungen bestimmt (vgl. Puppe, F. et al. 1996 et. Puppe, F., Schewa, S. 1997). Das in Abbildung 10 dargestellte Modell dient einer von Puppe abgeleiteten Verhaltensbeschreibung des rehabilitativen Problemlösungsprozesses. Im Rahmen der allgemeinen Diagnostik findet eine kontinuierliche Verdichtung der Rohdaten über den diagnostischen Mittelbau zu Feindiagnosen statt. Es wird zwischen Datenvorverarbeitung und diagnostischer Auswertung unterschieden.



**Abbildung 20: Die medizinische Diagnostik im Modell**  
(Abbildung nach Puppe 1988, modifiziert)

## 5 Methodik

### 5.1 Literaturanalyse von möglichen Verfahrensweisen bei der Planung, Anlage, Durchführung, Auswertung von Studien in der Rehabilitationsforschung

"Behinderungen oder drohende Behinderungen als Folge von chronischen Krankheiten oder Unfällen spielen eine wachsende Rolle in den Gesundheitssystemen der entwickelten Länder und haben erhebliche Auswirkungen auf das Leben der Betroffenen und Angehörigen. Der Bedarf an rehabilitativer Versorgung wird aufgrund der zunehmenden Häufigkeit chronischer Krankheiten und der zunehmenden Lebenserwartung der Bevölkerung weiter wachsen. Gleichzeitig stoßen die verfügbaren Ressourcen für das

Gesundheitssystem an ihre Grenzen. Vor diesem Hintergrund wächst die Notwendigkeit, die medizinische Rehabilitation insbesondere in Bezug auf ihre Wirksamkeit und Qualität auf der Basis wissenschaftlicher Untersuchungen fortzuentwickeln." (BMBF 1998)

Archibald L. Cochrane - the godfather of randomized controlled clinical trials, Autor des vielzitierten Buches "Effectiveness and Efficiency", einer der einflussreichsten Kritiker der Vorherrschaft des medizinischen Denkens, der die relativ schwache Wirkung der klinischen Medizin auf das Health Outcome insgesamt sowie die mangelnde Anwendung wissenschaftlicher Methoden in der klinischen Praxis allgemein stets beklagte (vgl. Alvarez-Dardet, C. et al. 1993) - wurde nicht zuletzt durch seinen selbstverfassten und 1988 im British Medical Journal erschienenen Nachruf bekannt. "In 1957 he survived a professor of surgery's prognosis that he had only three months to live. He was not a real success as a professor, either as a teacher or on the senate, though his kindness to students was proverbial. He was a man whose severe porphyria who smoked too much and was without the consolation of a wife, a religious belief, or a merit award - but he didn't do so badly". (Cochrane, A.L. 1988). In der medizinischen Literatur werden jährlich in über 10000 Fachzeitschriften weltweit rund zwei Millionen Artikel veröffentlicht. Gleichzeitig wird im Sinne einer "Evidence Based Medicine" gefordert: Ärztliche Entscheidungen sollen auf der Basis des aktuellen Wissensstandes getroffen werden. Damit ist der Mediziner gezwungen, kontinuierlich alle aktuellen Publikationen zu seinem Fachgebiet zu suchen und kritisch zu werten. Dank elektronischer Datenbanken ist die Suche zwar einfacher geworden, praxisrelevante Studienergebnisse werden jedoch unbefriedigend berücksichtigt. Gründe liegen im Umfang der Datenbasis und in der fehlenden Indexierung. Eine Lösung stellen Übersichtsartikel oder Reviews dar, die die Synthese von in verschiedenen Studien gewonnener Evidenz repräsentieren. Der Anspruch auf Aussagekraft und Validität solcher Reviews wirft bei deren Erstellung vielfältige Probleme auf, die sich im Wesentlichen auf drei Bereiche erstrecken:

1. Unvollständige Berücksichtigung relevanter Studien.
2. Methodische Probleme bei der Zusammenführung der Endresultate.
3. Mangelnde Aktualität (vgl. cohort info 1998).

EBM ist nach einer vielzitierten Definition von Prof. David Sackett, einem der Väter und wichtigsten Protagonisten dieses noch sehr jungen medizinischen Konzeptes, der "gewissenhafte, ausdrückliche und vernünftige Gebrauch der gegenwärtig besten externen, wissenschaftlichen Evidenz für Entscheidungen in der Versorgung individueller Patienten.

Die Praxis in der EBM bedeutet die Integration individueller klinischer Expertise mit der bestmöglichen externen Evidenz aus systematischer Forschung" (Sackett, D.L. et al. 1996).

EBM fordert, neben den eigenen Erfahrungen den "Stand des Wissens" in die Erwägung der therapeutischen Entscheidung mit einzubeziehen. Während traditionell ein gängiges Lehrbuch als "externe Evidenz" zu Rate gezogen wurde, dessen Wissensstand in der Regel 10 Jahre zurückliegt, fordert EBM, alle Quellen zu berücksichtigen, vor allem neue wissenschaftliche Arbeiten. Eine international als Goldstandard bezeichnete Systematik, die es ermöglicht, anhand wissenschaftlich valider Kriterien die Güte (Präzision, Verlässlichkeit, Richtigkeit) einzelner Quellen abzuschätzen, ersetzt zunehmend die oftmals subjektiv geprägte Einschätzung von Lehrbuchautoren (vgl. Cook, D.J. et al. 1992). Die prospektive, randomisierte kontrollierte Studie (RCT) nimmt dabei eine besondere, hervorgehobene Stellung ein, während retroprospektive Studien, vor allem ohne entsprechende Vergleichsgruppe und ausschließlich auf Expertenkonsens basierenden Empfehlungen eine vergleichsweise untergeordnete Rolle zugewiesen wird (vgl. Sackett, D.L. et al. 1996 et Cook, D.J. et al. 1992). Glaubwürdigkeit von Studien in Abhängigkeit von der angewandten Studienmethodik:

- Ia Metaanalyse aus randomisiert kontrollierten Studien
- Ib einzelne randomisiert kontrollierte Studien
- IIa gut geplante, nicht randomisierte, kontrollierte Studie
- IIb gut geplante quasi experimentelle Studie
- III gut geplante, nicht experimentelle, deskriptive Studie (z.B. Vergleichs-, Korrelations- oder Fallstudien)
- IV Expertenmeinung, Konsensuskonferenzen etc. (vgl. Cook, D.J. et al. 1992).

EBM versucht dem klinisch tätigen Arzt in der individuellen Entscheidung die bestmögliche externe Hilfe anbieten zu können. Auch Kostenträger können sich vor allem beim Vorhandensein von parallelen Angeboten verschiedener medizinischer Therapiekonzepte, über reine Kostenaspekte hinaus auch Informationen bezüglich der Wirksamkeit in die Entscheidung mit einbeziehen, ob die Therapie generell bezahlt wird (vgl. Resch, K.L. 2001). Eine kürzlich im britischen Lancet, publizierten Untersuchung zeigte am Beispiel der Kniegelenkarthrose, dass in den letzten Jahren mehr als 80% aller Studien zu diesem Problem Medikamentenstudien waren, viele davon befassten sich mit für die Behandlungsstrategien wenig relevanten Fragen. Experten wie auch Patienten waren sich in dieser Untersuchung einig, dass sich mehr Untersuchungen mit chirurgischen und physikalischen bzw. edukativen Maßnahmen beschäftigen sollten. Von den Autoren wird festgestellt, dass es kaum Sponsoren für diese Art von Intervention gebe (vgl. Dieppe, P. et al. 1999). Es wird klar, dass Mittel für die Finanzierung der vergleichsweise teuren RCTs als "Intervention" vornehmlich dann zur Verfügung gestellt werden, wenn sich im Erfolgsfalle der "Return of investition" kalkulieren lässt. Direkte monokausale Zusammenhänge, lassen sich vergleichsweise einfach untersuchen, klassischerweise also Arzneimittel mit einer direkten, definierten Wirkung. Komplexe therapeutische Konzepte im Rahmen von Rehabilitationsmaßnahmen wie z.B. für die Mehrfachschädigung der unteren Extremitäten, sind völlig unbekannt (vgl. Resch, K.L. 1998). Aus einem Gutachten zu den

Gesundheitsausgaben für chronische Krankheiten aus dem Jahre 1998 geht hervor, dass die dominante Denkfigur des Medizinsystems die Akutmedizin ist. Auf diese Akutmedizin konzentrieren sich wissenschaftliche sowie industrielle und politische Anstrengungen (vgl. Schwartz, F.W. et al. 1999). Die grundsätzlich zu bejahenden Prinzipien der EBM werden derzeit nur in vergleichsweise wenigen Bereichen der akademischen Medizin umgesetzt. In weiten Feldern gibt es bisher fast ausschließlich Evidenz der o.g. Stufen III und IV. Im Bereich der medizinischen Rehabilitation besteht besonders hoher Forschungsbedarf (vgl. Sackett, D.L. et al. 1996 et Nachemson, A. et al. 2001).

Im Rahmen einer Befragung des Sachverständigenrates für die konzertierte Aktion im Gesundheitswesen zu Fragen der bedarfsgerechten Versorgung, stellt GMDS am 25.08.2000 fest, dass es im gesamten Reha- bzw. Kur-Bereich kaum Studien gibt, die in ihrer Qualität den Kriterien der EBS genügen. Sie stellt weiterhin fest, dass neben organisatorischen Defiziten für die wissenschaftliche Bewertung der bedarfsgerechten Versorgung nicht nur wichtige Studien sondern auch strukturelle Defizite bestehen. Letztlich fehlen Institutionen im wissenschaftlichen sowie amtlichen Bereich, die diese Forschungen und Materialsammlungen mit genügender Qualität und Quantität durchführen können.

Bezeichnend für diese Defizite ist der Ansatz des Sachverständigenrates, zunächst eine Bestandsaufnahme durchzuführen (vgl. Lehmacher, W. 2000). Weitere Orientierungshilfen und Empfehlungen für die Anlage, Durchführung und Interpretation von Studien in der Rehabilitationsforschung sind in der gleichnamigen Schrift der Arbeitsgruppe "Generische Methoden" im Förderschwerpunkt Rehabilitationswissenschaften der Bundesministeriums für Bildung und Forschung, nachzulesen (vgl. Faller, H. et al. 1999).

## 5.2 Material und Untersuchungsmethode

Als Arbeitsgrundlage stehen 20 Original-Unfallakten eines Haftpflichtversicherers von Verkehrsunfallopfern mit Mehrfachschädigung der unteren Extremitäten zur Verfügung. Es handelt sich dabei um Patienten, die im Zeitraum 1999 - 2002 durch eine Niederlassung des Haftpflichtversicherers dem Personenschadenmanagement eines Rehabilitationsdienstleisters zur Bearbeitung übergeben wurden. Die Geschädigten können keiner besonderen Risikogruppe zugeordnet werden. Es bestand lediglich eine Teilnahme am Straßenverkehr und die Schädigung durch einen Unfallverursacher, dessen Haftpflichtversicherung die gesetzliche Pflicht der Regulierung materieller und immaterieller Schäden des Unfallopfers hat. Der Zeitpunkt der Intervention im Rahmen der medizinischen bzw. beruflichen Rehabilitation, fand zu unterschiedlichen Zeitpunkten des Rehabilitationsverlaufes statt. Auf die Auswahl der Fälle konnte seitens des Untersuchers kein Einfluss genommen werden. Inwieweit aus Sicht eines Haftpflichtversicherers ein Fall für das Personenschadenmanagement geeignet ist, wird u.a. auch durch schadenrechtliche Outcomes, wie z.B. eine eventuelle Mithaftung des Geschädigten oder die Bereitschaft des Patienten, am Rehamanagementprogramm teilzunehmen, beeinflusst.

- Haftpflichtversicherer erkennt aus seiner Sicht für das Rehamanagement geeigneten Fall und beauftragt den Dienstleister mit der Unterstützung des Geschädigten im Rahmen der medizinischen und/oder beruflichen Rehabilitation.

Es stellt sich die Frage der Messung von Effekten im Rahmen der therapeutischen Interventionen. Eine auffällige Erscheinung bei biologischen Versuchen ist, dass lebende Objekte auf ein- und denselben Reiz in der Regel unterschiedlich reagieren. Jeder Versuch fällt daher etwas anders aus als seine Wiederholung oder ein Parallelversuch, auch wenn beide unter den gleichen Bedingungen durchgeführt werden. Charakteristisch ist, dass die

Merkmalsausprägungen in zufälliger Weise schwanken. Man spricht von statistischer oder stochastischer Schwankung, Variabilität oder Streuung (vgl. Lorenz, R.J. 1996). Fokussierend auf die Messung des Therapieerfolges ist die Betrachtung der zufälligen Effekte im biologischen Bereich von Interesse. Man kann drei Ursachenkomplexe für die Streuung von Merkmalsausprägungen unterscheiden:

- a) die biologische (oder natürliche) Variabilität des Versuchsobjekte (Patienten),
- b) technisch bedingte zufällige Ungenauigkeiten bei der Ausführung von Versuchen,
- c) zufällige Messfehler bei der Beobachtung der Merkmalsausprägung.

Schon die biologische Variabilität der Patienten nach Alter, Konstitution und Kombination des Verletzungsmusters im Bereich der unteren Extremitäten, lässt keine Einteilung von Klassen zu. Die Epidemiologie als Ursachenforschung hat neben der exakten Formulierung und Anwendung der Hypothesengenerierung über vergleichende Maßzahlen stets auch die Problematik der Multikausalität zum Inhalt. Wenn also nach den Ursachen des Auftretens des Verletzungsmusters gefragt und hierbei z.B. die Art des Unfalles als eine mögliche Ursache des Verletzungsmusters diskutiert wird, ist auch immer zu fragen, ob weitere Risikofaktoren existieren, ob diese konkurrierend sind oder ob bzw. in welcher Form auch Synergismen für die Entstehung und die erfolgreiche Rehabilitation von unfallbedingten Mehrfachverletzungen der unteren Extremitäten, verantwortlich gemacht werden können (vgl. Kreienbock, L. et al. 1995). Aus Sicht der EBM besteht Diagnostik aus einer Serie einzelner Tests. Jeder Einzeltest ist durch die Eigenschaften Sensivität ( $S_n$ ) und Spezifität ( $S_p$ ) eindeutig gekennzeichnet. Bei bekannter Prävalenz erlauben  $S_n$  und  $S_p$  die Berechnung des „Prädikationswertes“. Dieser erlaubt eine qualitative Prognose, mit welcher Wahrscheinlichkeit die vermutete Schädigung bei genau diesem Patienten vorhanden ist. Falls die positive Prädikation

eine vorgegebene Entscheidungsschwelle übersteigt, wird zugunsten eines bestimmten Vorgehens entschieden. Das individuelle Testergebnis liefert damit eine zuverlässige Prognose des Therapieerfolgs bzw. Misserfolgs, „Outcome“ genannt. Der Outcome muss mit reliablen Assessmentinstrumenten objektiv messbar sein. Die Erfolgsbeurteilung erfolgt mittels valider und reliabler Assessmentinstrumente auf der ICF-Ebene. Die Vierfeldertafel ist das Instrument der Wahl, um Sensivität und Spezifität eines Tests zu handhaben. Der Aufbau und der Umgang mit einer Vierfeldertafel in der EBM ist vielfach beschrieben und kann u.a bei Dubs nachgelesen werden (vgl. Dubs, L. 1999). Bei der Erstellung einer Vierfeldertafel sind lediglich die Kriterien „krank“ bzw. „gesund“ durch die Kriterien „Therapie erfolgreich“ bzw. „Therapie nicht erfolgreich“ zu ersetzen. Analog zur „klassischen“ Bedeutung der Sensivität und Spezifität eines Tests können die Tests wie folgt definiert werden:

- Sensivität eines Tests ist die Wahrscheinlichkeit eines positiven Testergebnisses, wenn ausschließlich Pat. getestet werden, bei denen die Therapie erfolgreich war.
- Spezifität eines Tests ist die Wahrscheinlichkeit eines negativen Testergebnisses, wenn ausschließlich Pat. getestet werden, bei denen die Therapie erfolglos war.

Aus dieser Definition ist erkenntlich, dass  $S_n$  und  $S_p$  nur bestimmt werden können, wenn die Therapie abgeschlossen und der Outcome mittels Assessment bewertet wurde. Nur über diesen beschriebenen Weg der objektiven Entscheidungsanalyse kann in der medizinischen Rehabilitation eine höhere Evidenzstufe erreicht werden (vgl. Seichert, N. et al. 2003).

Entsprechend notwendige Tests, z.B. in Form von objektivierbaren Messverfahren, sind nicht Bestandteil der durch öffentliche Träger initiierten rehabilitativen Verfahren.

Da über den Wert der statistischen Eigenschaften der eruierten Daten

wenig bekannt ist – einer Situation, die häufiger vorkommt als vielfach zugegeben, muss auch aufgrund der Inhomogenität des Untersuchungskollektivs auf anspruchsvolle biometrische Verfahren verzichtet werden. Eine solche Haltung ist ehrlicher als die unreflektierte Suche nach >> statistisch abgesicherten << Schlussfolgerungen, deren Wert fraglich bleiben muss und die den Weg zu fruchtbaren Hypothesen vielleicht eher verstellen als ebnen (vgl. Lorenz, R.J. 2003). Auch in der Literatur finden sich variable Untersuchungskollektive, so dass sich ein wirkliches Vergleichskollektiv nicht anbietet. Die erarbeiteten Ergebnisse werden deshalb als Trend ohne jegliche statistische Signifikanz präsentiert. Da es sich um eine retrospektive Analyse von Rehabilitationsverläufen handelt, konnte in Form der Einzelfallanalysen auf die Anlage der Untersuchung (Versuchsplan, Design), kein Einfluss genommen werden. Die Kombinationen der Einzelverletzungen sind sehr unterschiedlich und umfassen die unter Punkt 2.1 aufgezeigte Palette der Grundlagen von Verletzungsmechanismen. Eine Erweiterung der in die Untersuchung einbezogenen Fallzahl, z.B. unter Einbeziehung von Unfallakten anderer Niederlassungen des Haftpflichtversicherers, würde zu einer weiteren Erhöhung der unterschiedlichen Verletzungskombinationen führen.

Die Einzelfallanalyse beschäftigt sich mit der Betrachtung des Verhaltens einer Person im Zeitverlauf (vgl. Faller, H. et al. 1999).
--

Im Rahmen der qualitativ orientierten Prozess-Evaluation wurden Arztbriefe, Reha - Abschlussberichte, Gutachten sowie Aufzeichnungen von Sozialversicherungsträgern und des Haftpflichtversicherers ausgewertet. Im Mittelpunkt der Untersuchung steht die trainigstherapeutische Intervention im Rahmen des Prozesses der medizinischen Rehabilitation.

### **5.3 Beschreibung des zur Verfügung stehenden Kollektivs von 20 Patienten mit Mehrfachschädigung der unteren Extremitäten**

Es handelt sich um 2 weibliche und 18 männliche Unfallopfer. Das Durchschnittsalter der Verletzten betrug zum Unfallzeitpunkt 26, 5 Jahre. Die Patienten 1, 4, 5, 7, 14, 15, 18, 19 und 20 waren zum Unfallzeitpunkt vollschichtig im gewerblich-technischen Bereich beschäftigt. Im kaufmännischen Bereich arbeiteten die Patienten 8, 9, 16 und 17. Eine Ausbildung bzw. Teilausbildung im gewerblich-technischen Bereich wurde zum Unfallzeitpunkt von den Patienten 3, 6, 10 und 13 absolviert. Auszubildende im Polizeivollzugsdienst waren die Patienten 11 und 12. Patient 2 war Schüler. Die Unfallursachen stellen sich wie folgt dar:

- 8 Geschädigte wurden als PKW-Fahrer/innen unverschuldet, bei der Kollision mit einem anderen PKW/Kleintransporter verletzt.
- 1 Geschädigter wurde als PKW-Beifahrer unverschuldet, bei der Kollision mit einem anderen PKW/Kleintransporter verletzt.
- 1 Geschädigter kollidierte als PKW-Fahrer unverschuldet mit einem anderen LKW/Bus.
- 7 Geschädigte kollidierten als Motorrad-/Mopedfahrer/innen unverschuldet mit einem anderen PKW/Kleintransporter.
- 1 Geschädigter kollidierte als Motorrad-/ Mopedfahrer unverschuldet mit einem LKW/Bus
- 2 Geschädigte wurden als Motorrad-/Mopedsozius unverschuldet bei Stürzen ohne Beteiligung anderer Verkehrsteilnehmer verletzt.

Bei den PKW-Insassenverletzungen im Zusammenhang mit der Kollision mit einem anderen Fahrzeug, wurden bei 10 Geschädigten, folgende Diagnosen erhoben.

- Patient 01: - Oberschenkelschaftfraktur  
- Lappenriss med. Meniskus links
- Patient 04: - Fraktur des Os sacrum rechts ohne Dislokation  
- Fraktur des Os ileum und des Os pubis links, ohne nennenswerte Dislokation  
- Zweitgradige offene Pilon-tibial-Fraktur rechts  
- Geschlossene Pilon-tibial-Fraktur links
- Patient 07: - Calcaneustrümmerfraktur beidseitig
- Patient 08: - supradiakondyläre Femurfraktur rechts, zweitgradig offen  
- Talushalsfraktur rechtsseitig, drittgradig offen  
- Becken – B - Verletzung (nach AO-Klassifikation mit transforaminaler  
- Sacrumfraktur linksseitig und vorderer Beckenringfraktur beidseitig  
- Acetabulumfraktur linksseitig
- Patient 09: - geschlossene proximale Tibiavielfragmentfraktur und begleitende Fibulaschaftmehrfragmentfraktur links sowie geschlossener Weichteilschaden
- Patient 11: - Fraktur des linken Femur, langer Schrägbruch des Oberschenkel - Schaftes mit Aussprengung eines großen Keiles und vielen kleinen Fragmenten sowie breit klaffender Hautspalt

Patient 16: - nicht dislozierte mediale Femurcondylenfraktur links  
- Tibiakopfplateau-Fraktur links  
- dislozierte Innenknöchelfraktur links

Patient 18: - körperferne Femurschaftfraktur links  
- Patellamehrfachfragmentfraktur rechts  
- Fibulaköpfchenfraktur links  
- Mittelfußknochenfraktur III links

Patient 19: - Hüftluxation nach anterior mit Pfannenfraktur  
- tiefe Weichteilverletzungen rechtes Kniegelenk

Patient 20: - Fibulaschaftfraktur des rechten Unterschenkels ohne  
Dislokation  
- Prellmarken im Bereich des rechten Kniegelenkes und  
des rechten oberen Sprunggelenkes

Bei den Verletzungen der Motorrad- bzw. Mopedfahrer/innen bzw. Sozia mit und ohne Kollision anderer Fahrzeuge, wurden bei 10 Geschädigten folgende Diagnosen erhoben:

Patient 02: - trochantäre Schenkelhalsfraktur rechts  
- Patellatrümmerfraktur rechts  
- suprakondyläre Femurfraktur rechts  
- Kompartmentsyndrom des rechten Oberschenkels

Patient 03: - distale Femurfraktur links  
- Tibiakopffraktur links  
- offene distale Unterschenkelfraktur links

Patient 05: - pertrochantäre Femurfraktur links mit Dislokation  
- zweitgradig offene Unterschenkelfraktur im distalen  
Drittel (Tibiatrümmerfraktur)

- Patient 06: - Zustand nach Ruptur des vorderen und hinteren Kreuzbandes und nach mehrfachen operativen Eingriffen am rechten Kniegelenk mit posttraumatischer Gonarthrose und Aortofibrose
- Patient 10: - Oberschenkelschaftfraktur rechts  
- zweitgradig offener Unterschenkelbruch links  
- komplexe Beckenverletzung rechts mit Fraktur des Os sacrum, Os pubis, Azetabulum
- Patient 12: - drittgradige offene Unterschenkelfraktur rechts mit Durchtrennung der Sehne M. tibialis anterior, des Extensor hallucis long., M. trizeps surae und den anterioren tibialen Gefäßen  
- geschlossene Oberschenkelfraktur rechts, Oberschenkelspiralfraktur mit Biegungskeil am Übergang vom mittleren zum distalen Drittel
- Patient 13: - dislozierte Unterschenkelschaftfraktur links, Kompartment Syndrom
- Patient 14: - drittgradige offene Femurschaftfraktur links  
- schwere Unterschenkelprellung links mit Fibulaköpfchenfraktur,  
- drohendes Kompartmentsyndrom linker Unterschenkel nicht dislozierte Calcaneusfraktur links, Fraktur des Os cuboideum ohne wesentliche Dislokation  
- schwere Fußquetschung links mit Fraktur des 1., 2., 3., und 5. Mittelfußknochens
- Patient 15: - zweitgradige offene Unterschenkelfraktur rechts mit großem Weichteildefekt besonders Ventro-medial

- Patient 17:
- distale Unterschenkeltrümmerfraktur links (Pilon tibial),  
erstgradig offen mit posttraumatischer inkompletter  
Nervus – peronäus - parese links
  - dislozierte Patellaspitzenfraktur links

## **5.4 Darstellung der eingesetzten rehabilitativen Verfahren**

Entsprechend der Ausführungen unter Punkt 2.4.2, ist die Gewährung medizinischer Leistungen zur Rehabilitation durch Kostenträger nicht nur an medizinische Indikationen gebunden, vielmehr müssen bestimmte rechtliche und sozialmedizinische Grundlagen gegeben sein, bzw. die Trägerschaft geklärt werden. Auf eventuelle Interventionen des Rehabilitationsdienstleisters im Rahmen ihres Medizinmanagements wird zusätzlich eingegangen.

### Patient 01:

**Träger des Verfahrens war ein Rentenversicherungsträger.** Im Anschluss an den Aufenthalt im Akutkrankenhaus fand eine 4wöchige AHB statt. Als Therapieziele wurden Muskelkräftigung, Erarbeitung eines Heimtrainingsprogrammes sowie allgemeine Kräftigung und Konditionierung des Patienten genannt. Als Therapiemittel wurden:

- intensive Einzelgymnastik,
- Kryotherapie,
- regelmäßige Gangschule,
- Einzelgymnastik im Bewegungsbecken,
- mittelfrequenter Trainingsstrom für den M. quadriceps links,
- Sequenztraining,
- Training auf der aktiven Bewegungsschiene,
- therapeutisches Schwimmen
- und die Teilnahme am Gesundheitstraining angewendet.

Bezüglich der Objektivierung der erreichten Rehabilitationsergebnisse wurde neben einer subjektiven Einschätzung durch den Untersucher die Beweglichkeit im linken Hüftgelenk nach Ext./Flex. sowie der Bewegungsumfang im Knie nach Ext./Flex. ermittelt.

Im Anschluss an die AHB wurde ambulant nur noch spontan Krankengymnastik sowie Iontophorese verordnet. Der Dienstleister wurde nur mit der beruflichen Rehabilitation beauftragt.

#### Patient 02:

**Träger des Verfahrens war eine GKV.** Die Einweisung nach dem Unfallereignis erfolgte in eine Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik. Hier fand nach operativer Versorgung auch eine 5wöchige intensivtherapeutische Nachbehandlung statt. Die therapeutischen Interventionen sind nicht näher beschrieben. Eine AHB wurde nicht durchgeführt. Ersatzweise fand über einen Zeitraum von 3 Monaten eine:

- komplexe physiotherapeutische Übungsbehandlung sowie Mobilisierung des rechten Beines auf der Motorschiene unter Entlastung
- zweimalige krankengymnastische Behandlung in der Woche, mit dem Ziel der weiteren Mobilisierung und Konditionierung statt.

#### Patient 03:

**Träger des Verfahrens war eine GKV.** Entsprechend der Empfehlung des Dienstleisters erfolgte eine Verlegung des Patienten in eine Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik. Eine AHB fand nicht statt. Im Verlauf eines Jahres nach Entlassung aus der Akutklinik wurden:

- 2 mal 25 Therapieeinheiten EAP sowie
- krankengymnastische Einzelbehandlung

durch den Dienstleister initiiert und durch den Haftpflichtversicherer finanziert.

Patient 04:

**Träger des Verfahrens war ein Rentenversicherungsträger.** Im Anschluss an den Aufenthalt in einer Universitätsklinik fand eine 4wöchige AHB statt. Rehabilitationsziele wurden nicht formuliert. Als Therapiemittel wurden:

- intensive Krankengymnastik,
- 2 mal täglich aktive und passive Bewegungsübungen für beide Sprunggelenke angewendet sowie die
- Empfehlung zur selbständigen Nutzung der Kraftgeräte zum Zweck der Kräftigung, gegeben.

Bezüglich der Objektivierung der Rehabilitationsergebnisse wurde die Beweglichkeit der Sprunggelenke rechts und links Ext./Flex. sowie die Pro- und Supination der Sprunggelenke und die Beweglichkeit der Großzehengrundgelenke in der Dorsalextension/Plantarextension, dokumentiert. Aufgrund eines erneuten Unfalles nahm der Patient an einer weiteren 5wöchigen stationären medizinischen Rehabilitationsmaßnahme teil. Entsprechend des Abschlussberichtes erfolgte eine Rehabilitationsbehandlung mit:

- allen Methoden der Krankengymnastik und Balneotherapie.

Im Rahmen einer durch den Rehabilitationsdienstleister initiierten fachorthopädischen Begutachtung wurde ein Messblatt für untere Gliedmaßen nach der Neutral-0-Methode angefertigt. Der Dienstleister war nur in die berufliche Rehabilitation involviert.

Patient 05:

**Träger des Verfahrens war die Sozialversicherung der DDR und im Anschluss ein Rentenversicherungsträger.**

Im Rahmen einer sich an den Krankenhausaufenthalt anschließenden 4wöchigen stationären medizinischen Rehabilitationsmaßnahme erfolgte:

- intensive krankengymnastische Therapie

Ambulant erfolgte nur eine sporadische Fortführung der Therapie.

Mit Hilfe der Neutral-0-Methode wurden die Umfangsmaße vom Oberschenkel, Kniegelenk und Unterschenkel sowie die Bewegungsmaße des Hüftgelenkes dokumentiert.

Patient 06:

**Träger des Verfahrens war eine GKV und im Anschluss ein Rentenversicherungsträger.** Infolge einer Vielzahl von Operationen nahm der Patient an 4 AHB bzw. stationären Rehabilitationsmaßnahmen teil. Bezüglich der eingesetzten Therapiemittel wurden lediglich Phasen :

- intensiver mehrschichtiger physiotherapeutischer und elektrotherapeutischer Behandlungen durchgeführt,
- Trainingstherapie kam sporadisch zum Einsatz.

Durch den Rentenversicherungsträger wurde eine „Evaluation der Funktionellen Leistungsfähigkeit“ initiiert. Im Rahmen der Begutachtungen weiterhin, entsprechend des Messblattes für untere Gliedmaßen nach der Neutral-0-Methode die Beweglichkeit der Hüft-, Knie-, oberen- und unteren Sprung- und Zehengelenke sowie die Umfangmaße incl. Beinlänge erhoben. Der Rehabilitationsdienstleister

wurde 13 Jahre nach dem Unfall mit der weiteren Steuerung der medizinischen und beruflichen Rehabilitation beauftragt.

Eine erneute, durch den Rehabilitationsdienst in Auftrag gegebene Begutachtung, diente der Feststellung des aktuellen Status.

#### Patient 07:

**Träger des Verfahrens war ein Rentenversicherungsträger.** Im Anschluss an den stationären Aufenthalt und primärer Wundheilung erfolgten ambulant:

- Bewegungsübungen mit anfänglicher Entlastung der Extremitäten,
- Lymphdrainage und
- schrittweise Belastung bis zur Vollbelastung beider Beine.

Eine AHB kam nicht zur Anwendung. Nach der stationären medizinischen Rehabilitationsmaßnahme fand eine unfallchirurgische Begutachtung incl. der Datenerhebung nach der Neutral-0-Methode statt. Der Rehabilitationsdienst wurde mit der beruflichen Rehabilitation des Patienten beauftragt.

#### Patientin 08:

**Es handelte sich um ein berufsgenossenschaftliches Heilverfahren,** welches durch den Dienstleister gesteuert wurde. Im Anschluss an den Aufenthalt im Akutkrankenhaus nahm die Patientin an einer stationären Zwischenrehabilitation teil. Während dieser Phase wurde:

- Krankengymnastik einzeln im Trockenen,
- Kaltlufttherapie für das rechte Sprunggelenk,

- tägliche Gangschule,
- Einzel-KG im Sole-Bewegungsbad,
- zweimal täglich eine Behandlung mit Isokinetik im Assistivmodus am geschlossenen System für die rechte Oberschenkelmuskulatur,
- zwei mal täglich eine passive Beübung des rechten Sprunggelenkes mittels Motorschiene und zusätzlich
- Fangopakungen durchgeführt.

Die Beweglichkeit des rechten Sprung- und Kniegelenkes wurde mit Hilfe der Neutral-0-Methode objektiviert. Es wurde eine Gangbildanalyse durchgeführt.

#### Patient 09:

**Das Heilverfahren wurde durch eine PKV finanziert.** Die Steuerung der medizinischen Rehabilitation erfolgte durch den Rehabilitationsdienst. Der Patient kam zur konservativen Nachbehandlung bei verzögerter Remobilisation und belastungsabhängigen Beschwerden in die stationäre Behandlung. In der Therapie wurde Augenmerk auf die Bewegungsverbesserung sowohl des OSG`s als auch des Knies gelegt.

Neben der:

- Traktion/Mobilisation der Gelenke,
- sukzessivem Muskelaufbau,
- muskelstimulierender Elektrotherapie,
- funktioneller Beübungen, kam
- Aquajogging zum Einsatz.

Die Flexion/Extension des OSG bzw. des Knies wurden mit Hilfe der Neutral-0-Methode gemessen.

Patient 10:

**Träger des Verfahrens war ein Rentenversicherungsträger.** An einer AHB nahm der Patient nicht teil. Nach Entlassung aus dem Akutkrankenhaus wurde:

- Physiotherapie und krankengymnastische Behandlung durchgeführt.

Im Rahmen der stationären medizinischen Rehabilitation waren die muskuläre Kräftigung und Steigerung der Belastbarkeit, Ziel der rehabilitativen Bemühungen. Zur Anwendung kamen:

- intensive Einzelkrankengymnastik,
- Gangschule,
- Trainingsgruppe Bein trocken,
- Einzelbewegungsbäder im Sole-Thermalbecken,
- Reizstrombehandlung sowie
- Wechselbäder für beide Füße.

Die allgemeine Konditionierung erfolgte an den:

- medizinischen Trainingsgeräten.

In der Ergotherapie wurde der Patient am:

- Motomed betreut.

Entsprechend des Messblattes für untere Extremitäten wurden nach der Neutral-0-Methode die Beweglichkeit der Hüftgelenke, Kniegelenke, oberen Sprunggelenke, unteren Sprunggelenke und Zehngelenke gemessen. Weiterhin kam es zur Umfang- und Beinlängenmessung.

Patient 11:

**Träger des Verfahrens war eine PKV.** Der Dienstleister war in das Heilverfahren nicht involviert. Eine AHB fand nicht statt. Im Anschluss an die stationären Behandlungen wurde ambulant eine:

- krankengymnastische Übungsbehandlung durchgeführt.

Es kamen:

- Spannungs- und Bewegungsübungen zum Einsatz.

Der Rehabilitationsdienst wurde mit der beruflichen Rehabilitation beauftragt.

Patientin 12:

**Träger des Verfahrens war eine PKV.** Der Dienstleister war durch Initiierung einer Re-Operation in das Verfahren involviert. Medizinische Rehabilitation fand nur in Form einer:

- physiotherapeutischen Nachbehandlung statt.

Der Rehabilitationsdienst war mit der beruflichen Rehabilitation beauftragt.

Patient 13:

**Träger des Verfahrens war eine GKV.** Noch im Akutkrankenhaus begann die Mobilisation an zwei Unterarmgehstützen mit Bodenkontakt. Eine Teilnahme an einer AHB wurde vom Patienten abgelehnt. Es wurde:

- Krankengymnastik verordnet.

Nach Einschaltung des Rehabilitationsdienstes initiierte dieser die Durchführung einer „Psycho-physischen Evaluation der funktionellen Leistungsfähigkeit“ mit ERGOS.

#### Patient 14:

**Träger des Verfahrens war ein Rentenversicherungsträger.** Eine AHB wurde nicht durchgeführt. Eine:

- physiotherapeutische Versorgung

fand in unregelmäßigen Abständen statt.

Nach Einschaltung des Dienstleisters nahm der Patient an 15 Therapieeinheiten EAP teil. Im Rahmen einer fachchirurgischen Begutachtung wurde die Daten entsprechend des Messblattes für untere Gliedmaßen nach der Neutral-0-Methode ermittelt.

#### Patient 15:

**Träger des Verfahrens war ein Rentenversicherungsträger.** Nach dem stationären Klinikaufenthalt wurde:

- ambulante Physiotherapie und
- Lymphdrainage durchgeführt.

Ziele der rehabilitativen Bemühungen einer stationären medizinischen Rehabilitationsmaßnahme waren u.a. Schmerzlinderung im Bereich des rechten Fußes und Kniegelenkes, Entstauung des rechten Unterschenkels, Muskelkräftigung und Verbesserung des Gangbildes sowie Gewichtsreduktion. Als Therapiemittel kamen zur Anwendung:

- Einzelkranken- und Gruppengymnastik trocken und im Bewegungsbecken,
- freies Schwimmen,
- Therapie an den Trainingsgeräten,
- Fahrradergometertraining,
- ergotherapeutisches Funktionstraining für das rechte obere Sprunggelenk,
- Lymphdrainagen,
- Schröpfen für den Rücken,
- Bindegewebsmassagen,
- Ultraschall mit Voltaren für das rechte obere Sprunggelenk,
- Thermal-Sole-Sprudelbäder und
- Sole-Inhalation und Kneipsche Güsse für beide Beine.

Wegen der dringend notwendigen Muskelkräftigung, Entstauung des rechten Beines durch Lymphdrainage und Gewichtsreduktion wurde das Heilverfahren um 14 Tage verlängert. Die Umfangsmaße wurden dokumentiert. Der Rehabilitationsdienstleister wurde nach Abschluss des stationären medizinischen Rehabilitation mit der weiteren Bearbeitung des Rehafalles beauftragt.

#### Patient 16:

**Es handelte sich um ein berufsgenossenschaftliches Heilverfahren.** Eine AHB fand im Anschluss an den Aufenthalt im Akutkrankenhaus nicht statt. Es wurden:

- physiotherapeutische Behandlungen verordnet.

Das Heilverfahren wurde abgeschlossen. Aufgrund der Aktivitäten des Haftpflichtversicherers unter Einschaltung des Dienstleisters fand eine orthopädische sowie fachneurologische Begutachtung statt. Die Abgrenzung von einer Vorerkrankung erwies sich als sehr schwierig. Im

Rahmen des orthopädischen Befundes wurden die Bewegungsausmaße und Umfänge der unteren Extremitäten, entsprechend der Neutral-Null-Methode bestimmt. Aufgrund des festgestellten Rehabilitationsbedarfes wurde die Berufsgenossenschaft erneut in den Fall involviert. Die Steuerung der weiteren medizinischen Rehabilitation erfolgte durch den Dienstleister. Es wurde eine 3wöchige stationäre Rehabilitationsmaßnahme mit nachfolgend aufgeführten therapeutischen Inhalten initiiert:

- physiotherapeutisches Programm bestehend aus:
- Einzel-Krankengymnastik nach Bobath (3-4mal wöchentlich)
- Einzel-Krankengymnastik im Sole-Bad
- Trainingstherapie
- Ergotherapie
- Fangoparaffinpackungen auf der Liege für die linke Schulter

Abschließend wurde eine:

- Ganganalyse im Ganglabor durchgeführt.

Entsprechend ihrer Auswertung wurden spezielle Hinweise für eine adäquate orthetische Versorgung gegeben.

#### Patient 17:

**Der Träger des Verfahrens war eine PKV.** Mit der Steuerung der medizinischen Rehabilitation wurde der Rehabilitationsdienst beauftragt. Im Rahmen einer stationären medizinischen Rehabilitationsmaßnahme erfolgten insgesamt:

- 18 x Einzel-Krankengymnastik mit Gangschulung,
- 18 x isokinetisches Training,
- 19 x Lymphdrainage, daneben führte der Patient ein
- Eigentaining durch.

Abschließend wurde eine:

- Ganganalyse im Ganglabor durchgeführt.

Entsprechend ihrer Auswertungen wurden konkrete Hinweise für die ambulante Weiterführung der krankengymnastischen Übungsbehandlung incl. trainingstherapeutischer Interventionen gegeben.

Patient 18:

**Es handelte sich um ein berufsgenossenschaftliches Heilverfahren.** Nach Entlassung aus dem Akutkrankenhaus wurde der Patient in ein neuroorthopädisches Rehabilitationszentrum überwiesen.

Es wurde:

- ambulante Physiotherapie durchgeführt.

Der Dienstleister wurde mit der beruflichen Rehabilitation des Patienten beauftragt.

Patient 19:

**Träger des Verfahrens war ein Rentenversicherungsträger.** Bereits im Akutkrankenhaus wurde physiotherapeutisch mit:

- Krankengymnastik behandelt, weiterhin kam die
- Motorschiene sowie
- Gangschule ohne Belastung mit Unterarmgehstützen zum Einsatz.

Für die AHB wurden folgende Ziele formuliert:

- a. Wiederherstellung der Mobilität der rechten Hüfte.
- b. Wiederherstellung eines sicheren Gangbildes.
- c. Erlernen und Training leidesgerechter Bewegungs- und Belastungsmuster.
- d. Anleitung zum selbstständigen Durchführen von Übungen im Hausübungsprogramm.
- e. Vorbereitung der beruflichen Rehabilitation.
- f. Wiederherstellung der Erwerbsfähigkeit.

Die therapeutischen Interventionen bezogen sich auf:

- heilklimatische Spaziergänge im milden Ostseeküstenklima und Aerosolinhalation in der Brandungszone.

Die Beweglichkeit der Hüftgelenke wurden neben der Feststellung der Beinumfangs mit Hilfe der für die untere Extremitäten zur Verfügung stehenden Neutral-0-Methode gemessen. Es wurde eine Fortführung des Muskelaufbautrainings empfohlen.

Patient 20:

**Träger des Verfahrens war eine GKV.** Nach Entlassung aus dem Akutkrankenhaus wurden ambulant:

- 10 Einheiten Krankengymnastik durchgeführt.

Der Rehabilitationsdienst wurde mit der beruflichen Rehabilitation des Patienten beauftragt. Aufgrund des Abbruchs einer leidesgerechten Umschulung fand eine orthopädische Begutachtung statt. Unter Zuhilfenahme der Neutral-0-Methode wurden Beweglichkeit und Umfangmaße des rechten Kniegelenkes gemessen.

## 6 Ergebnisse

### 6.1 Ergebnisse der retrospektiven Einzelfallanalyse

Im Rahmen der unter Punkt 5.4 erläuterten rehabilitativen Verfahren, wurden auf der Grundlage der unter 5.2 beschriebenen Untersuchungsmethode, folgende Ergebnisse erzielt.

#### Patient 01 / Diagnose

- Oberschenkelschaftfraktur
- Lappenriss med. Meniskus links

Die AHB begann knapp zwei Wochen nach Entlassung aus dem Akutkrankenhaus. Die dort erzielten Ergebnisse, sind entsprechend der Aufzeichnungen des „Einheitlichen Berichtes der Rentenversicherungsträger“, als durchaus für eine Rückkehr zum alten Arbeitsplatz als Maurer, optimistisch zu werten. Objektivierbare und damit für einen späteren Abgleich geeignete Messverfahren, z.B. die Gangbildanalyse, wurden nicht angewendet. Im Rahmen der AHB konnte die Beweglichkeit im linken Hüftgelenk, wie auch der Bewegungsumfang im linken Knie gebessert werden. Eine 4wöchige therapeutische Intervention war zeitlich zu kurz gefasst, um bereits sechs Wochen nach deren Abschluss mit der beruflichen Reintegration als Maurer zu beginnen. Die Befundbesprechung ergab, dass der Patient subjektiv nicht zufrieden war. Er klagte über Beschwerden im Oberschenkelbereich. Die berufliche Wiedereingliederung wurde durch den Patienten abgebrochen. Der Prozess des muskulären Aufbautrainings inklusive trainingstherapeutischer Inhalte hätte bezüglich der allgemeinen und spezifischen Konditionierung weitere drei Monate in Anspruch genommen und in Form einer zusätzlichen ambulanten Rehabilitationsmaßnahme ergänzt werden müssen. Entscheidende Bedeutung für eine berufliche Rehabilitation kommt der Feststellung der Arbeitsfähigkeit sowie der Feststellung verbliebener funktioneller Einschränkungen zu. Die Einschätzung der Arbeitsfähigkeit

auf der Grundlage klinischer Befunde des Patienten erweist sich in aller Regel als unzureichend. Rückschlüsse auf Leistungsdefizite und weitere rehabilitative Reserven, können nur über objektivierbare Messverfahren getroffen werden. Aufbauend auf die AHB-spezifischen therapeutischen Inhalte, hätte über eine o.g. Phase der trainingstherapeutischen Konditionierung, ein spezifisches auf die berufliche Tätigkeit abgestimmtes Arbeitstraining, erfolgen müssen. Nur so hätte die im „Einheitlichen Bericht der Rentenversicherungsträger“, für den Patienten als durchaus realistisch formulierte Prognose, nach Abschluss des Heilungsprozesses weiterhin vollschichtig als Maurer tätig zu sein, erfüllt werden können. Nach gutachterlicher Feststellung, dass eine erneute Aufnahme der Tätigkeit als Maurer nicht mehr möglich ist, empfahl der Rehabilitationsdienst an einer Höherqualifikation zum Bautechniker teilzunehmen. Der Patient entschied sich für eine 21monatige Maßnahme zum Qualitätsfachmann an einem Berufsförderungswerk.

#### Patient 02 / Diagnose

- trochantäre Schenkelhalsfraktur
- Patellatrümmerfraktur rechts
- Superkondyläre Femurfraktur rechts
- Kompartmentsyndrom des rechten Oberschenkels

Nach der dreimonatigen ambulanten physiotherapeutischen Behandlung, zeigte sich der Patient subjektiv zufrieden. Die Beugefähigkeit des rechten Beines ist um 15° gemindert. Die Streckung des rechten Kniegelenkes kann nicht endgradig vollzogen werden. Sportliche Aktivitäten können nur eingeschränkt durchgeführt werden. Durch Unterstützung des Dienstleisters konnte eine leidensgerechte betriebliche Ausbildung zum Mechatroniker vermittelt werden. Trotz der GKV-Trägerschaft des Heilverfahrens, wurde es in einer Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik durchgeführt. Die Objektivierung der erreichten Rehabilitationsergebnisse, z.B. in Form einer Gangbildanalyse hat nicht stattgefunden. Zur Stabilisierung des

Rehabilitationsergebnisses wären trainingstherapeutische Interventionen angezeigt gewesen.

#### Patient 03 / Diagnose

- distale Femurfraktur links
- Tibiakopffraktur links
- offene distale Unterschenkelfraktur links

Das Streckdefizit des linken Kniegelenkes liegt weiterhin bei 20°. Erst nach Einschaltung des Medizinmanagement des Rehabilitationsdienstleisters fanden trainingstherapeutische Interventionen statt. Die Durchführung einer AHB im Anschluss an die Entlassung aus dem Akutkrankenhaus hätten den rehabilitativen Prozess unterstützt. Leistungsdiagnostische Verfahren wurden nicht eingesetzt. Die ursprüngliche Ausbildung zum Gas-Wasserinstallateur konnte der Patient nicht fortsetzen. Zwei Jahre nach dem Unfallereignis begann er durch Vermittlung des Dienstleisters mit einer betrieblichen Ausbildung zum IT System-Informationskaufmann.

#### Patient 04 / Diagnose

- Fraktur des Os sacrum rechts ohne Dislokation
- Fraktur des Os ileum und des Os pubis links, jeweils ohne nennenswerte Dislokation
- zweitgradige offene Pilon-tibial-Fraktur rechts
- geschlossene Pilon-tibial-Fraktur links

Entsprechend des Entlassungsberichtes der AHB konnte sich der Patient mit einem sicheren Gangbild im 3-Punkt-Gang mit zwei UAG-Stützen bei Teilbelastung fortbewegen. Beide Hüft- und Kniegelenke waren ohne pathologischen Befund. Angesichts der Schwere der Verletzungen beider Unterschenkel mit Beteiligung der distalen

Tibiagelenkflächen ist mit einer Einschränkung der Belastbarkeit beider Sprunggelenke zu rechnen. Die Beweglichkeit der Sprunggelenke sowie der Großzehengrundgelenke hatte sich verbessert. Der Patient beklagte weiterhin bestehende, in der Stärke belastungsabhängige Schmerzen in den Sprunggelenken. Aufgrund eines Zweitunfalles: Fraktur des linken Fußes, erfolgte eine zweite stationäre medizinische Rehabilitationsmaßnahme. Es bestanden weiterhin Beschwerden im linken oberen Sprunggelenk mit belastungsabhängigen Schmerzen und zeitweiligen Anschwellungen. Weiterhin gab der Patient belastungsabhängige Kniebeschwerden an. Zudem klagte er über deutliche Bewegungseinschränkungen im Bereich beider Sprunggelenke sowie ein verändertes Gangbild. Der Rehabilitationsdienst wurde 8 Jahre nach dem Unfall mit der beruflichen Rehabilitation des Geschädigten beauftragt. Der Patient sah sich jedoch aufgrund seiner körperlichen Beschwerden nicht in der Lage, eine leidensgerechte Umschulung zu absolvieren. Aufgrund der Schwere der Verletzungen hätte eine frühzeitige Gangbildanalyse wichtige Informationen für die therapeutische Vorgehensweise geliefert. Die Verschlechterung der gesundheitlichen Situation infolge des Zweitunfalles, ist als schicksalhaft zu werten.

#### Patient 05 / Diagnose

- pertrochantäre Femurfraktur links mit Dislokation
- zweitgradige offene Unterschenkelfraktur im distalen Drittel (Tibiatrümmerfraktur)

Über eine stufenweise Wiedereingliederung konnte der Patient an seinen alten Arbeitsplatz als Elektromechaniker zurückkehren. Im Rahmen einer Begutachtung klagte er über ständige Beschwerden im linken Unterschenkel, die nach Belastung zunehmen. Beim Gangbild fällt eine geringe Außenrotation des linken Unterschenkels auf, wobei der Patient nicht über die Großzehe abrollt. Beim Stehen ist im linken Sprunggelenk eine Valgusstellung erkennbar. Im Rahmen einer 4 Jahre

nach dem Unfallgeschehen stattgefundenen Begutachtung, hatte sich die Muskulatur aufgebaut. 14 Jahre nach dem Unfall klagt der Patient über wiederkehrende Schmerzen im gesamten linken Bein (besonders im Hüftgelenk) mit Bewegungs- und Funktionseinschränkungen sowie Teilversteifung im Bereich des linken Sprunggelenkes. Aufgrund des Fortschreitens der arthrotischen Veränderungen, konnte die berufliche Tätigkeit nicht mehr ausgeübt werden. Begleitende Therapien fanden nur sporadisch statt. Eine berufsbegleitende Höherqualifizierung, z.B. zum Techniker, wurde abgelehnt.

#### Patient 06 / Diagnose

- Zustand nach Ruptur des vorderen und hinteren Kreuzbandes und nach mehrfachen operativen Eingriffen am rechten Kniegelenk mit posttraumatischer Gonarthrose

Der im Rahmen einer Begutachtung getätigten Aussage, dass der Patient einer wahren Odyssee von operativen Maßnahmen ausgesetzt war, die weder die Schmerzsymptomatik noch das funktionelle Ergebnis im rechten Kniegelenk verbessert haben, ist sich uneingeschränkt anzuschließen. Die aus der „Evaluation der funktionellen Leistungsfähigkeit“ resultierenden Schlussfolgerungen und Empfehlungen, beziehen sich auf das arbeitsbezogene Problem einer Funktionsstörung des rechten Kniegelenkes mit Streckdefizit, Instabilität und erheblich verminderter Druckbelastung. 11 Jahre nach dem Unfall ist der Patient nicht in die Lage versetzt, an einer beruflichen Rehabilitationsmaßnahme teilzunehmen.

#### Patient 07 / Diagnose

- Zustand nach Calcaneustrümmerfraktur beidseitig

Der Gang des Patienten ist langsam und deutlich behindert. Es findet sich ein hinkendes Gangbild, welches links noch stärker als rechts

ausgebildet ist. Beim Gehen werden beide Füße stapfend aufgesetzt und nicht abgerollt. Der Einbeinstand ist beiderseits nicht möglich. Es findet sich eine Einschränkung der Beweglichkeit im oberen und unteren Sprunggelenk beiderseits. Deutliche Verschmächtigung der Ober- und Unterschenkelmuskulatur, links mehr als rechts. Der Dienstleister wurde mit der beruflichen Rehabilitation des Geschädigten beauftragt. Mit der Umschulung zum IT-Systemelektroniker wurde zeitnah begonnen. Zwischenzeitlich befindet sich der Patient in einem vollschichtigen Arbeitsverhältnis. Dauerhafte therapeutische Interventionen unter der Zielstellung der Verlangsamung des Fortschreitens von Sekundärschäden sind dem Patienten angeraten, werden jedoch nur unzureichend umgesetzt.

#### Patient 08 / Diagnose

- suprakondyläre Femurfraktur rechts, zweitgradig offen
- Talushalsfraktur rechtsseitig, drittgradig offen
- Os naviculare-Fraktur Fuß rechts
- Becken-B-Verletzung (nach AO-Klassifikation mit transforaminaler Sacrumfraktur linksseitig und vorderer Beckenringfraktur beidseitig)
- Acetabulumfraktur linksseitig

Bei der Abschlussuntersuchung gab die Patientin noch Schmerzen im Bereich und in der Umgebung des Aussknöchels am linken Sprunggelenk an. Ausserdem seien während und kurz nach stärkerer Belastung auch noch Schmerzen im Fersenbereich aufgetreten. Die Schmerzen im Kniegelenk rechts konnten kaum gebessert, während die übrigen Beschwerden deutlich rückläufig waren. Bei der klinischen Abschlussuntersuchung fand sich eine leicht gebesserte Beweglichkeit im Sprunggelenk für die Dorsalextension/Plantarflexion.

#### Ergebnisse der Gangbildanalyse:

Das Hauptanliegen, welches mit der Anfertigung einer Gangbildanalyse

verfolgt wurde, liegt in der Objektivierung der Funktion der rechten Extremität mit dem endoprothetisch versorgten Sprunggelenk beim Gehen um eventuell begründete Hinweise für weiterführende Maßnahmen zu erhalten. Die Patientin suchte am 05.03.03 das Ganglabor auf. Zur Bestimmung ihrer Gangmechanik wurden mit zwei im Labor hintereinander angeordneten Kraftmessplatten (Fa. Kistler, Winterthur, CH) die Bodenreaktionskraft und mit dem optoelektronischen System VICON (Fa. Oxford Metrics, Oxford, UK) die Bewegungen ausgewählter Körperstellen vermessen. Zusätzlich zu den gangmechanischen Größen wurden die Muskelaktivitäten (EMG) ausgewählter Muskeln des rechten Beines:

- M. tibialis ant.,
- M. soleus,
- M. gastroc. med.,
- M. rectus fem.,
- mit dem Myo-System 2000 (Fa. Noraxon, Wien, A) beim Gehen gemessen.

Der Messbereich, der sich innerhalb einer etwa 12m langen Gehstrecke befindet, umfasst die Länge eines Doppelschritts. Die Messstrecke sollte die Patientin so zügig wie möglich durchlaufen. Aus jeweils 8 Einzelmessungen wurden Mittelwerte gebildet. Bei allen Messungen benutzte die Patientin eine Unterarmgehstütze links.

### **Ergebnisse: Zeit-Distanz-Parameter:**

Die Elementarparameter des Ganges-Schrittlänge, Standphasenzeit und Gehgeschwindigkeit – enthält die Tabelle 1. Die Patientin geht mit 0,84 m/s relativ langsam. Die Standphasenzeit links ist verlängert. Rechts wurden größere Schritte durchgeführt. Die Differenz der Schrittlänge vom rechten und linken Bein beträgt durchschnittlich 8cm. Damit ist der Gang der Patientin als asymmetrisch zu charakterisieren.

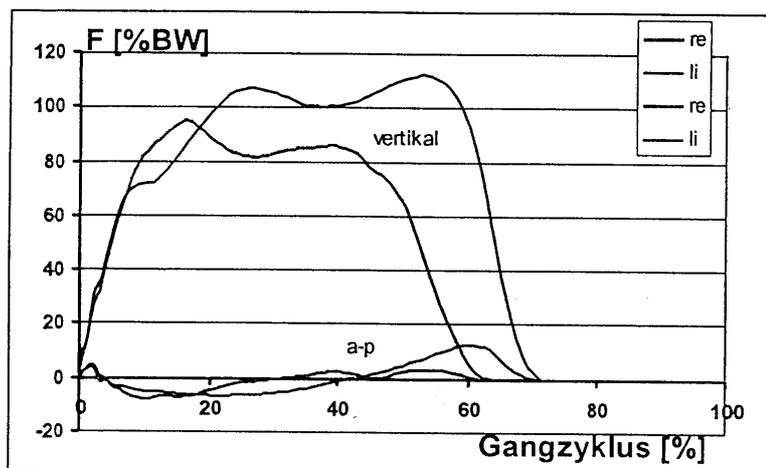
---

Tabelle 1: Mittlere Schrittlänge, Standphasenzeit und Gehgeschwindigkeit nach der stationären Rehabilitation

Schrittlänge (m)		Standphasenzeit (%Gangzyklus)		Gehgeschwindigkeit (m/s)
rechts	links	rechts	links	
0,52	0,44	61	77	0,84

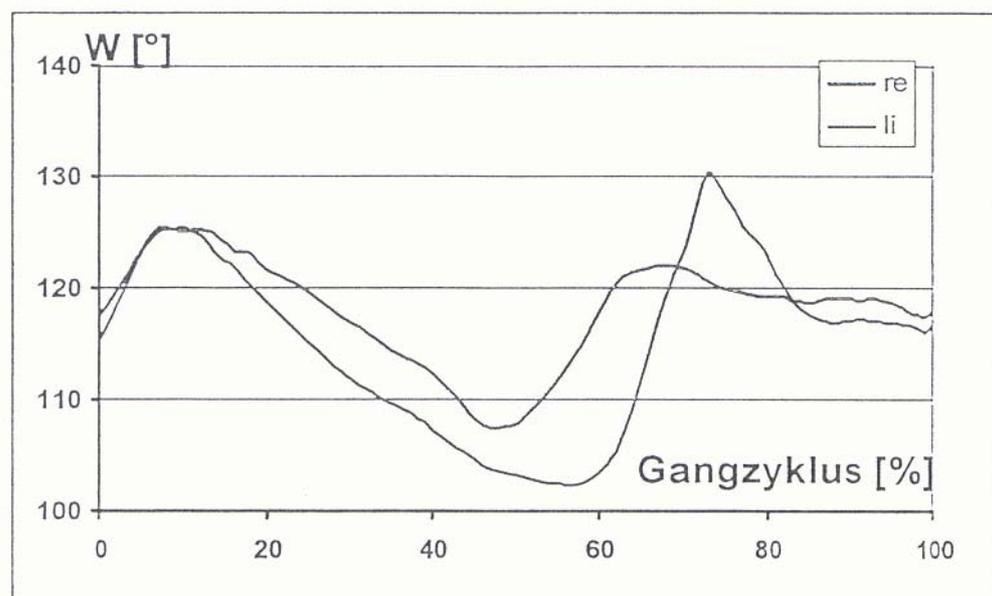
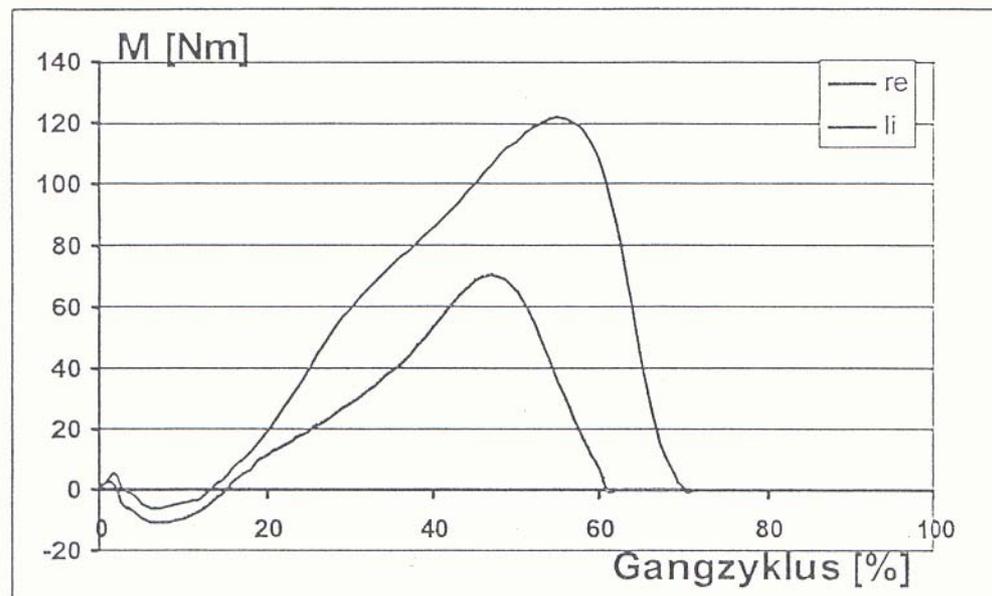
### **Kinematik/Kinetik:**

Die Bodenreaktionskraft ist die Kraft, die zwischen dem Untergrund und dem Fuß wirkt. Sie hebt und senkt den Gesamtkörper (vertikale Komponente), sie beschleunigt und bremst ihn ab (ap-Komponente). Die Bodenreaktionskraft unterscheidet sich bei der Patientin im Seitenvergleich beider Beine erheblich. Das rechte Bein trägt den Körper bei den Untersuchungen im Gangzyklus etwa 0,70 Sekunden und damit deutlich kürzer als das linke Bein (0,81 Sekunden). Die Beträge der Bodenreaktionskräfte des linken Beines sind gemäß der Ganggeschwindigkeit normal. Die Größe der Kräfte, die an der rechten Extremität gemessen wurden, sind um etwa 10% im Vergleich zu den entsprechenden Gehgeschwindigkeiten zu erwartenden Werten reduziert (Abb. 21). Diese Reduktion wird durch die benutzte, entlastend wirkende Gehilfe erzielt.



**Abbildung 21: Relative Bodenreaktionskräfte (vertikal und in Bewegungsrichtung –a-p–)**

Die Struktur der Bodenreaktionskräfte weist auf eine reduzierte Abstoßleistung des rechten Beines hin. In dieser Bewegungsphase, in der das zu tragende Körpergewicht vom rechten auf das linke Bein übertragen wird, sind die Kraftwerte am rechten Bein verringert. Am linken Bein wird so eine kleinere Bremskraft in Bewegungsrichtung wie auch eine geringere Vertikalkraft festgestellt. In der alternativen Lastübernahme vom linken auf das rechte Bein entwickelt das linke Bein eine normale Abdruckkraft und das rechte Bein wird unter Berücksichtigung des Gehstützeneinflusses normal beansprucht. Das bedeutet bei Lastübernahme zu Beginn des Gangzyklus nach Fersenkontakt ist die rechte Extremität offensichtlich gut belastbar, wohingegen die Abstoßleistung des Fußes reduziert ist. Die externen Gelenkmomente sind ein direktes Maß für die Belastung der Momente. Das Sprunggelenk links wird sagittal normal belastet. Dagegen ist das OSG-Moment rechts in der Abdruckphase mit mehr als 50% im Seitenvergleich stark entlastet, wenn die Stützkraft am Vorfuß wirkt (Abb. 22).



**Abbildung 22: Moment und Winkel am OSG (rechts und links)**

Weiterhin wird das rechte Kniegelenk fast ausschließlich in der gesamten Standphase extendiert und damit fehlbelastet. Die Fehlbelastung setzt sich im Hüftgelenk fort. Das rechte Hüftgelenk weist vom Normalen abweichende externe Momentenverläufe auf (Abb. 23).

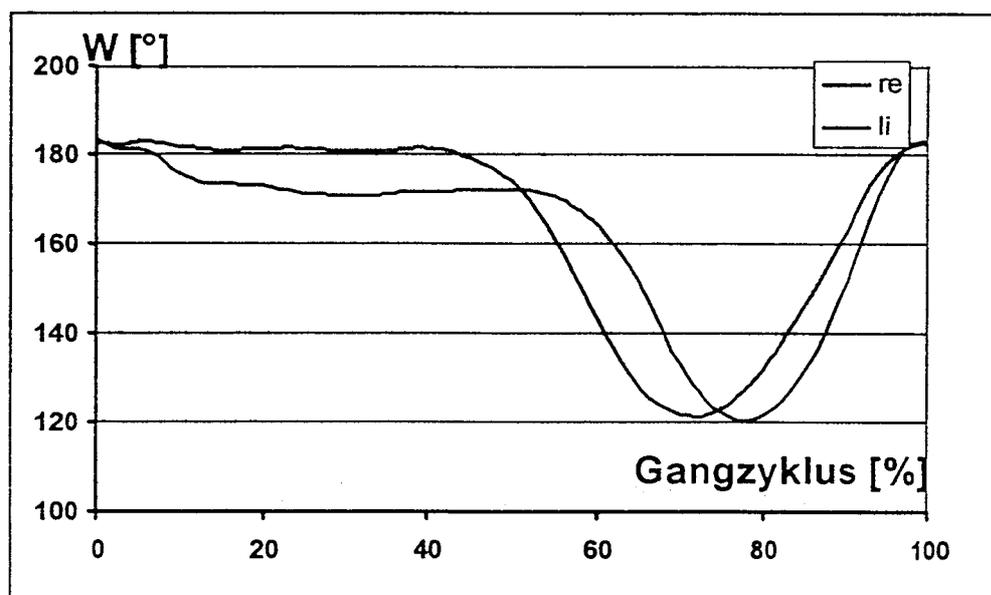
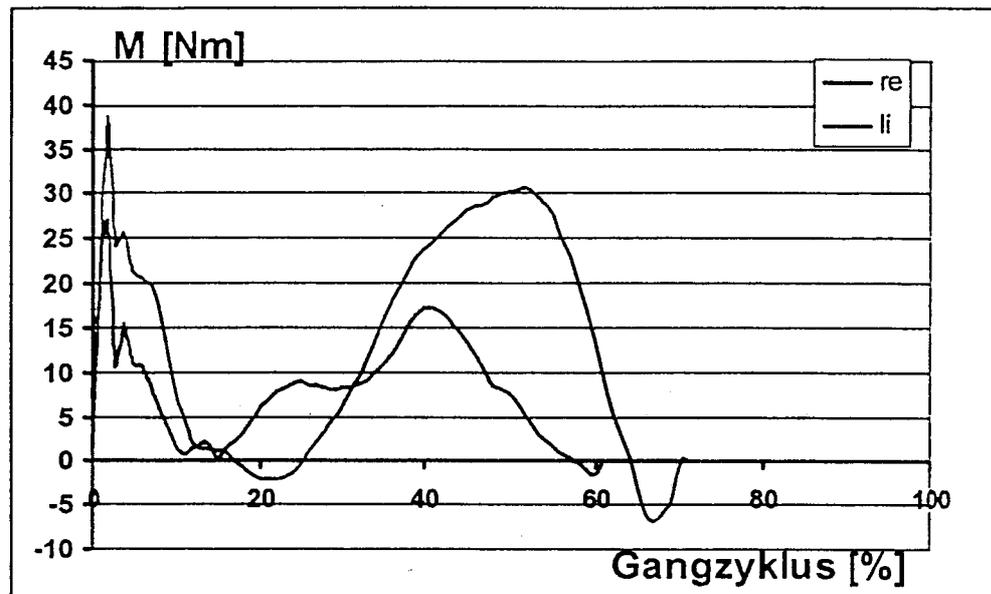


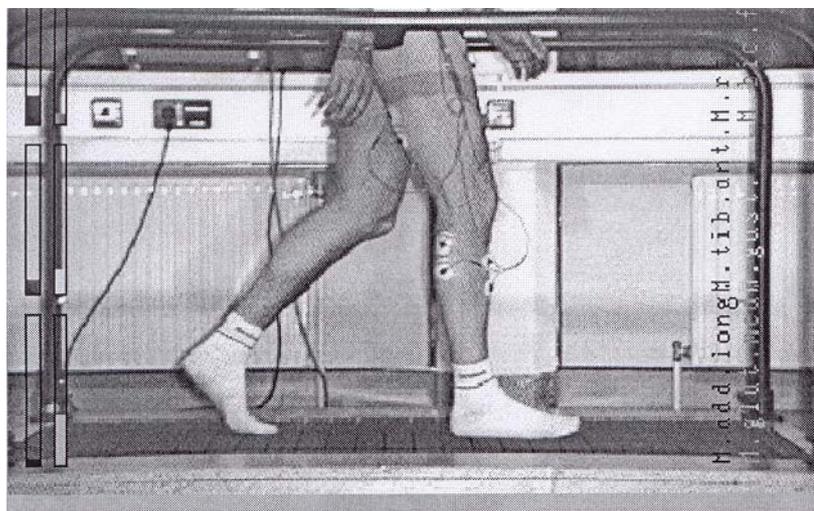
Abbildung 23: Momente und Winkel am Kniegelenk (rechts und links)

Die sagittale Bewegung des rechten OSG ist am Ende der Standphase limitiert. Die konzentrische Plantarflexion, die am Ende der Standphase zu beobachten ist, wird mit etwa 14 Grad ausgeführt. Dieses Bewegungsausmaß beträgt bei Gesunden Werte um etwa 35 Grad. Die auch links vorliegende geringe zweite Plantarflexion von 28 Grad, ist gemessen an Gesunden grenzwertig, findet sich jedoch häufig kontralateral von einem bewegungslimitierten Sprunggelenk (Abb. 23).

Die Kniebewegungen der Patientin sind beidseits in der Standphase unphysiologisch. In der Schwungphase entspricht die Kniebewegung der Norm (Abb. 24). Sie führt keine Folge von Kniebewegung und Kniestreckung aus, wie sie in der Standphase typisch und zweckmäßig ist. Die Patientin geht rechts während der gesamten Standphase mit gestrecktem Kniegelenk. Links beugt sie zu Standbeinphasenbeginn 10 Grad und behält diese Kniebeugung während der Standphase bei.

#### **EMG:**

Um zu klären, ob die Kniebewegung und vor allem die kritischen externen Kniemomente neuromuskulär bedingt sind, wurde das EMG der Kniestreckmuskulatur abgenommen. Die geringe Aktivität der rechten Kniestreckmuskeln bestätigt eine solche Ursache nicht. Die normalerweise vorhandene Korrelation der Aktivität der Muskeln und äußeren Momente findet sich auch hier (Abb. 24/25). Die rechte Unterschenkelmuskulatur wird phasengerecht (M. Triceps sura, M. tib. ant.) aktiviert.



**Abbildung 24: Teil 1 EMG Muskeln des rechten Beines**

Abbildung aus Forschungsinstitut Orthopädiotechnik Wien 1999)

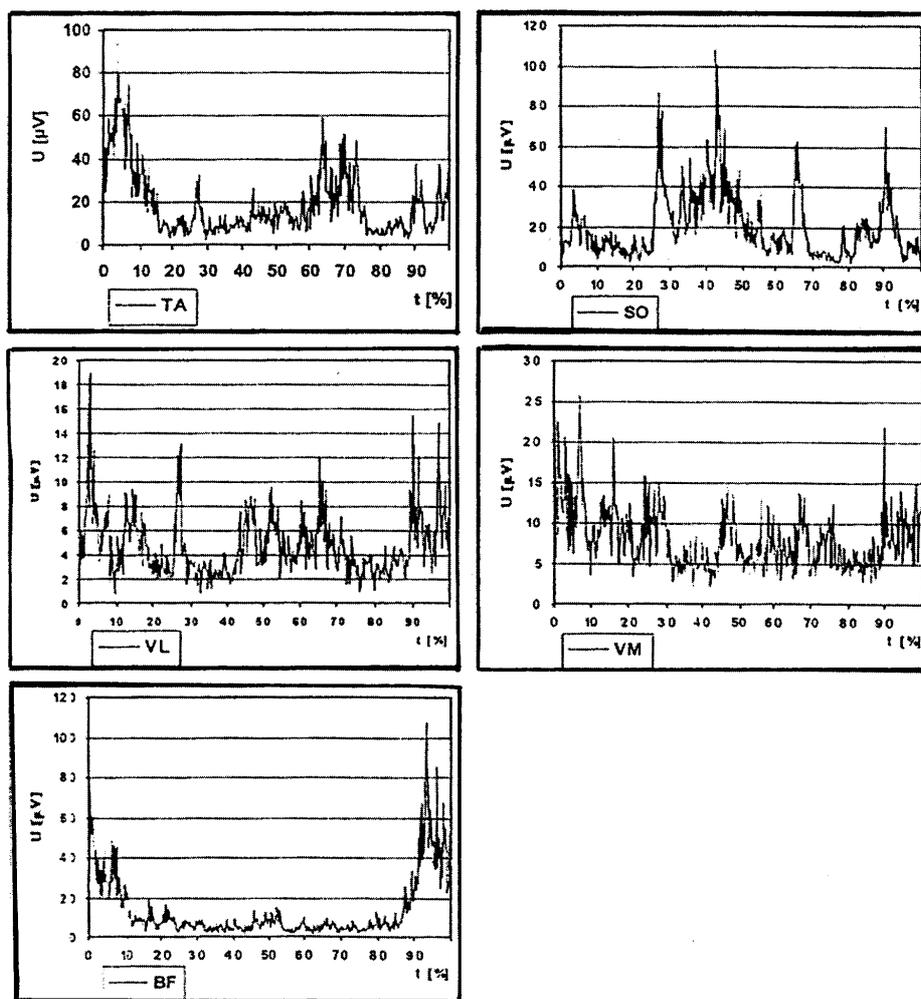
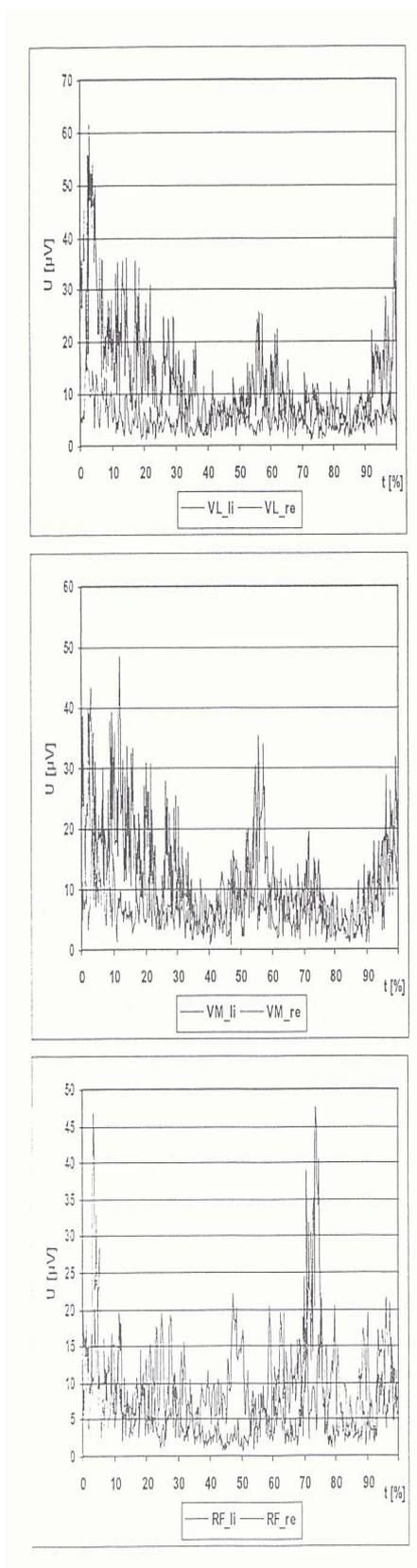


Abbildung 25: Teil 2 EMG Muskeln des rechten Beines



**Abbildung 26: EMG Seitenvergleich (rechts und links)**  
(vgl. Anhang Patientin 08 Rehabilitationsverlauf).

Zusammenfassend ist festzustellen:

- 1 Zur Untersuchungszeit beanspruchte die Patientin ihr rechtes Bein, das hauptsächlich während des Gehens zu begutachtende Bein, noch unphysiologisch. Diese Situation sollte durch weitere Maßnahmen verbessert werden. Wirkt die festgestellte Belastung am rechten Kniegelenk weiterhin in der gemessenen Weise, besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit für Folgeschäden, wie die Dehnung bzw. Lockerung des Kapsel-Band-Apparates am Knie und die Ausbildung eines Genurecurvatum.
- 2 Nach den Untersuchungen sind die Fehlbelastungen nicht neuromuskulär bedingt. Die neuromuskuläre Koordination im Gangzyklus ist o.B.
- 3 Aus biomechanischer Sicht empfiehlt sich eine orthopädietechnische Versorgung in Form einer Schuhzurichtung (Abrollhilfe, Beinlängenausgleich) zusammen mit einer individuell ausgeführten funktionellen Unterschenkelorthese. Mit dieser Versorgung kann gezielt auf die Kniebelastung und Bewegung Einfluss genommen werden, unter Berücksichtigung der Beinlängendifferenz und der Limitierung im OSG. Allerdings setzt diese Versorgung die normale Belastungsfähigkeit des Knies aus klinischer Sicht voraus. Zusätzlich wird eine begleitende Therapie mit Gehschule empfohlen. Entsprechend der Schwere der Verletzungen konnte durch das Medizinmanagement des Dienstleisters ein gutes Ergebnis erzielt werden. Die Geschädigte konnte zwischenzeitlich ihre berufliche Tätigkeit als selbstständige Kauffrau wiederaufnehmen. Die ambulante Physiotherapie wird entsprechend der Empfehlungen umgesetzt.

#### Patient 09 / Diagnose

- geschlossene proximale Tibiavielfragmentfraktur mit Tibiakopfmehrfragmentfraktur links sowie
- geschlossener Weichteilschaden

In der Gesamtheit der Maßnahmen konnte eine Beschwerdeverbesserung erreicht werden. Die Knieflexion war über 90° möglich, das OSG 10° extendierbar. Für das weitere Prozedere wurde empfohlen, dass die Knieflexion nicht forciert weiter angegangen werden sollte. Hier ist mit deutlichem Patellahochstand und hartem Anschlag, wenn überhaupt, in längerer Zeit ein kleinschrittiger Erfolg zu erwarten. Die hier erreichte eingeschränkte Alltagstauglichkeit des linken Beines sollte therapeutisch weiterhin im Vordergrund stehen. Nach Abschluss der durch das Medizinmanagement des Dienstleisters initiierten Maßnahme nahm der Patient seine Tätigkeit als freier Handelsvertreter wieder auf.

#### Patient 10 / Diagnose

- Oberschenkelschaftbruch rechts
- Zweitgradig offener Unterschenkelbruch links
- komplexe Beckenverletzung rechts mit Fraktur des Os sacrum, Os pubis, Azetabulum

Entsprechend der Einschätzung des „Einheitlichen Reha-Entlassungsberichtes“ der Rentenversicherungsträger führte das physiotherapeutische Komplexprogramm zu subjektiv völliger Beschwerdefreiheit. Im Rahmen einer fachchirurgischen Begutachtung beklagte der Patient Kreuzschmerzen mit Ausstrahlung in die rechte Oberschenkelaußenseite. Gehen ohne Unterarmstütze sei nur bis maximal 500 m möglich. Außerdem habe er Schmerzen im linken Knie. Entsprechend des objektiven Befundes ist keine Beinlängenverkürzung feststellbar. Leicht linksbetontes Hinken im Barfußgang ist zu verzeichnen. Zehespitzen- und Fersenstand sind problemlos vorführbar. Der Einbeinstand rechts und links ist sicher möglich, wobei sich frühzeitig beide Fersen von der Unterlage abheben. Die Untersuchung der Hüftgelenke erbringt auf beiden Seiten eine freie Beweglichkeit. Am rechten Kniegelenk findet sich eine geringe laterale und mediale Aufklappbarkeit, ein Schubladenphänomen als Zeichen einer Kreuzbandstabilität ist nicht zu verzeichnen. Die Bewegungsausmaße

im rechten Kniegelenk sind unauffällig. Das linke Knie zeigt eine nur geringfügige Bewegungseinschränkung im Vergleich zur rechten Seite. Die entsprechenden Daten wurden unter Zuhilfenahme des Messblattes für untere Gliedmaßen nach der Neutral-0-Methode, erhoben und dokumentiert. Der Geschädigte wurde darauf hingewiesen, dass das Benutzen der Gehilfe nicht erforderlich ist. Das Gangbild ist zwar leicht linksbetont hinkend aber weitgehend unauffällig. Im Rahmen der Beauftragung des Dienstleisters mit der beruflichen Rehabilitation, konnte für den Patienten ein neuer Ausbildungsplatz in einer kaufmännischen Richtung eruiert werden.

#### Patient 11 / Diagnose

- Fraktur des linken Femur, langer Schrägbruch des Oberschenkelschaftes mit Aussprengung eines großen Keiles mit vielen kleinen Fragmenten sowie breit klaffendem Hautspalt

Der Patient klagt über starke Beeinträchtigungen beim Laufen. Er könne nicht schmerzfrei sitzen bzw. liegen. Es fand weder eine AHB noch eine ambulante bzw. stationäre medizinische Rehabilitation statt. Messverfahren zur Objektivierung des Funktionsstatus wurden nicht eingesetzt. Aufgrund der Schwere der Verletzung hätte eine deutlich intensivere therapeutische Intervention erfolgen müssen. Mit dem frühzeitigen Auftreten von Sekundärschäden ist unter den o.g. Umständen zu rechnen. Der Dienstleister wurde mit der beruflichen Rehabilitation des Patienten beauftragt. Zwischenzeitlich ist er vollschichtig in seinem Umschulungsberuf als Systemelektroniker tätig.

#### Patient 12 / Diagnose

- III ° offene Unterschenkelfraktur rechts mit Durchtrennung der Sehne M. tibialis anterior, des Extensor hallucis long., Extensor dig. Long., M. trizeps surae und den anterioren tibialen Gefäßen.
- geschlossene Oberschenkelfraktur rechts, Oberschenkelspiralfaktur mit Biegungskeil am Übergang vom

mittleren zum distalen Drittel

Im Rahmen der Durchführung der beruflichen Rehabilitationsmaßnahme traten beim Tragen konfektionierter Schuhe Schmerzen, insbesondere am Endglied der zweiten Zehe auf. Klinisch fand sich eine deutliche Hyperduktion der zweiten Zehe über der dritten Zehe mit Druckstellen interdigital sowie Krallenzehendeformitäten der Zehe II bis V.

#### Diagnose 6 Jahre nach dem Unfall:

- posttraumatische Arthrose rechts OSG und USG mit Krallenzehbildung D II bis D V rechter Fuß bei Zustand nach subtotaler Amputationsverletzung des rechten Unterschenkels
- Zustand nach operativer Amputation der rechten Großzehe bei Gangrän.

Der Rehabilitationsdienst sichert eine dauerhafte Unterstützung im Bereich der medizinischen Rehabilitation ab.

#### Patient 13 / Diagnose

- dislozierte Unterschenkelschaftfraktur links,
- Kompartmentsyndrom

Zur Sicherung der Spongiosaplastik nach deutlichem Knochendefekt war eine langfristige Bettruhe notwendig, die der Patient nicht immer einhielt. Eine Großzehenheberschwäche links sowie Hypästhesien im Bereich des Unterschenkels und der 1. und 2. Zehe bestehen weiterhin. Eine AHB wurde vom Patienten abgelehnt. Im Rahmen der beruflichen Rehabilitation wurde durch den Dienstleister eine „Psycho-physische Evaluation der funktionellen Leistungsfähigkeit“ mit ERGOS initiiert. Die zu beantwortende Fragestellung lautete: Kann der Patient den gewünschten Beruf des Zweiradmechanikers wettbewerbsmäßig ausüben? Im Rahmen der Gegenüberstellung der erbrachten Leistungen mit den Anforderung ergaben sich Defizite in Bezug auf das

zu tragende und zu hebende Gewicht und Körperzwangshaltungen. Die beruflichen Möglichkeiten beschränkten sich durch den fehlenden Schulabschluss auf ein Minimum. Der Versuch der beruflichen Reintegration über ein „Traineeprogramm für schwerbehinderte Menschen“, schlug ebenfalls fehl.

#### Patient 14 / Diagnose

- drittgradige offene Femurschaftfraktur links
- schwere Unterschenkelprellung links mit Fibulaköpfchenfraktur
- drohendes Kompartmentsyndrom linker Unterschenkel
- nicht dislozierte Calcaneusfraktur links, Fraktur des Os cuboideum ohne wesentliche Dislokation
- schwere Fußquetschung links mit Fraktur des 1.,2.,3. und 5. Mittelfußknochens.

Im Rahmen einer fachchirurgischen Begutachtung beklagt der Patient in erster Linie belastungsabhängige Schmerzen in beiden Kniegelenken. Diese Beschwerden würden nach einer Gehstrecke von etwa 1000m auftreten. Es zeigt sich ein leicht hinkendes Gangbild links. Es werden Konfektionsschuhe mit Schuhsohlenerhöhung getragen. Der Beckenschiefstand links, beträgt minus 2 cm. Entsprechend des Messblattes für untere Extremitäten wurden die Daten nach der Neutral-0-Methode ermittelt. Mit Hilfe des Rehabilitationsdienstleisters wurde der Patient in ein leistungsgerechtes Arbeitsverhältnis vermittelt.

#### Patient 15 / Rehabilitationsverlauf

- II° offene Unterschenkelfraktur rechts mit großem Weichteildefekt besonders ventro-medial

Zur Abschlussuntersuchung gab der Patient an, dass er mit dem absolvierten Heilverfahren zufrieden war. Er habe sich im Allgemeinen erholt, fühle sich muskulär gekräftigt und laufe sicher. Die Schmerzen

im rechten Fuß bestünden unverändert. Das komplexe physiotherapeutische Behandlungsprogramm führte zur Muskelkräftigung, Besserung des Gangbildes und zur Zufriedenstellenden Entstauung des rechten Beines. Der Rehabilitationsdienst wurde im Anschluss an die AHB in das laufende Rehabilitationsverfahren involviert und steht bei auftretenden gesundheitlichen Problemen weiter zur Verfügung. Objektivierbare Messverfahren wurden nicht eingesetzt. Im Bereich der beruflichen Rehabilitation gelang mit Hilfe des Dienstleisters nach der Umschulung zum Maschinenbauzeichner der direkte Wiedereinstieg in das Berufsleben.

#### Patient 16 / Diagnose

- (unfallunabhängig) spastisch linksbetonte Tetraparese aufgrund frühkindlichen Hirnschadens (GdB 100)
- nicht dislozierte mediale Femurcondylenfraktur links
- Tibiakopfplateau-Fraktur links
- dislozierte Innenknöchelfraktur links

Aufgrund der spastischen Hemiparese links nach frühkindlichem Hirnschaden gestaltete sich die Mobilisierung in besonderem Maße aufwendig. Bei Entlassung war die Mobilisierung am Gehwagen mit Unterstützung möglich. Als Unfallfolgen bestanden zum Zeitpunkt der letzten Untersuchung gegenüber dem Vorzustand eine um 20° eingeschränkte Kniebeugung, die bis zum rechten Winkel möglich war und eine Verplumpung der Innenknöchelregion. Seitens der BG wurde von einer unfallbedingten MdE von ca. 10 v.H. ausgegangen. Das Heilverfahren wurde beendet. Durch die Einschaltung des Rehabilitationsdienstes wurde das Heilverfahren erneut durch die BG aufgenommen. Es wurde eine 3wöchige stationäre Rehabilitationsmaßnahme inklusive Gangbildanalyse empfohlen. Aufgrund der Vorerkrankung der Patienten hätte zur Wiedererlangung der Gehfähigkeit eine 6wöchige AHB stattfinden müssen. Im Rahmen der Rehabilitationsaufnahme wurde ein spastisches Gangbild,

Beckenschiefstand rechts, Wirbelsäule linkskonvexe BWS-Skoliose und eine verstärkte BWS-Kyphose befundet. Der Patient berichtete, dass er weiterhin eine Einschränkung des freien Gehens habe. Er benutzt eine Unterarmgehstütze auf der rechten Seite. Bei der Abschlussuntersuchung gab der Patient eine Besserung der bei der Aufnahmeuntersuchung beklagten Beschwerden an. Restbeschwerden finden sich noch im Bereich der linken Hüfte nach längerer Belastung. Das Gehen ist wieder besser möglich.

#### Ergebnisse der Gangbildanalyse

Aufgrund des komplexen Krankheitsbildes sind beim Patienten bei allen wesentlichen Gangparametern deutliche Abweichungen von der physiologischen Gelenkbelastung messbar.

Tabelle 2:

#### Zeit-Distanz-Parameter

	Links	Rechts
Zeit Gangzyklus (sec.:	1.13	1,18
Standphasenzeit: (%)	66,2	64,5
Schrittlänge: (m)	0,59	0,33
Gehgeschwindigkeit: m/s	0,82	0,78
Cadence:	104 steps/min	

Als besonders charakteristisch sind anzusehen:

a. Abnorme Flexionsstellung in beiden Kniegelenken.

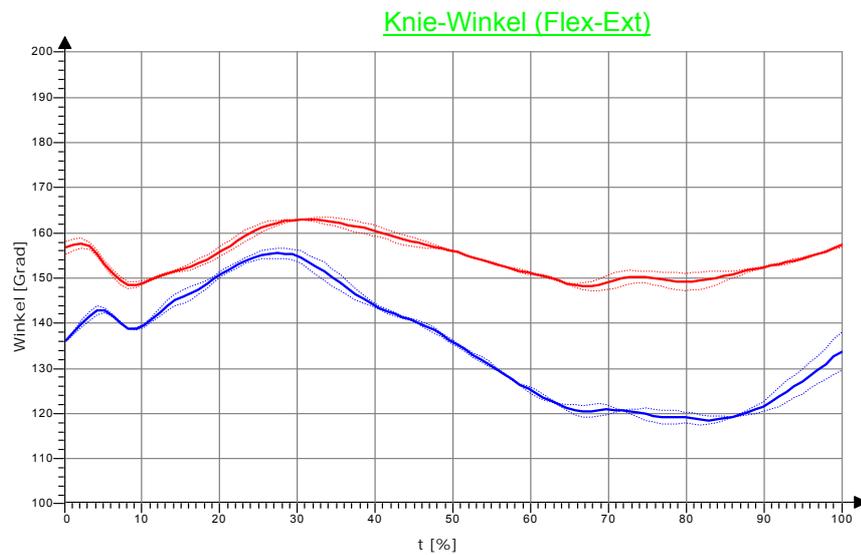


Abbildung 27: Knie-Winkel (Flex-Ext)

b. Abnorme Flexionsstellung in beiden Hüftgelenken

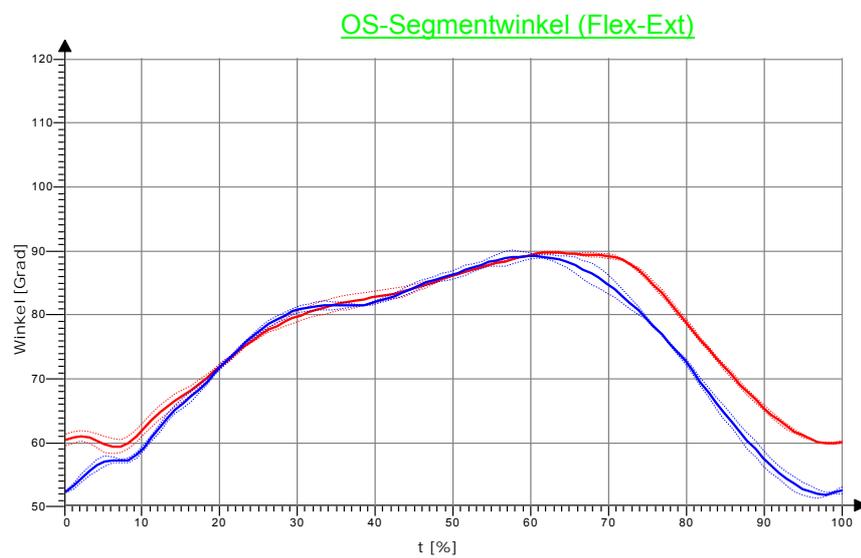
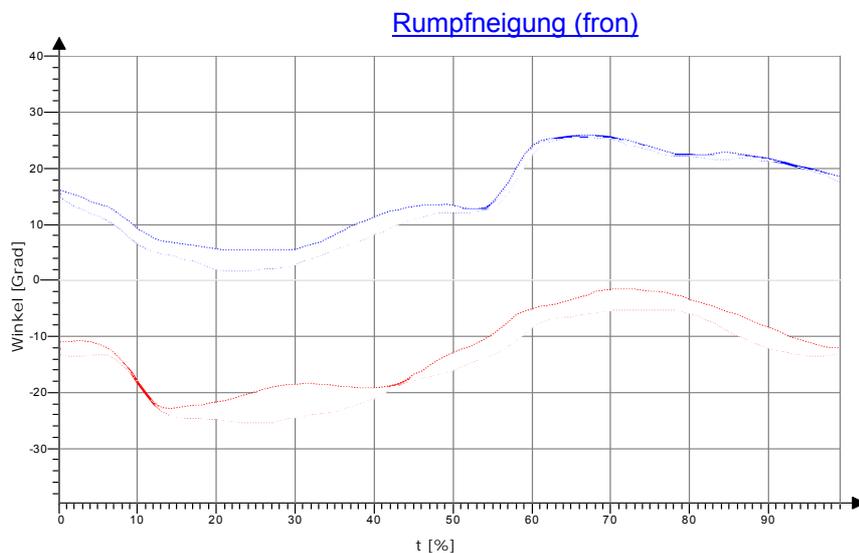
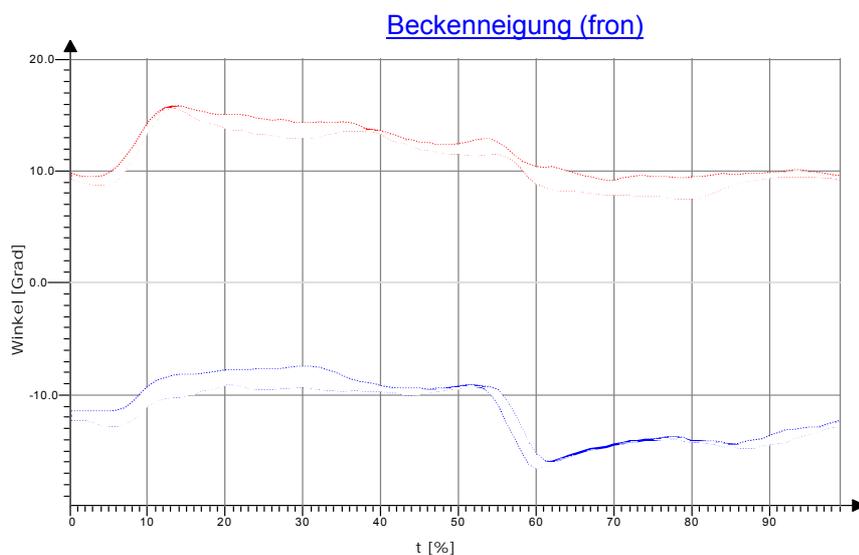


Abbildung 28: OS-Segmentwinkel (Flex-Ext)

- c. Aufgrund der deutlichen Asymmetrie der Effekte a. und b. kommt es zu entsprechenden Ausgleichsbewegungen des Rumpfes und des Beckens vor allem in der Frontalebene (vgl. Abbildungen 20 und 21)



**Abbildung 29: Rumpfneigung frontal**

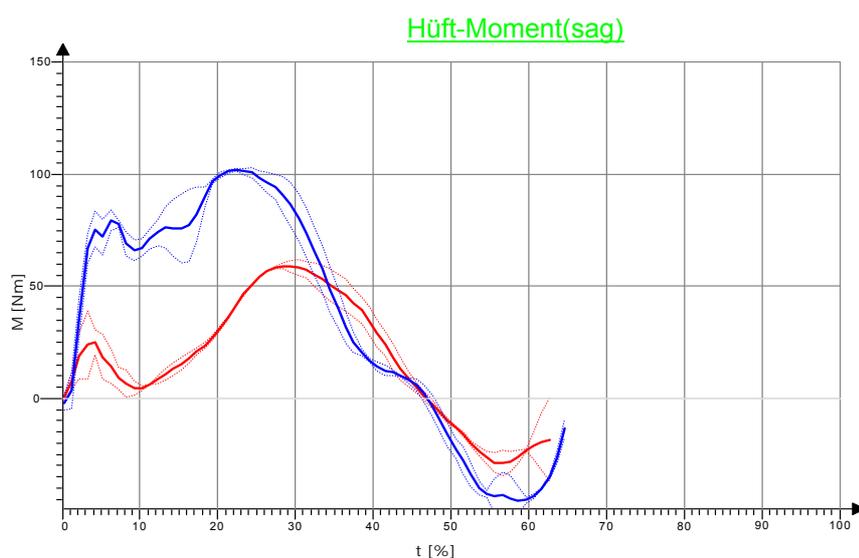


**Abbildung 30: Beckenneigung frontal**

- d. Die in a. und b. genannten asymmetrischen Fehlhaltungen repräsentieren sich auch in den veränderten, teilweise muskulär zu kompensierenden, extern in den großen Gelenken in der Sagittalebene wirkenden Drehmomenten (vgl. Abbildung 22 und 23). Auffällig hierbei das starke Flexionsmoment des rechten Hüftgelenkes (vgl. Abbildung 23 ).



**Abbildung 31: OSG-Moment sagittal**



**Abbildung 32: Hüft-Moment sagittal**

Adäquate orthetische Versorgungen sollten neben der Stabilisierung des Knöchelgelenkes vor allem streckend auf das Kniegelenk wirken. Da der denkbare Einsatz von Carbonfaser-Knöchel-Fuß-Orthesen, für eine solche Wirkung nachgewiesen wurde, aufgrund der hier vorliegenden Spastik zunächst nicht zu empfehlen ist, sollte zunächst neben einer Behandlung der Spastik eine orthetische Versorgung mit speziellen propriorezeptiven Dynamischen Fußorthesen nach Nancy Hylton angedacht werden.

### Patient 17 / Diagnose

- distale Unterschenkeltrümmerfraktur links (Pilon Tibial)
- erstgradig offen mit posttraumatischer inkompletter Nervus-peronäus-parese links
- dislozierte Patellaspitzenfraktur

Im Rahmen der medizinischen Rehabilitation konnte die muskuläre Situation des Patienten durch ein sicheres Gangbild an zwei Unterarmgehstützen deutlich gebessert werden. Die Schwellung im Bereich des linken Unterschenkels wurde leicht vermindert. Eine durchgeführte Röntgenkontrolle des linken Unterschenkels erbrachte den Hinweis auf eine bestehende Pseudoarthrose. Umfangmaße der unteren Extremitäten wurden nach der Neutral-0-Methode erhoben.

### Ergebnisse der Gangbildanalyse

Das Hauptanliegen bestand in der Objektivierung der Funktion der Gelenke der unteren Extremität beim Gehen vor und im Anschluss an die stationäre Rehabilitation des Patienten. Der Pat. suchte das Ganglabor am 27.03.02 und am 15.05.02 auf. Zur Bestimmung seiner Gangmechanik wurden zwei im Labor hintereinander angeordnete Kraftmessplatten (Fa. Kistler, CH) die Bodenreaktionskraft und mit dem optoelektronischen System PRIMAS (Fa. Delft Motion Analysis, NL) die Bewegung ausgewählter Körperstellen vermessen. Der Messbereich, der sich innerhalb einer etwa 12m langen Gehstrecke befindet, umfasst die Länge eines oppelschrittes. Die Messstrecke sollte der Patient so zügig wie möglich durchlaufen. Aus jeweils mindestens 8 Einzelmessungen wurden Mittelwerte gebildet. Bei allen Messungen benutzte der Patient eine Unterarmgehstütze rechts. An beiden Untersuchungstagen ging der Patient sowohl mit als auch ohne seine individuell gefertigte, das Sprunggelenk übergreifende Orthese. Die Elementarparameter des Ganges, Schrittlänge und Gehgeschwindigkeit, werden durch das Tragen der Orthese und insbesondere durch die Rehabilitationsmaßnahme verbessert. Der

Patient geht nach der stationären Rehabilitation deutlich schneller mit größeren Schritten (vgl. Tab. 3)

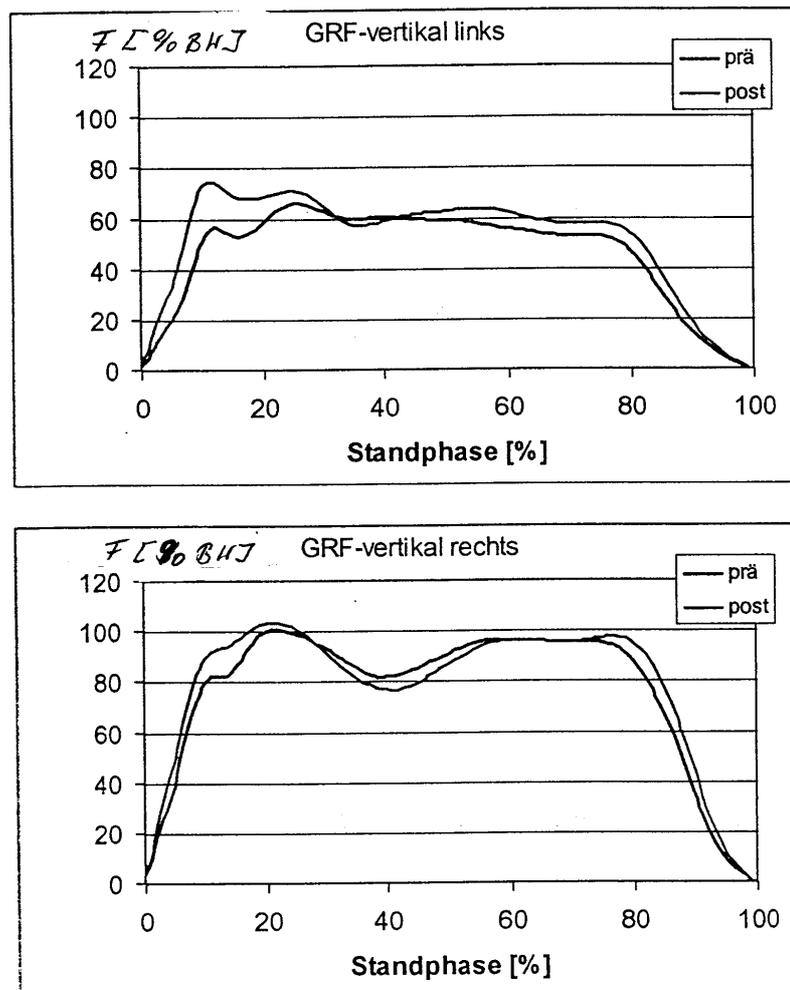
Tabelle 3: Mittlere Schrittlänge und Gehgeschwindigkeit vor (27.03.02) und nach (15.05.02) der stationären medizinischen Rehabilitationsmaßnahme

	<b>Schrittlänge (m)</b>		<b>Gehgeschwindigkeit (m/s)</b>	
	ohne Orthese	mit Orthese	ohne Orthese	mit Orthese
	rechts	links		
vor	0,54	0,61	0,91	0,95
und				
nach	0,69	0,70	1,00	1,06
der stationären Rehabilitation				

Im Folgenden werden zielgemäß ausschließlich die Effekte der stationären Rehabilitation erörtert:

Die Bodenreaktionskraft ist die Kraft, die zwischen dem Untergrund und dem Fuß wirkt. Sie hebt und senkt den Gesamtkörper (vertikale) Komponente, sie beschleunigt und bremst ihn ab (ap-Komponente). Die Vertikalkraft (Abb. 33) unterscheidet sich beim Patienten im Seitenvergleich beider Beine erheblich. Das rechte Bein wird mit der für diesen Geschwindigkeitsbereich typischen Last von etwa dem Körpergewicht belastet. Die Struktur ist leicht modifiziert, wenn sie mit der von Gesunden verglichen wird. Das linke Bein wird unter Einbeziehung der Gehilfe vor der Rehabilitation mit nur etwa 60% belastet, was für den Patienten eine starke Entlastung über die Unterarmstütze und damit große Belastung des rechten Armes und der Schulter bedeutet. Die Belastung des rechten Armes des Patienten ist etwa doppelt so hoch wie sie beim normalen Entlastungsgang unter Benutzung von Gehilfen, beispielsweise bei Patienten mit Hüftendoprothesen, typischerweise registriert wird. Diese Belastungssituation langfristig beibehaltend, lässt mit hoher Wahrscheinlichkeit Schmerzen und Schäden am Schultergürtel und Rumpf erwarten. Nach der Rehabilitationsmaßnahme ändert sich die

Stützkraft des rechten Beines nicht wesentlich. Das linke Bein trägt nun zu Beginn der Standphase etwa 70% des Körpergewichtes. In der zweiten Standphasenhälfte wird auch eine verbesserte Belastung nachweisbar, wenngleich sie nicht so deutlich ausfällt wie in der ersten Standphasenhälfte.



**Abbildung 33: Relative Bodenreaktionskraft (vertikal)**

Die Kraftwirkung in Bewegungsrichtung (ap-Komponente, Abb. 34) ist ebenso wie die Vertikalkomponente seitendifferent. Am rechten Bein werden größere Kräfte als links gemessen. Die bereits erwähnte höhere Gehgeschwindigkeit bzw. verbesserte Gangdynamik nach der stationären Rehabilitation resultiert aus der höheren Abdruckkraft des nichtverletzten rechten Beines am Ende der Standphase und der höheren Belastbarkeit des linken Beines nach Fersenkontakt. Dagegen

ändert sich die Abdruckkraft des linken Beines und die Kraft während der Lastübernahme am rechten Bein durch die Rehabilitationsmaßnahme nicht. Die Fähigkeit zur aktiven Plantarflexion am verletzten Bein am Ende der Standphase bleibt unverändert gering ausgeprägt. Dadurch verändert sich zwangsläufig auch die ap-Komponente des rechten Beines in der ersten Standhälfte nicht. Eine verbesserte Plantarflexion linksseitig setzt zumindest eine verbesserte Funktion des oberen Sprunggelenkes voraus. Hier ist kein Effekt der konservativen Therapie nachweisbar.

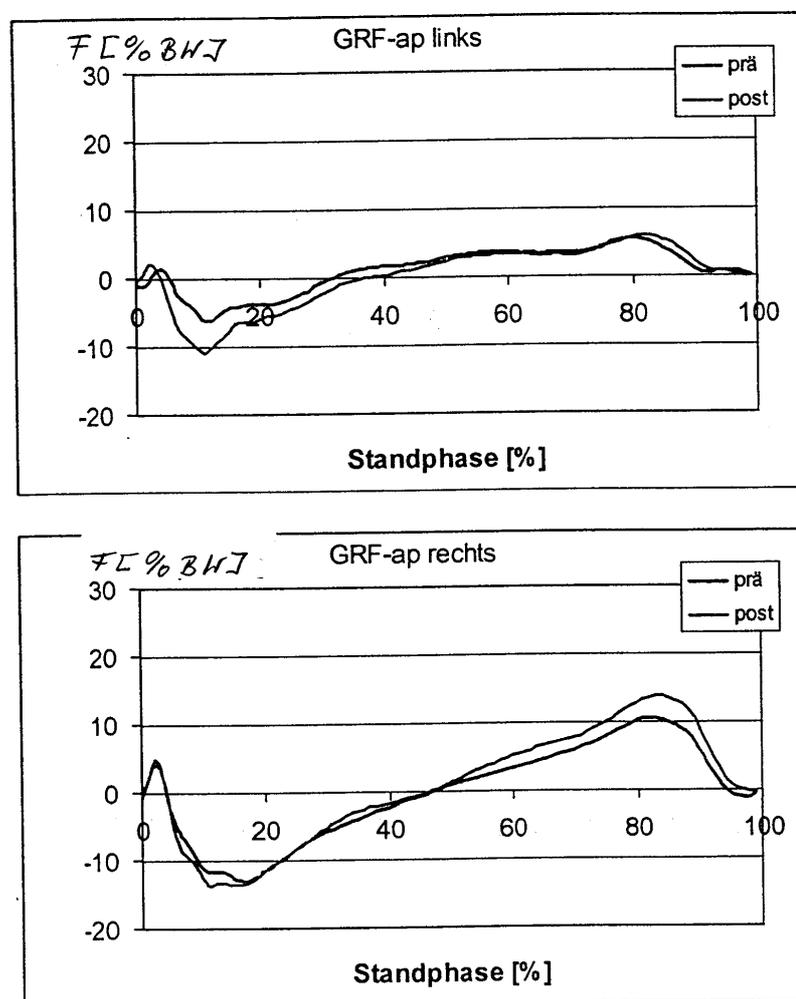
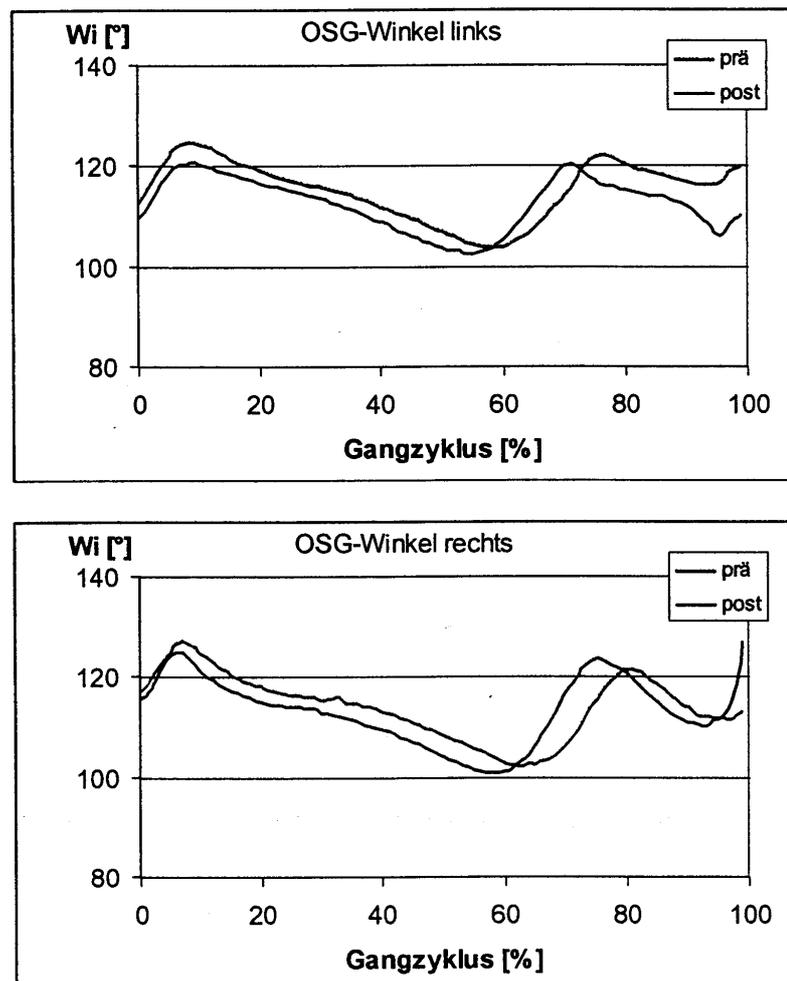


Abbildung 34: Relative Bodenreaktionskraft (Bewegungsrichtung)

Die saggitale Bewegung des OSG (Abb. 35) ist am Ende der Standphase deutlich limitiert. Die zweite, durch konzentrische Kontraktion bewirkte Plantarflexion, die am Ende der Standphase bei Gesunden beobachtet wird, wird deutlich limitiert ausgeführt. Der

registrierte Winkel beträgt 18 Grad (links), wohingegen er bei Gesunden Werte von etwa 35 Grad annimmt. Die beim Patienten ebenso rechts vorliegende geringe zweite Plantarflexion ist nicht ungewöhnlich. Sie findet sich bei entsprechenden Patienten häufig kontralateral zum betroffenen Gelenk. Rechts verbessert sich der Bewegungsbereich von 19 auf 23 Grad infolge der Rehabilitationsmaßnahme, links zeigt sich keine Veränderung.



**Abbildung 35: OSG-Bewegung im Gangzyklus (sagittal)**

Die sagittale Oberschenkelbewegung (Abb. 36) ist beidseits deutlich in der Extension (bei ca. 60% des Gangzyklus) im Vergleich zu Gesunden eingeschränkt, bei denen sie bis 20 Grad beträgt. Links beeinflusst die Therapie unbedeutend (vor Reha 4 Grad, nach Reha 5 Grad), rechts

dagegen nachweisbar die maximale Extension (vor Reha 4 Grad, nach Reha 10 Grad).

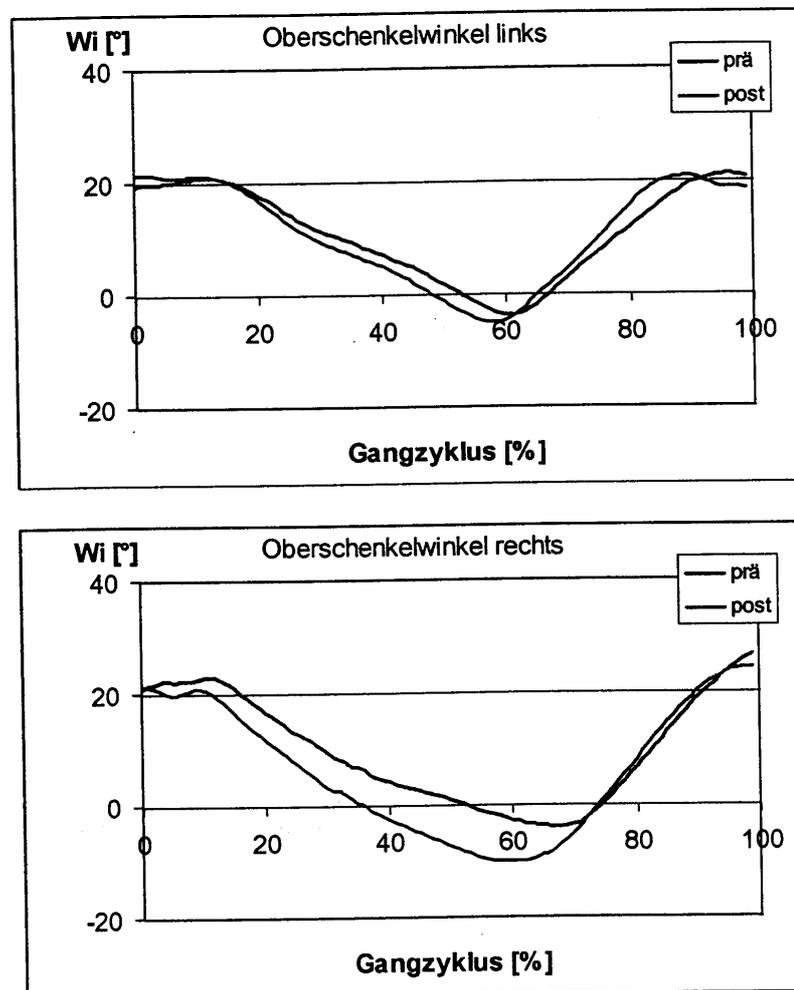


Abbildung 36: Oberschenkelbewegung (sagittal)

Die externen Gelenkdrehmomente sind direktes Maß für Belastung der Gelenke. Das Sprunggelenk links wird sagittal mit mehr als 50% im Seitenvergleich stark entlastet, wenn die Stützkraft im Vorfuß wirkt (Abb. 37).

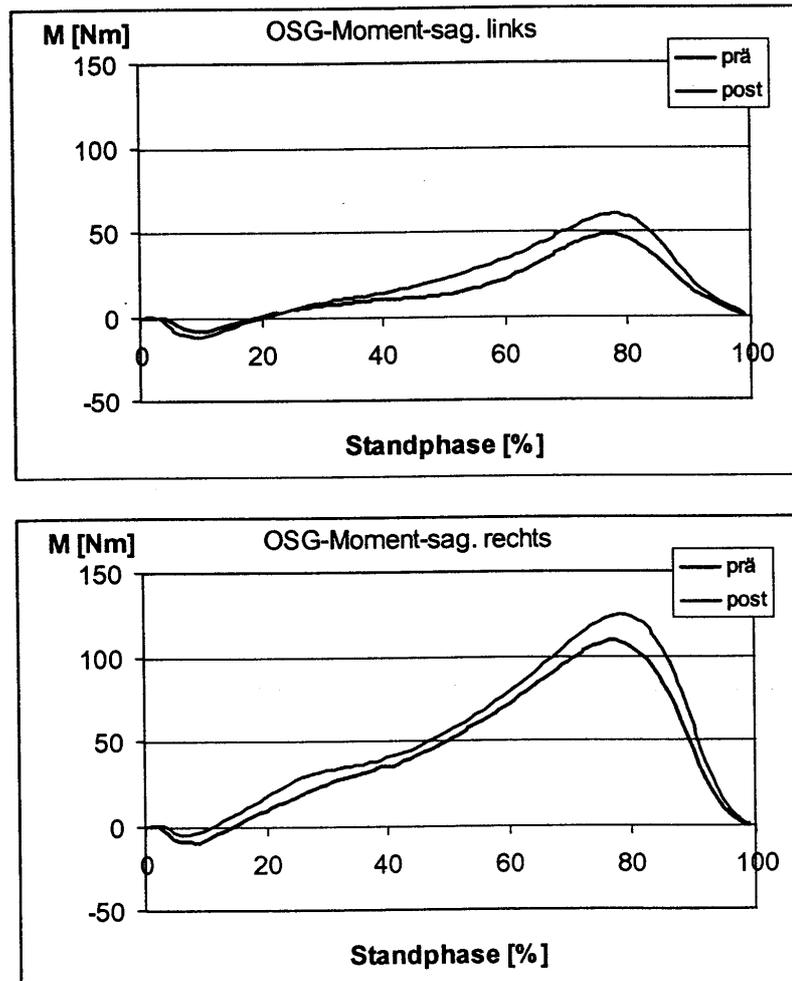


Abbildung 37: OSG-Moment (sagittal)

Das linke Kniegelenk wird fast ausschließlich in der gesamten Standphase extendiert und damit fehlbelastet (Abb. 38)

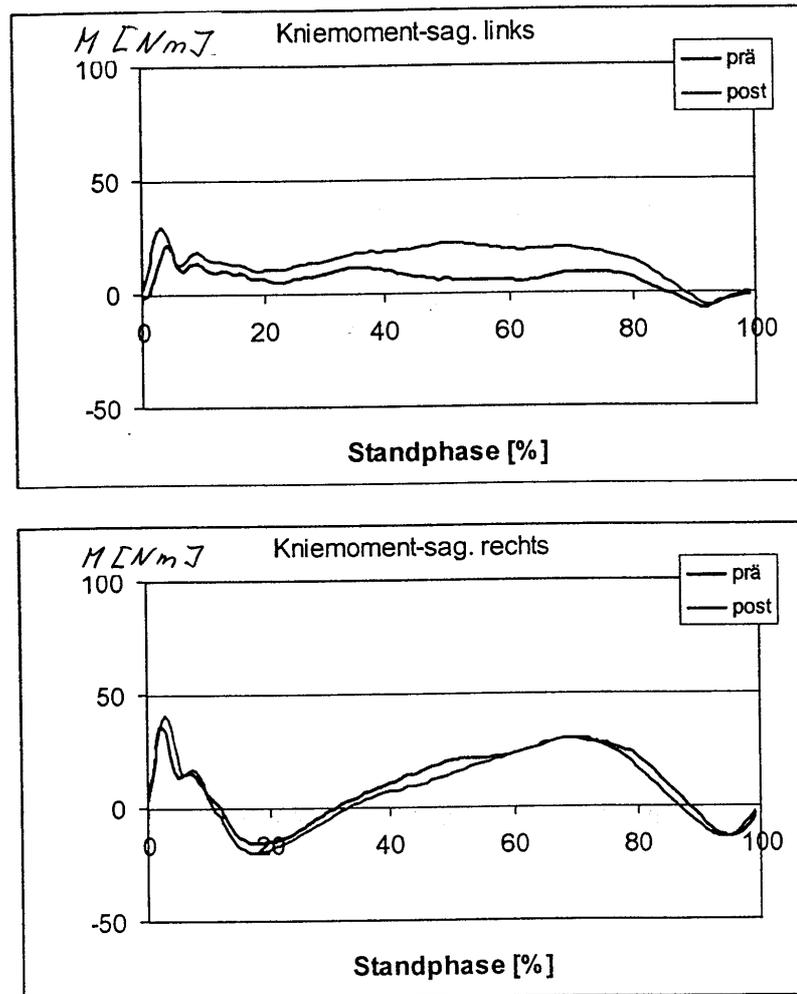


Abbildung 38: Kniegelenkmoment (sagittal)

Das Hüftgelenk (Abb. 39) weist von dem Normalen abweichende externe Momente auf. Diese Fehlbelastungen werden durch die Rehabilitationsmaßnahme nicht reduziert.

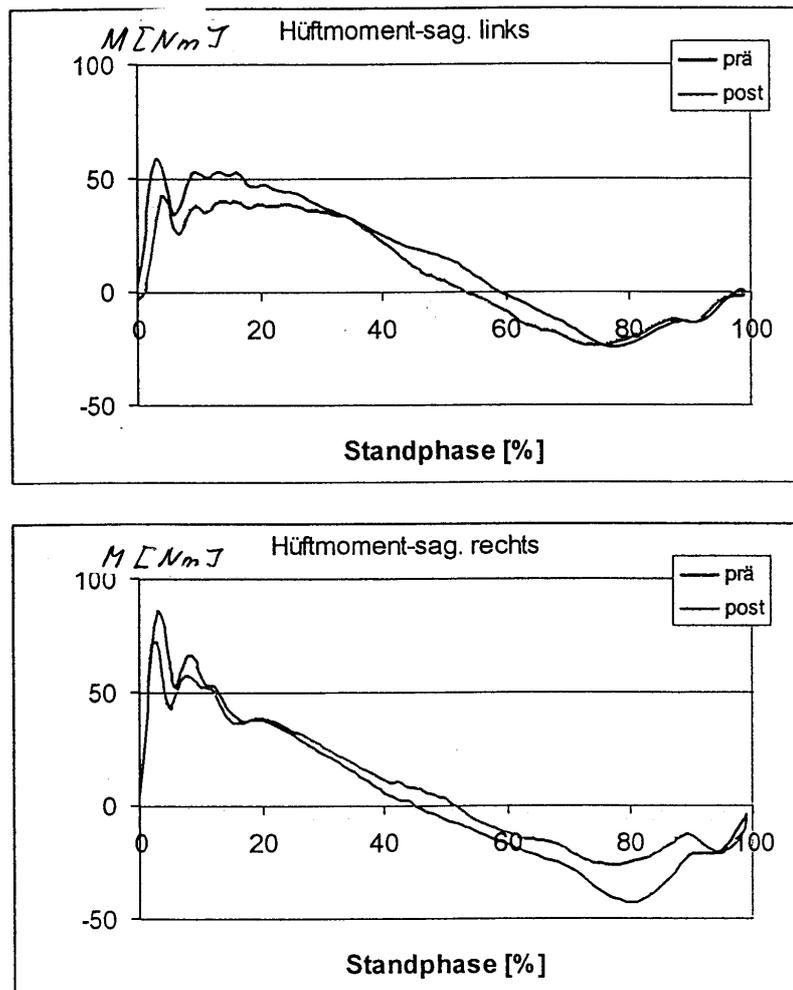


Abbildung 39: Hüftgelenkmoment (sagittal)

Die frontalen externen Momente sind am rechten Knie- wie Sprunggelenk normal (Abb. 40 und 41).

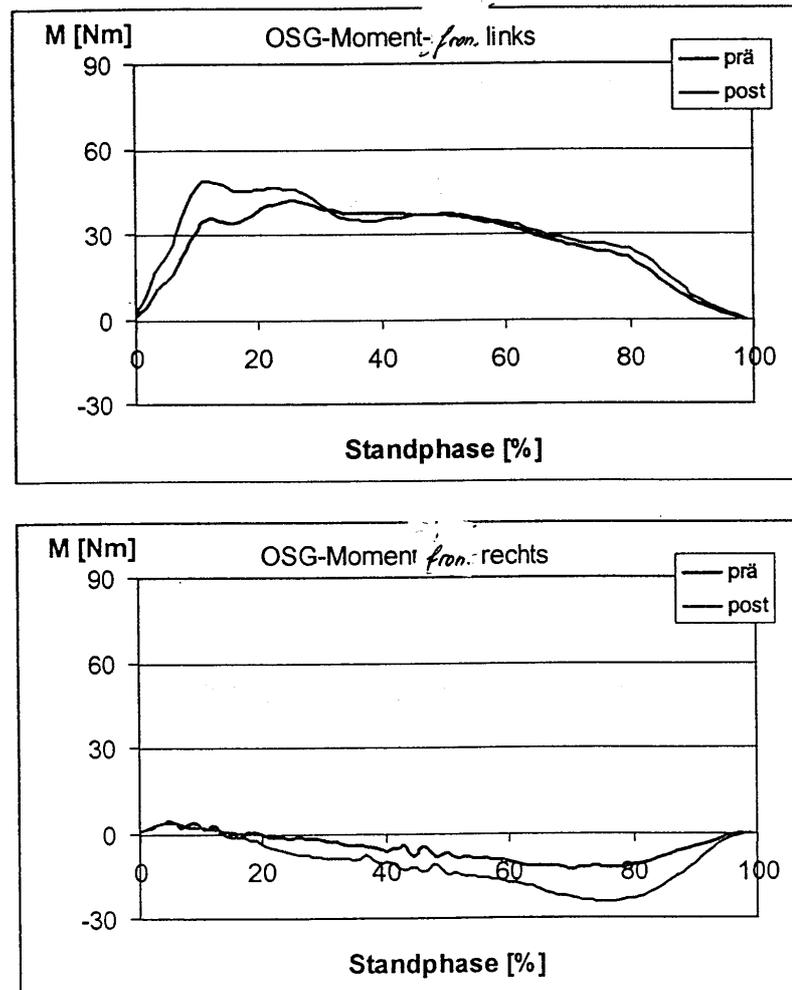


Abbildung 40: OSG-Moment (frontal)

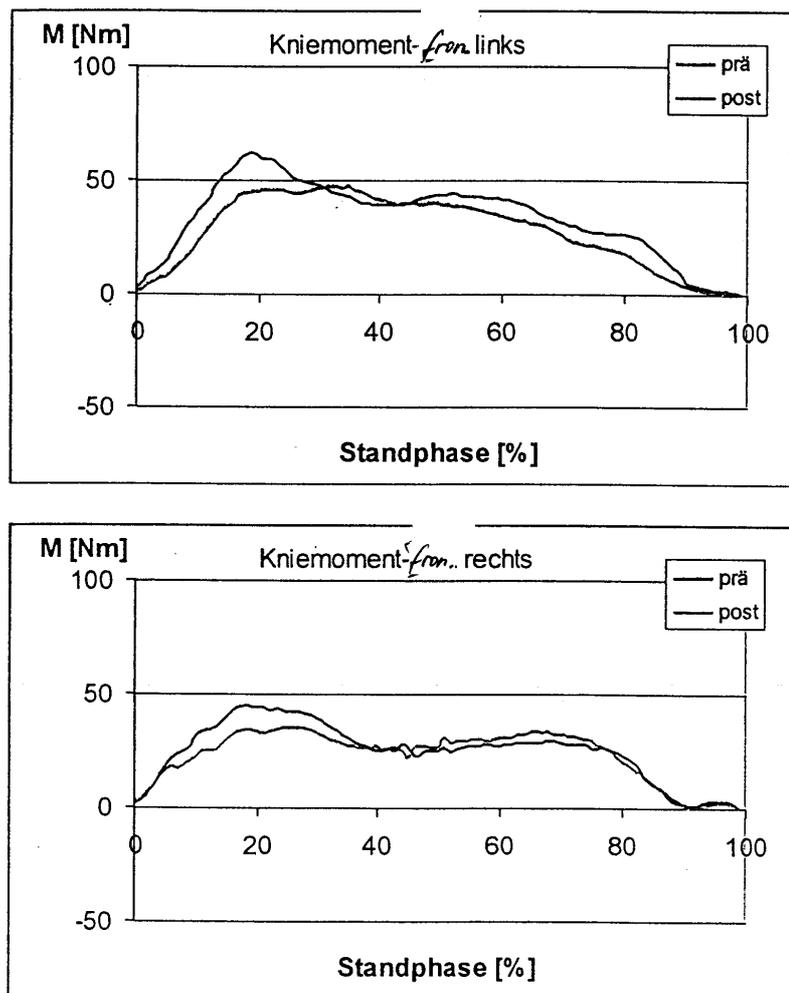


Abbildung 41: Kniegelenkmoment (frontal)

Nur durch erhebliche Entlastung des linken Beines durch die Gehstütze unterliegt das linke Kniegelenk beim Gehen Varusmomenten im normalen Bereich. Ginge der Patient ohne die 30 bis 40% Entlastung der Gehstütze, nähme im gleichen Maße die Überbelastung zu. Das linke Sprunggelenk unterliegt trotz der entlastenden Wirkung der Gehstütze weit über der Norm befindlichen supinierenden Momenten. Die frontalen Fehlbelastungen erhöhen sich nach der Rehabilitationsmaßnahme. Mit der Tabelle 4 wird versucht, einen Überblick über die Auswirkung der Rehabilitationsmaßnahme auf im einzelnen bereits diskutierte Gangparameter beim Patienten zu geben.

Tabelle 4: Vorteilhafte (+), keine (0) und eher nachteilige (-) Veränderung von Gangparametern durch die Rehabilitationsmaßnahme

<b>Zeit-Distanz-Parameter</b>	<b>Gehgeschwindigkeit</b>		<b>Schrittlänge</b>
Bodenreaktionskraft	vertikal		in Bewegungsrichtung
rechts	0		+
links	+		+
Externe Gelenkmomente (sagittal)	Hüfte	Knie	OSG
rechts	-	0	+
links	-	-	+
Externe Gelenkmomente (frontal)		Knie	OSG
rechts		0	0
links		-	-
Gelenkwinkel	Oberschenkelwinkel		OSG
rechts	+		+
links	0		0

Tabelle 5 macht auf die statusbedingten Veränderungen und damit therapieunabhängige Belastungsstrukturen und Bewegungsausführungen verglichen zum Gesunden aufmerksam.

Tabelle 5: Normale (+) und vom Gesunden abweichende (-) Strukturen bzw. Verläufe der Gangparameter über den Gangzyklus des Patienten

<b>Zeit-Distanz-Parameter</b>	<b>Gehgeschwindigkeit</b>		<b>Schrittlänge</b>
Bodenreaktionskraft	vertikal		in Bewegungsrichtung
rechts	+		+
links	-		+
Externe Gelenkmomente (sagittal)	Hüfte	Knie	OSG
rechts	-	+	+
links	-	-	-
Externe Gelenkmomente (frontal)		Knie	OSG
rechts		+	+
links		+	-
Gelenkwinkel (sagittal)		Oberschenkelwinkel	OSG
rechts		-	-
links		-	-

Die Ergebnisse der Gangbildanalyse stellen zusammenfassend fest:

1. Das Gehen wird durch die Rehabilitationsmaßnahme verbessert, es wird dynamischer. Der Patient geht nach der Rehabilitation mit größeren Schritten und schneller. Er benutzt die Gehilfe nach der Rehabilitation weniger zur Entlastung des linken Beines. Die Gelenkbewegungsbereiche werden unter Belastung erweitert.
2. Die Fehlbelastung der linken unteren Extremität wird durch die Maßnahme nicht kurativ beeinflusst. Die offensichtlich verbesserte Leistung beim Gehen geht einher mit einer Erhöhung der Fehlbelastung.
3. Aus biomechanischer Sicht empfiehlt sich eine baldmöglichst

operative Korrektur der hauptsächlich verursachenden (frontalen) Fehlstellung im Bereich des Sprunggelenkes.

Als Fehlbelastungsfolge wurde das Osteosynthesematerial zerstört und musste entfernt werden.

#### Patient 18 / Diagnose

- körperferne Femurschaftfraktur links
- Patellamehrfachfragmentfraktur rechts
- Fibulaköpfchenfraktur links
- Mittelfußknochenfraktur links

Der Gang des Patienten ist rechtsseitig von einem deutlichen Schonhinken und kleinschrittigen Gangbild ohne Gehilfe gekennzeichnet. Bei der Untersuchung der Kniegelenke zeigte sich rechts eine laterale Aufklappbarkeit endgradig in 30° Beugung. Die Kontur der rechten Patella scheint verändert. Am linken Kniegelenk erstgradig vorderes Schubladenphänomen, ebenso wie ein hinteres Schubladenphänomen, was klinisch vollständig mobilisiert werden kann. Bei der Messung der Umfangmaße zeigt sich eine Muskelweichteilminderung am rechten Oberschenkel von 2 cm sowie eine leichte Umfangminderung am rechten Unterschenkel von 1 cm bei seitengleicher Beinlänge. Prognostisch ist im Bereich des rechten Kniegelenkes bei schon jetzt bestehender deutlicher Retropatellararthrose von einer Verschlechterung des Zustandes auszugehen. Eine dauerhafte physio- und trainingstherapeutische Betreuung wurde durch den Rehabilitationsdienstleister empfohlen. Im Bereich der beruflichen Rehabilitation gelang nach einer kaufmännischen Umschulung der sofortige Einstieg in den ersten Arbeitsmarkt.

### Patient 19 / Diagnose

- Hüftluxation nach anterior mit Pfannenfraktur
- tiefe Weichteilfraktur rechtes Kniegelenk

Als Ergebnis der medizinischen Rehabilitation berichtete der Patient über einen sehr positiven Effekt aller verordneten Therapien. Er habe sich psychisch und physisch erholt. Es kam zu einem deutlichen Rückgang der Beschwerden im rechten Hüftgelenk. Die Beweglichkeit ist endgradig leicht schmerzhaft. Die Beinlängendifferenz beträgt minus 1 cm. Eine Gangbildanalyse wurde nicht durchgeführt. Die empfohlene Fortführung des Muskelaufbaus wird durch den Rehabilitationsdienst begleitet. Eine berufliche Neuorientierung ist bereits eingeleitet.

### Patient 20 / Diagnose

- Fibulaschaftfraktur des rechten Unterschenkels ohne Dislokation
- Prellmarken im Bereich des rechten Kniegelenkes und des rechten oberen Sprunggelenkes

Der Dienstleister wurde 9 Jahre nach dem Unfall mit dem Rehabilitationsfall beauftragt. Aufgrund der Kniebeschwerden wurde die ursprüngliche Tätigkeit als Forstwirt aufgegeben sowie eine Umschulung zum Zierpflanzengärtner abgebrochen. Eine durch den Rehabilitationsdienst initiierte kaufmännische Umschulung wurde nicht begonnen bzw. nach kurzer Zeit abgebrochen. Im Rahmen einer aktuellen ärztlichen Begutachtung schilderte der Patient Schmerzen im rechten Gesäß sowie im rechten Kniegelenk bis zur Fußsohle mit Parästhesien. Es sind weitere rehabilitative Maßnahmen wie Muskelkräftigung und physiotherapeutische Behandlungen angezeigt. Ob die geschilderten Beschwerden tatsächlich mit dem Unfall in Zusammenhang stehen, ist fraglich, da bei den durchgeführten Arthroskopien lediglich eine Chondromalazia patellae II-III ° diagnostiziert worden ist. Der Rehabilitationsfall wurde auf Wunsch des Patienten nicht weiter durch Dienstleister bearbeitet.

### 6.1.1 Erörterung der Ergebnisse

In der Gruppe der 20 retrospektiv dargestellten Rehabilitationsverläufe, wurde der Rehabilitationsdienst zu recht unterschiedlichen Phasen mit der Steuerung des medizinischen bzw. beruflichen Rehabilitationsprozess beauftragt. Eine erstrangige Gestaltung des medizinischen Rehabilitationsablaufes konnte durch den Dienstleister im Rahmen seiner Tätigkeit bei den Pat. 08, 09 und 17 realisieren. Entsprechend der Komplexität der Verletzungen wurde bei der Pat. 08 durch die Verdichtung der rehabilitativen Kette inklusive Gangbildanalyse und wichtigen Hinweisen für die Fortführung der Therapien, ein gutes Ergebnis erzielt.

Auch Pat. 09 konnte durch die zeitnahe Absolvierung einer stationären medizinischen Rehabilitationsmaßnahme in sein angeständenes Arbeitsumfeld reintegriert werden.

Bei Pat. 17 gelang aufgrund der beschriebenen Fehlbelastungsfolge und der damit verbundenen Zerstörung des Osteosynthesematerials kein zufriedenstellendes Rehabilitationsergebnis. Zwischenzeitlich wird über die Amputation des linken Unterschenkels nachgedacht.

Bei den erstgenannten beiden Fällen konnte entsprechend der **Hypothese 6**, durch ein Case-Management unter Stärkung des sportwissenschaftlichen Ansatzes, in Form eines akzentuierten Einsatzes trainingstherapeutischer Interventionen und leistungsdiagnostischer Verfahren die Lebensqualität der Patienten in Form eines deutlich verbesserten Gangbildes erhöht werden. Aus Sicht des eintrittspflichtigen Haftpflichtversicherten, wurden durch die zeitnahe berufliche Reintegration der Patienten, die Kosten für den zu erstattenden Verdienstaufschaden reduziert.

Bei den Pat. 06, 12, 13, 15, 16, 18, 19 und 20 war der Rehabilitationsdienstleister mit der Unterstützung der laufenden medizinischen Rehabilitation beauftragt.

Bei Pat. 06 konnte 11 Jahre nach dem Unfall keine, die Schmerzsymptomatik bzw. das funktionelle Ergebnis des rechten

Kniegelenkes verbessernde Therapie, eruiert werden.

Im Anschluss an eine durch den Dienstleister initiierten Reoperation, wurde Pat. 12 rehabilitationsmedizinisch beraten und damit der Auftrag zur beruflichen Rehabilitation ergänzt.

Pat 13 verweigerte die Teilnahme an einer AHB. Die Kompensation über ambulante Angebote inklusive der Psycho-physischen Evaluation der funktionellen Leistungsfähigkeit mit ERGOS, führte nicht zu einer erfolgreichen beruflichen Rehabilitation.

Bei Pat. 15 begleitete der Rehabilitationsdienstleister die ambulante komplexe physiotherapeutische Betreuung. Im Anschluss an eine Umschulung gelang der Berufseinstieg.

Trotz unfallunabhängiger Vorerkrankung, hat bei Pat. 16 die Berufsgenossenschaft keine medizinischen Rehabilitationsmaßnahmen verordnet. Durch die Einschaltung des Rehabilitationsdienstes wurde das Heilverfahren erneut in Gang gesetzt und gesteuert. Die berufliche Tätigkeit konnte im Anschluss an eine medizinische Rehabilitationsmaßnahme fortgesetzt werden .

Die Pat. 18 und 19 benötigen dauerhafte trainingstherapeutische Interventionen, die der Rehabilitationsdienst begleitet.

Der Rehabilitationsverlauf des Pat. 20 ist insgesamt unschlüssig, da die geschilderten Beschwerden nicht tatsächlich mit dem Unfall im Zusammenhang stehen.

Entsprechend **Hypothese 1**, zeigt diese Gruppe von Patienten, dass die durch öffentliche Träger initiierten Heilverfahren bei Traumapatienten mit Mehrfachverletzungen der unteren Extremitäten, im Rahmen der medizinischen Rehabilitation, das rehabilitative Potenzial der Geschädigten nicht ausnutzen.

Verweisend auf **Hypothese 2**, ist kein Modell der Therapiesteuerung erkennbar, d.h. die unter Punkt 2.5 der Arbeit beschriebenen Grundlagen der trainingstherapeutischen Intervention aus Sicht der medizinischen Rehabilitation, werden nicht umgesetzt.

Der Versuch der Korrektur unter der Zielstellung einer Schmerzlinderung sowie besserer funktioneller Ergebnisse, konnte bei den Pat. 12 und 15 erreicht werden. Für die Pat.18 und 19 geht es um

die dauerhafte Realisierung geeigneter trainingstherapeutischer Interventionen mit dem Ziel, dass zeitnahe Auftreten von Sekundärschäden im Bereich des Stütz- und Bewegungssystems zu unterbinden.

Die Ergebnisse der medizinischen Rehabilitation bei Pat. 19, können erst nach Ablauf des erneut eingeleiteten Verfahrens bewertet werden. Von allen 20 retrospektiv analysierten Rehabilitationsfällen, wurden im Rahmen einer AHB nur bei Pat. 20 in der Rehabilitationsplanung durch den Leistungsanbieter, Therapieziele formuliert und im Rehabilitationsbericht dokumentiert.

**Hypothese 2** wird diesbezüglich bestätigt, da nur in einem von 20 Fällen, Rehabilitationsziele definiert wurden.

Bei den Pat. 01, 02, 03, 04, 05, 07, 10, 11 und 14 wurde der Rehabilitationsdienst nur mit der beruflichen Rehabilitation beauftragt. Therapeutisch notwendige, die durch öffentliche Träger initiierten medizinischen Rehabilitationsmaßnahmen ergänzende Vorschläge sind unter Punkt 6.1 beschrieben.

Entsprechend **Hypothese 3**, wurden durch öffentliche Träger im Rahmen der medizinischen Rehabilitation als Maßnahme zur Qualitätssicherung, leistungsdagnostische Verfahren nur bei Patient 06, in Form der „Evaluation der funktionellen Leistungsfähigkeit“, eingesetzt. Es handelt sich um ein unter Punkt 4.4 beschriebenes Profilvergleichssystem. Eine Zielorientiertheit der Maßnahme konnte nicht erkannt werden.

Der Rehabilitationsdienstleister initiierte die Gangbildanalyse bei Pat. 08, 16 und 17 sowie bei Pat. 13 die Psycho-physische Evaluation der funktionellen Leistungsfähigkeit mit ERGOS (vgl. Punkt 3.4).

**Hypothese 4** kann nur anhand trainingswissenschaftlicher Grundsätze diskutiert werden (vgl. Punkt 2.4.4). Untersuchungen weisen darauf hin, dass es bei Patienten mit Inaktivitätsatrophie erst in der 4.-5. Trainingswoche zu Anpassungserscheinungen kommt (vgl. Stoby, H. 1973). Andere Autoren beobachteten bereits in den ersten drei Wochen durch Verbesserung der Koordination einen Anstieg der Muskelkraft, besonders der Krafftausdauer (vgl. Fukunga, T. 1976). Isolierte, auf

einen Zeitraum von 21 Tagen begrenzte medizinische Rehabilitationsmaßnahmen, lassen im Bereich der Trainingstherapie keine nachhaltigen biologischen Adaptionen zu. Prinzipien der inhaltlichen Trainingsgestaltung wie z.B.

- Prinzip des kontinuierlichen Trainings,
- Prinzip der ansteigenden Trainingsbelastung,
- Prinzip der Zyklisierung,
- Prinzip der Anpassungsspezifität,
- Prinzip der Komplexität der Trainingswirkungen,
- Prinzip der optimalen psychophysischen Aktivierung,
- Prinzip der Schaffung optimaler Orientierungsgrundlagen,

können nur unzureichend bzw. nicht berücksichtigt werden (vgl. Martin, D. et al. 2001). Die Therapiedokumentation der Leistungsanbieter im Rahmen der Heilverfahren (vgl. Punkt 5.4) bezieht sich auf die Nennung von eingesetzten rehabilitativen Verfahren. Die Definition der eingesetzten Therapiemittel ist uneinheitlich und ermöglicht kaum Rückschlüsse auf quantitative und qualitative Komponenten. Aufgrund der nicht vorhandenen Nutzung qualitätssichernder, leistungsdiagnostischer Verfahren können entsprechende biologische Adaptionen auch nicht nachgewiesen werden. Die Neutral-Null-Methode wird im Rahmen der Qualitätssicherung, den Anforderungen an ein leistungsdiagnostisches Verfahren, nicht gerecht (vgl. Punkt 3). **Hypothese 6** folgend, dass Defizite der neuromuskulären Koordination falsche Bewegungsmuster zur Folge haben, welche wiederum das zeitnahe Auftreten von Sekundärschäden im Bereich Stütz- und Bewegungssystem zur Folge haben, zeigen die unter Punkt 6 zusammengefassten Rehabilitationsergebnisse der Pat. 04, 05, 06, 07, 12, 17 und 18. Spezielle Trainingsprogramme mit dem Ziel, die neuromuskuläre Koordination im Rahmen der medizinischen Rehabilitation zu schulen, wurden in den ausgewerteten Unterlagen nicht dokumentiert.

## **6.2 Entwurf eines modularen Rehabilitationsverfahrens für Patienten mit Zustand nach Polytrauma der unteren Extremitäten auf der Grundlage sportwissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten**

Die unter Punkt 6.1.1 erörterten Ergebnisse weisen mit Nachdruck darauf hin, dass bei Verletzungsmustern, die die Gehfähigkeit der Patienten beeinflussen, größte Sorgfalt im Rahmen der Anwendung von Therapiemitteln unter Wahrung einer lückenlosen Rehabilitationskette zu gewährleisten ist. Heute genügt es nicht mehr in einzelnen Gelenkfunktionen oder Training einzelner Muskelgruppen zu denken. Wichtige Grundlagen der Trainingstherapie bilden die Neurophysiologie der Bewegung, das motorische Lernen, die Kenntnisse über Heilungsstadien und damit über die Belastbarkeit von Bindegewebsstrukturen des Bewegungssystems. Die Bedürfnisse der Patienten zu erkennen und damit die Individualität jedes einzelnen Rehabilitationsprozesses zu respektieren, ist die Voraussetzung für eine erfolgreiche Therapie. In der Rehabilitation ist es entscheidend, die verletzten und/oder operierten Strukturen so rasch wie möglich wieder ihrer gewohnten von der Schwerkraft geprägten Situation auszusetzen. Dabei hat gerade nach Beinverletzungen die Wiederherstellung der neuromuskulären Stabilisationsfähigkeit oberste Priorität. Es kommt darauf an, im Training die Propriozeption und Sensorik zu nutzen. Stabilisation als Aufgabe der Koordination zu verstehen und in funktionellen Zusammenhängen zu denken.

Das Produkt der Rehabilitation ist nicht nur die erbrachte Leistung, sondern auch der erreichte Integrationserfolg. Sie bedeutet auf institutioneller Ebene die Aufwertung der fachlichen Leistungserbringer gegenüber der zentralen Verwaltung der Rehabilitationsträger und auf individueller Ebene die Mitbestimmung des Rehabilitanden bei der Zieldimension sowie mehr Eigenverantwortung im Rehabilitationsprozess. Je höher die individuelle Risikobeteiligung am Geschehen, desto geringer die Notwendigkeit des Kontrollierens.

Es ist kein Widerspruch Rehabilitation zu flexibilisieren und zugleich Rehabilitationsmaßnahmen zu standardisieren.

Die schnelle Reintegration in das Erwerbsleben unter Steuerung des Prozesses von der medizinischen Akutbehandlung, bis zur Wiedereingliederung in das Erwerbsleben, ist das vordringliche Ziel des Handelns. Mit zunehmender Zeitdauer und vor dem Hintergrund der komplizierten Situation auf dem Arbeitsmarkt, nimmt die Wahrscheinlichkeit der erfolgreichen Wiedereingliederung ab. Die im Rahmen der Arbeit dokumentierten Mängel in der täglichen Praxis, zeigen, dass im Prozess der medizinischen Behandlung und Rehabilitation Mängel auftreten, die sich negativ auf das Rehabilitationsergebnis und damit die Gesamtkosten des Falles auswirken. Die entstandenen Nachteile haben die Unfallverletzten am eigenen Leibe in Form einer dauerhaft eingeschränkten Lebensqualität sowie die Beitragszahler in Form von unnötigen, durch Versicherungsbeiträge finanzierten Rehabilitations- und Entschädigungskosten zu tragen.

**Die wichtigsten Mängel sind:**

- Overtreatment / Undertreatment bei Diagnostik und Therapie.
- Maximierung / Minimierung der Verweildauer in den unterschiedlichsten Phasen der medizinischen Behandlung und Rehabilitation.
- Fehlende inhaltliche und zeitliche Verzahnung der Phasen der Rehabilitation
- Unzureichendes bzw. verspätetes Erkennen beruflicher und sozialer Folgewirkungen des Unfalles, z.B. Integration des Arbeitgebers in den Prozess der Rehabilitation.
- Zeitverzögerte, nicht an den Gesetzmäßigkeiten der Physiologie orientierten Durchführung von therapeutischen Interventionen und daraus resultierende Verschwendung von Ressourcen durch Nichtbeachtung der Therapieprinzipien, verbunden mit Wirkungs-

losigkeit ihrer Anwendung.

- Keine bzw. unzureichende Definition von Rehabilitationszielen unter Anwendung leistungsdiagnostischer Verfahren.
- Fehlende oder im Zeitverlauf sinkende Motivation des Patienten zur aktiven Mitarbeit an der Rehabilitation.

Die Gründe sind komplexer Natur. Neben der „Kompliziertheit“ der Sozialgesetzgebung und der sich daraus ergebenden unterschiedlichen Trägerschaft der Rehabilitation sind hierfür die Systematik der Vergütung ärztlicher Leistungen, die nicht integrierten Strukturen der medizinischen Versorgung sowie die hierdurch geförderte Fokussierung des ärztlichen Handelns auf den jeweiligen Teilaspekt der Rehabilitationskette zu sehen.

**Das Konzept ist durch folgende Aufgaben und Ziele gekennzeichnet:**

- Aktive Steuerung des Heilverfahrens durch den Reha Manager des Rehabilitationsdienstes sowie Zusammenarbeit mit allen am Rehabilitationsprozess beteiligten öffentlichen Trägern und damit Sicherstellung des bestmöglichen Rehabilitationsergebnisses
- Sofortige Kenntnis des Reha-Managers von Veränderungen im Heilverfahren.
- Neuabgrenzung der Leistungen nach den Kriterien der medizinischen Notwendigkeit.
- Lockerung des Zeitkorsetts. Die bisherigen starren Zeitvorgaben sind keineswegs geeignet, den individuellen, indikationsspezifischen oder gar institutionellen Unterschieden Rechnung zu tragen, welches in vorgegebenen Zeitstrukturen zu vorausgesetzten Leistungen führt.

- Verbindung von ambulanten und stationären Leistungen sowie deren phasenweise Verknüpfung im Rahmen des Rehabilitationsprozesses.
- Erstellung eines Therapieplanes inklusive Definition von Therapiemitteln und Beschreibung von Therapiemethoden zum Training konditioneller Fähigkeiten und koordinativer Fertigkeiten
- Maßnahmen zur Qualitätssicherung durch leistungsdiagnostische Verfahren im Rehabilitationstraining
- Konstruktion wissensverarbeitender Systeme zur Unterstützung der Entscheidungsprozesse in der Rehabilitation von Mehrfachverletzungen der unteren Extremitäten. Definition von rehabilitationsmedizinischen Problemdiagnosen z.B. mehrere Operationen wegen Pseudoarthrose und der Wiederherstellung einer besseren Gelenksituation.
- Erstellungen evidenzbasierter Leitlinien zum Einsatz trainingstherapeutischer Interventionen bei Mehrfachverletzungen der unteren Extremitäten sowie die Verknüpfung von arbeitsplatzbezogener Rehabilitation unter dem Einsatz von Profilvergleichssystemen.
- Bindung an sportliche Aktivitäten im Anschluss an die Rehabilitationsmaßnahme.
- Senkung der Ausgaben im Rahmen der Entschädigungsleistungen durch den Haftpflichtversicherer in Form von kürzerer Arbeitsunfähigkeit, geringerer bleibender Gesundheitsstörungen sowie Wegfall berufsfördernder Leistungen durch Reintegration am angestammten Arbeitsplatz.

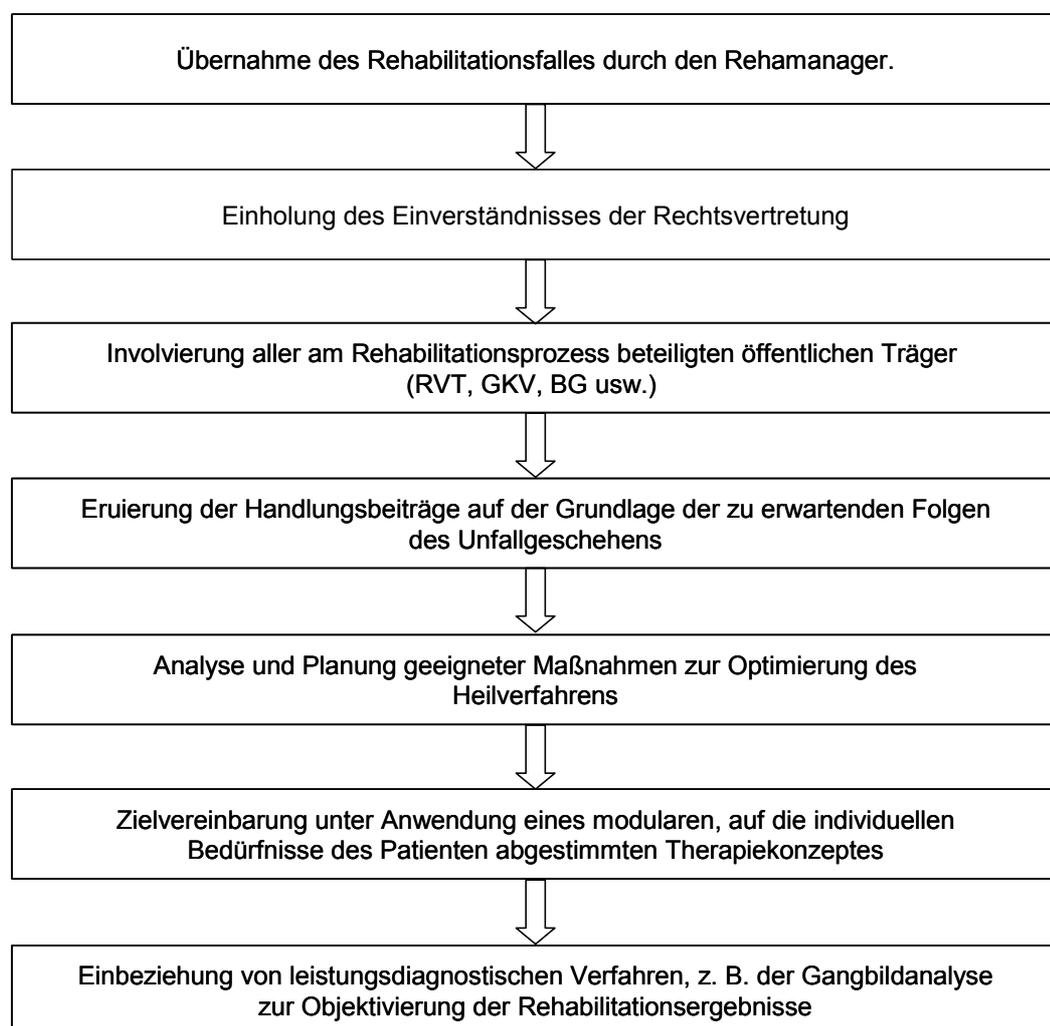
Die Ziele des Konzeptes ordnen sich der Forderung des Gesetzgebers für alle Leistungserbringer im Gesundheitswesen, nach Einführung von Kriterien für qualitätssichernde Maßnahmen unter. Es wurde dabei ausdrücklich festgehalten, dass diese Kriterien insbesondere auf der Grundlage evidenzbasierter Leitlinien erstellt werden sollten.

Das Konzept ist durch folgende Kernelemente gekennzeichnet:

- a. Nach Erhalt erster Informationen über das Unfallereignis vom Sachbearbeiter der Haftpflichtversicherung wird entschieden, ob ein Case-Management durch den Rehabilitationsdienstleister erfolgt oder nicht. Die Entscheidung richtet sich neben den Kriterien der Haftungsquote, d.h. einer eventuellen Mithaftung des Geschädigten danach, ob der Unfall so gravierende Folgen erwarten lässt, dass zum Gelingen der Rehabilitationsmaßnahme über die Akutbehandlung hinaus weitere Maßnahmen erforderlich sind, zu denen der Dienstleister Handlungsbeiträge leisten muss, z.B. postakute medizinische Rehabilitationsmaßnahmen, Hilfsmittelversorgung, Wohnungs- bzw. KFZ-Hilfe, Unterstützung im Rahmen der beruflichen Rehabilitation, Pflege oder fachpsychologische Betreuung. Die Analyse und Planung erfolgt in Abstimmung und unter Beachtung der geplanten Maßnahmen der vorleistungspflichtigen öffentlichen Träger, wie z.B. Rentenversicherungsträger, GKV, bzw. Berufsgenossenschaft und unter Beachtung der vorhandenen Teilungsabkommen bzgl. der Finanzierung. Die Schwere der Diagnose ist bei der Beurteilung ein wichtiges, jedoch nicht das einzige Kriterium. Entscheidend sind die Umstände des Einzelfalles, die die Rehabilitation erschweren, in vielen Fällen unmöglich machen können. Verletzungen der unteren Extremitäten, haben gerade auf Beschäftigte im gewerblich-technischen Bereich einen stärkeren Einfluss, aufgrund der erlittenen Verletzungen nicht an den angestammten Arbeitsplatz zurück zu kehren, als in

kaufmännischen Betätigungsfeldern.

- b. Nach entsprechender Beauftragung durch den Haftpflichtversicherer liegt das zweite Kernelement in der Kontaktaufnahme zum Anwalt des Geschädigten sowie die Erteilung des Einverständnisses der Einbeziehung seines Mandanten in das Rehamanagement. Möglichst noch während des Aufenthaltes in der Akutklinik erfolgt ein Erstgespräch des Reha-Managers mit dem Geschädigten und dem Arzt.



**Abbildung 42: Verfahrensablauf**

Im Mittelpunkt des persönlichen Erstkontaktes stehen folgende Ziele, die der Gewährleistung einer Nahtlosigkeit und Transparenz des Rehabilitationsprozesses dienen:

1. Feststellung des Ausmaßes der Verletzungen des Patienten durch das Unfallgeschehen. Bezüglich der Planung der weiteren Rehabilitation müssen folgende Fragen geklärt werden:

- Exakte und validierte Diagnosen,
- sonstige unfallunabhängige Erkrankungen und deren mögliche Auswirkungen auf die Rehabilitation,
- bisheriger Behandlungsverlauf,
- erwartetes Ergebnis der Rehabilitation,
- Hilfsmittel- und Pflegebedarf sowie
- Betroffenheit auf folgenden Gebieten:

Familiäre und soziale Situation.

Berufliche Situation

Außerberufliche Aktivitäten und Interessen

Wohnverhältnisse

2. Planung der weiteren Rehabilitation.

Hierbei geht es zunächst darum, die Krankenhausärzte zur Offenlegung ihres Konzeptes für die weitere Behandlung und Rehabilitation zu veranlassen. Der Geschädigte überlässt dem Reha-Manager entsprechende Schweigepflichtsentsbindungen. So erhält der Betroffene als auch der Rehabilitationsdienstleister Transparenz über den zunächst geplanten Verlauf und die Möglichkeit, auf die weitere Entwicklung Einfluss zu nehmen.

Zu diesem Zweck involviert der Dienstleister einen Facharzt für physikalische und rehabilitative Medizin in den Prozess. Gemeinsam mit einem Sportwissenschaftler, werden bezogen auf den Einzelfall alle Angaben zu Art, Inhalt, Intensität, Beginn und Dauer aller zur Rehabilitation erforderlichen medizinischen Behandlungsmaßnahmen eruiert.

Auf dieser fachlichen Grundlage ist es dem Reha-Manager möglich, mit dem Arzt und dem Geschädigten zielgerichtet das Gespräch über den optimalen weiteren Verlauf der Rehabilitation zu führen. Dabei sind Ziel, Inhalt und Dauer der Akutphase sowie anschließende AHB bzw. ambulante oder stationäre medizinische Rehabilitation inklusive alle ergänzenden Leistungen von Interesse. Entsprechend dieser Vorgehensweise wird der behandelnde Arzt im Krankenhaus mit Behandlungsalternativen oder qualifizierten Einrichtungen für die Weiterbehandlung, die sich nach den Erfahrungen des Dienstleisters bewährt haben, konfrontiert und angehalten, sein Therapiekonzept zu überprüfen und ggf. zu optimieren. Unter Umständen ist auch eine Umverlegung in ein anderes Krankenhaus angezeigt. Das Ergebnis ist die Durchführung der medizinisch und wirtschaftlich optimalen Diagnostik und Therapie. Damit ist ein Qualitätsgewinn sowohl für die Unfallopfer als auch für die Versicherung verbunden. Der Betroffene erhält in dieser Planungsphase die Möglichkeit, seine Wünsche und Vorstellungen rechtzeitig und umfassend einzubringen und kann somit seine Rolle als Objekt in der Rehabilitation überwinden und als Subjekt aktiv mitgestalten. Auf diese Weise kann die Rehabilitation besser an den positiven Möglichkeiten und Motivationen des Patienten ausgerichtet werden, die von der psychosozialen Situation mitbestimmt werden. Dies führt unter Nutzung der salutogenistischen Ressourcen zur einer positiven Beeinflussung der Rehabilitation. Es ist zu betonen, dass unter völliger Transparenz aller am Rehabilitationsprozess beteiligten Personen das entscheidende Merkmal dieses kooperativen Ansatzes darin besteht, dass die Entscheidungsfreiheit aller Beteiligten beibehalten wird.

3. Einmündung der Rehabilitationsplanung in eine Zielvereinbarung zwischen dem Geschädigten und dessen Anwalt, der Haftpflichtversicherung, Ärzten und Reha-Dienstleister.

Als wesentliches Ergebnis dieses persönlichen Kontaktes im Akutkrankenhaus wird das Erzielen eines Konsens zwischen allen Beteiligten über den weiteren Verlauf der Rehabilitation, über Ziel, Inhalt und etwaige Dauer der weiteren Akutbehandlung festgehalten. Auf der

Grundlage der bisher erreichten Ergebnisse erfolgt eine Vorabplanung der folgenden medizinischen Behandlungsschritte und die Festlegung der Ausführenden über die weiteren Behandlungen. In dieser Phase muss durch den Rehabilitationsdienstleister eine enge Abstimmung mit den öffentlichen Trägern erfolgen. Bei eventueller Ablehnung bestimmter medizinisch-rehabilitativ notwendiger Maßnahmen, ist ein Direktfinanzierung über den Haftpflichtversicherer zu prüfen. Auf diese Weise wird die notwendige Verzahnung bzw. Nahtlosigkeit der einzelnen Glieder der Rehabilitationskette ermöglicht. Dies beginnt mit dem zeitgerechten Übergang von der Akutbehandlung in die anschließende Rehabilitation und setzt sich mit der Verzahnung der medizinischen-beruflichen Rehabilitation fort. Ergänzende Leistungen wie z.B. technische Hilfen oder psychologische Betreuung werden ebenfalls zeitnah erbracht. Um die entsprechende Nahtlosigkeit umzusetzen wird in der Zielvereinbarung festgelegt, welche Handlungsbeiträge die einzelnen Beteiligten zum Gelingen der Rehabilitation übernehmen.

Der Handlungsbeitrag des Rehabilitationsdienstleisters liegt neben der Kontrolle, ob die Akutversorgung entsprechend der „Leitlinien der Unfallchirurgie“ durchgeführt wurden in der Beratung und Organisation des nahtlosen Überganges vom Akutkrankenhaus in die am besten geeignete Rehaklinik, im Organisieren der rechtzeitigen Hilfsmittelversorgung oder Pflege sowie Kontaktaufnahme mit dem Arbeitgeber bezüglich der Planung und Realisierung der stufenweisen Wiedereingliederung am bisherigen Arbeitsplatz.

Weiterhin wird bei entsprechendem Bedarf auch die Schaffung behindertengerechten Wohnraums, die Umgestaltung des Arbeitsplatzes oder die Einleitung einer beruflichen Umorientierung unterstützt. Der Beitrag der Ärzte kann z.B. neben dem Erreichen des Behandlungszieles der Akutphase darin bestehen, dass es beim Übergang von der Krankenhausbehandlung in die ambulante Behandlung, nicht zu Behandlungspausen kommt und entsprechende

Behandlungsverordnungen bereitgestellt werden. Die Ärzte und Therapeuten müssen über alle bisherigen Behandlungen und Untersuchungsergebnisse informiert und somit in die Lage versetzt werden, die Nahtlosigkeit herzustellen. Dem Geschädigten wird verdeutlicht, dass seine Rehabilitation nur unter aktiver Mitgestaltung gelingen kann. Durch den Gewinn von Einfluss und Transparenz, wird die Motivation des Geschädigten zur aktiven und verantwortlichen Bewältigung seiner Verletzung und ihrer Folgen erhöht. Der Reha-Manager des Dienstleisters bleibt bei allen auftretenden Problemen Ansprechpartner für den Geschädigten. Als direkte konstante Bezugsperson kann eine Problembewältigung so unbürokratischer, direkter und mit größerer Zeitnähe erfolgen. Der vereinbarte Rehabilitationsplan ist Arbeitsgrundlage und wird im Zeitverlauf unter Aufrechterhaltung des Dialogs mit allen beteiligten Personen und Institutionen konsequent verfolgt. Der Fortschritt der Rehabilitation wird begleitet und dokumentiert. Inwieweit Modifikationen des Rehabilitationsplanes notwendig sind, wird auf der Grundlage des Vergleiches der geplanten Rehabilitationsergebnisse, mit dem tatsächlichen Stand entschieden. Dieser Prozess wird auf die Bereiche berufliche und soziale Rehabilitation ausgeweitet.

Die erörterten Ergebnisse dokumentieren die Notwendigkeit der Umsetzung eines modularen Rehabilitationsverfahrens zur Erhöhung der Effizienz der medizinischen Rehabilitation von Traumapatienten mit Mehrfachschädigung der unteren Extremitäten.
--

Besonders die erstrangige Steuerung des Rehabilitationsprozesses durch den Rehabilitationsdienstleister bei den Pat. 08 und 09, machen Mut, den eingeschlagenen Weg fortzusetzen. Er führt zur Minimierung von Behandlungsphasen, zur Optimierung der Behandlung, zu kürzeren Zeiten der Arbeitsunfähigkeit, zur schnelleren Wiedereingliederung in das Arbeitsleben, zu einer höheren Lebensqualität der Pat. Und letztendlich zu geringeren Entschädigungsleistungen des Versicherers.

**Die nachfolgend dokumentierten Rehabilitations-Ist-Soll Vergleiche, verdeutlichen das Ziel:**

Bei **Pat. 01** handelt es sich um einen zum Unfallzeitpunkt vollschichtig berufstätigen Maurer. Die während des stationären Aufenthaltes im Akutkrankenhaus angewendeten Therapien entsprechen den Empfehlungen der Leitlinien zur Diagnostik und Therapie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. Die stationäre AHB begann knapp zwei Wochen nach der Entlassung aus dem Akutkrankenhaus. Die dort erzielten Ergebnisse, sind entsprechend des Einheitlichen Berichtes der Rentenversicherungsträger, als durchaus für eine Rückkehr zum alten Arbeitsplatz, optimistisch zu werten. Objektivierbare und damit für einen späteren Vergleich geeignete Messverfahren, z.B. Gangbildanalyse, wurden nicht angewendet. Eine 4wöchige therapeutische Intervention im Rahmen der AHB war zeitlich zu kurz gefasst, um bereits 6 Wochen nach deren Abschluss mit der beruflichen Reintegration als Maurer zu beginnen. Die zwischenzeitlich absolvierte 1-2malige wöchentliche Physiotherapie konnte die Ergebnisse der AHB weder stabilisieren, noch bestand die Möglichkeit der weiteren muskulären Stabilisation. Auch nach Abbruch der beruflichen Wiedereingliederung aufgrund subjektiver Beschwerden im Oberschenkel, erfolgte keine Korrektur des Rehabilitationskonzeptes. 1-2malige wöchentliche Interventionen bzw. Therapiepausen kennzeichneten den weiteren Verlauf. Im Anschluss an die Materialentfernung, fand eine weitere 4wöchige stationäre medizinische Rehabilitationsmaßnahme inklusive Berufsfindung statt. Ambulante Therapien wurden im Anschluss nicht mehr verordnet. Nach ca. weiteren 18 Monaten begann für den Pat eine 21monatige Umschulung zum Qualitätsfachmann. Nach Abschluss dieser überbetrieblichen in einem Berufsförderungswerk durchgeführten Umschulung, ist der Pat. 45 Jahre alt. Die Dauer des durch die Haftpflichtversicherung zu leistenden Verdienstausfallschadens, ist somit auf vorerst ca. 51 Monate beziffert. Inklusive der Regressforderungen der GKV und LVA sowie der Lohnnebenkosten ist im Rahmen dieser Schadenposition bis zum Abschluss der Umschulung

mit einer Summe von ca. 100.000 € zu rechnen. Die Umschulung kostet inklusive aller Leistungen ca. 60.000 €. Von einer kontinuierlichen Beschäftigung ist im Anschluss, auf dem desolaten mitteldeutschen Arbeitsmarkt kaum auszugehen. Die weitere Alimentierung durch den Haftpflichtversicherer bis zum Eintritt in das Rentenalter sowie der Ausgleich des zwischenzeitlich entstandenen Rentenschadens ist zu erwarten. Die Beiträge zur GKV müssen ebenfalls durch die Versicherung übernommen werden. Bei einem durchschnittlich zu erwartenden Lebensalter des Pat., von 78 Jahren, wird die komplette Schadenssumme ca. 1.000.000 € erreichen. Entsprechend des in der nachfolgenden Übersicht beschriebenen angestrebten Verlaufes, wäre über eine Optimierung der medizinischen Rehabilitation, verbunden mit einer zusätzlichen Investition von ca. 8.000 €, das ursprüngliche Rehabilitationsziel der Reintegration in den Beruf des Maurers, zumindest für einen Zeitraum von 6-10 Jahren gelungen, was eine Verringerung der gesamten Regulierungssumme von wenigstens einem Drittel (ca. 300.000 €) zur Folge gehabt hätte.

## Ist – Soll – Vergleich –Patient 01

- Diagnosen: • Oberschenkelschaftfraktur  
• Lappenriss medialer Meniskus

### Verlauf

Unfall	→	08.01.00
Stationäre Akutbehandlung	→	08.01.00 – 04.02.00
Abschlussheilbehandlung	→	17.02.00 – 15.03.00
Ambulante Therapie ca. 1 – 2 mal Krankengymnastik je Woche	→	16.03.00 – 16.06.00
Stufenweise Wiedereingliederung in den Beruf des Maurers Abbruch der Maßnahme aufgrund subjektiv geäußerter Beschwerden im Oberschenkel – erneute Krankschreibung	→	17.06.00 – 17.09.00
Ambulante Therapie ca. 1 – 2 mal Krankengymnastik u. Iontophorese	→	18.09.00 – 30.09.00
<i>Keine Therapie</i>		
Materialentfernung / stationärer Aufenthalt	→	06.01.01-12.01.01
Stationäre medizinische Rehabilitationsmaßnahme inklusive Berufsfindungsmaßnahme der LVA	→	16.01.01– 08.02.01
<i>Keine Therapie</i>		
Umschulung zum Qualitätsfachmann	→	10/02 – 07/04

### Angestrebter Verlauf

Im Anschluss an die stationäre Akutbehandlung 10 Wochen stationäre medizinische Rehabilitation unter Einbeziehung eines verstärkten Einsatzes trainingstherapeutischer Interventionen und leistungsdiagnostischer Verfahren	→	17.02.00 – 01.05.00
Ambulante physiotherapeutische Maßnahmen und Trainingstherapie, 4 mal wöchentlich	→	02.05.00 – 30.06.00
Stationäre medizinische Rehabilitation mit dem Schwerpunkt eines berufsbezogenen „Work – Hardening“ Programms	→	01.08.00 – 30.10.00
Materialentfernung mit anschließender 4-wöchiger stationärer medizinischer Rehabilitation unter Einbeziehung leistungsdiagnostischer Verfahren und berufsbezogener „Work – Hardening“ Programme	→	01.11.00 – 30.11.00
Stufenweise Wiedereingliederung in den Beruf des Maurers über eine tägliche Arbeitszeit von 4 – 6 Stunden unter Beibehaltung einer 2–3-maligen wöchentlichen therapeutischen Intervention	→	01.12.00 – 30.01.01
Erreichung der vollschichtigen Arbeitsfähigkeit als Maurer	→	01.02.01

**Abbildung 43: Ist-Soll-Vergleich-Patient 01**

Bei **Pat. 04** handelt es sich um einen Kraftfahrer. 4 Wochen nach Abschluss der Akutbehandlung wurde eine 4wöchige AHB durchgeführt. Trotz noch nicht abgeschlossener medizinischer Rehabilitation wurden keine weiteren therapeutischen Interventionen veranlasst. Etwa 4 Jahre nach dem Unfallereignis wurde durch den Rentenversicherungsträger eine Umschulung zum Kaufmann für Groß- und Einzelhandel initiiert. Ende des ersten Ausbildungsjahres kam es zu einem Folgeunfall, welcher zum Abbruch der Maßnahme führte. Weitere berufsfördernde Maßnahmen wurden nicht gewährt, so dass der Geschädigte insgesamt 8 Jahre nach dem ersten Unfall weiterhin Lohnersatzleistungen in Form von Krankengeld, Arbeitslosengeld, Arbeitslosenhilfe bzw. Verdienstaufschaden vom Haftpflichtversicherer erhält. Da der zweite Unfall in Kausalität zum Erstunfall steht, ist bisher eine Gesamtsumme in Bezug auf Lohnersatzkosten von ca. 190.000 € zu beziffern. Die Kosten für eine abgebrochene Umschulung bzw. für medizinische Behandlungen, sind aufgrund unzureichender Dokumentation nicht genau zu ermitteln. Der Pat. fühlt sich auch über 10 Jahre nach dem ersten Unfallereignis nicht zu beruflichen Rehabilitationsmaßnahmen in der Lage. Es ist von einer lebenslangen Alimentation des Haftpflichtversicherers gegenüber dem Patienten auszugehen. Inklusiv des durch die Unfälle entgangenen Verdienstes sowie der ebenfalls zu entrichtenden Sozialbeiträge über einen Zeitraum von ca. 40 Jahren, ist von einer Schadenssumme von ca. 1,2 Millionen € auszugehen. Auch wenn man dem Zweitunfall ein gewisses Maß an Schicksalhaftigkeit zugrunde legen muss, liegen die Hauptverfahrensfehler:

- In der zu kurz gefassten AHB im Anschluss an den Erstunfall. Der Rehaabschlussbericht deutet auf die nicht abgeschlossene Rehabilitationsbehandlung hin.
- Keiner therapeutischen Fortsetzung des Programmes im ambulanten Bereich und in der verzögerten Umsetzung berufsfördernder Leistungen.

## Ist – Soll – Vergleich –Patient 04

- Diagnosen:
- Fraktur des Os sacrum rechts ohne Dislokation
  - Fraktur des Os ileum und des Os pubis links, jeweils ohne nennenswerte Dislokation
  - Zweitgradige offene Pilo-tibial-Fraktur rechts
  - Geschlossene Pilo-tibial-Fraktur links

### Verlauf

1. Unfall		17.01.00
Stationäre Akutbehandlung	—————▶	17.01.00 – 16.03.00
Abschlussheilbehandlung	—————▶	17.04.00 – 14.05.00
<i>Keine Therapie</i>	—————▶	15.05.00 – 01.10.03
Materialentfernung	—————▶	10.10.03
Überbetriebliche Umschulung zum Kaufmann für Groß- und Außenhandel	—————▶	01.07.04
2. Unfall		14.08.05
Geschlossene Reposition der Fraktur des linken Fußes	—————▶	15.08.05
Stationäre Akutbehandlung	—————▶	14.08.05– 19.08.05
<i>Keine Therapie</i>	—————▶	20.08.05– 07.02.06
Stationäre med. Reha.	—————▶	08.02.06 – 14.03.06
Abbruch der beruflichen Reha.	—————▶	01.06.03
Einschalten des Dienstleisters	—————▶	01.03.08
Begutachtung	—————▶	05.05.08

Patient hält sich nicht für ausbildungsfähig

## Angestrebter Verlauf

AHB	→	17.04.00 – 14.05.00
3 – 4 mal wöchentliche Physiotherapie, Trainingstherapie	→	15.05.00 – 30.09.00
Stationäre med. Reha	→	01.10.00 – 30.10.00
3 – 4 mal wöchentliche Physiotherapie, Trainingstherapie	→	01.11.00 – 30.01.01
Umschulung	→	01.02.01 – 30.01.03

**Abbildung 44: Ist-Soll-Vergleich Patient 04**

**Pat. 06.** befand sich zum Unfallzeitpunkt kurz vor Abschluss einer Ausbildung zum Gas- und Wasserinstallateur. Erst ca. 10 Wochen nach dem Unfallereignis wurde eine Kreuzbandverletzung diagnostiziert. Operative bzw. therapeutische Konsequenzen erfolgten in Form einer vorderen Kreuzbandplastik erst 5 ½ Jahre nach dem Unfall. Der Patient hatte zwischenzeitlich seine Berufstätigkeit aufgegeben und erhielt eine Berufsunfähigkeitsrente vom Rentenversicherungsträger. Trotz weiterer operativer Maßnahmen kam es zu keiner nennenswerten Stabilisierung der gesamten Schmerzsymptomatik im rechten Kniegelenk. Es wurde immer wieder auf die Notwendigkeit berufsfördernder Maßnahmen hingewiesen, jedoch nie umgesetzt. 11 Jahre nach dem Unfall initiierte der Rentenversicherungsträger eine „Evaluation der funktionellen Leistungsfähigkeit“. Eine Bezugnahme auf eine bestimmte Tätigkeit erfolgte nicht. Der Pat. gab weiterhin Schmerzen beim Beugen und Strecken des Kniegelenkes an. Auch durch die Einschaltung des Dienstleisters konnte der Geschädigten nicht dahingehend motiviert werden, an einer leidensgerechten beruflichen Umorientierung teilzunehmen. Er fühlte sich nach wie vor gesundheitlich nicht für eine solche Maßnahme geeignet. Zwischenzeitlich sind 13 Jahre seit dem Unfallgeschehen vergangen, von denen der Pat. ca. 2 Jahre in seinem erlernten Beruf als Gas- und Wasserinstallateur tätig war. Operative und

therapeutische Maßnahmen ohne jegliches Ergebnis haben bisher Kosten von ca. 78.000 € verursacht. Für die Zahlung von Krankengeld, Berufsunfähigkeitsrente und Verdienstausfallschaden mussten bisher ca. 175.000 € gezahlt werden. Da nach einer so langen Zeit nicht mehr von einer erfolgreichen beruflichen Rehabilitation ausgegangen werden kann, ist von einer lebenslangen Alimentation durch den Haftpflichtversicherer auszugehen. Inklusive aller Nebenkosten wie Krankenkassenbeiträge und dem entstehenden Rentenschaden wird aufgrund des Alters des Patienten, die Gesamtschadenssumme etwa 1.700.000 € betragen. Der Hauptverfahrensfehler dürfte in der unzureichenden bzw fehlerhaften Diagnose des Kreuzbandschadens, verbunden mit verzögerter operativer Intervention liegen. Die beschriebene „wahre Odyssee von Operationen“, verunsicherte den Patienten bis hin zur Verweigerung einer beruflichen Umorientierung. Dieses Beispiel verdeutlicht, dass die Schwere der Verletzung der unteren Extremitäten nicht immer in Kausalität zur Gesamtschadenssumme steht.

## Ist – Soll – Vergleich –Patient 06

Diagnosen: \* Zustand nach Ruptur des vorderen und hinteren Kreuzbandes und nach mehrfachen operativen Eingriffen des rechten Kniegelenkes mit posttraumatischer Gonarthrose und Aortofibrose

### Verlauf

Unfall		26.01.00
Punktion des Kniegelenkes	—————→	20.02.00
Kreuzbandverletzung diagnostiziert	—————→	11.04.00
Arthroskopie des Kniegelenkes, Vordere Kreuzbandruptur Verdacht der hinteren Kreuzbandruptur	—————→	10.02.03
Kreuzbandplastik	—————→	05.06.05
weitere Operation (vgl. Anhang Reha – Verlauf)	—————→	18.09.00 –30.09.00
Keine Arbeitsfähigkeit	—————→	13 Jahre nach dem Unfall

### Angestrebter Verlauf

Diagnostik, Operation, Rehabilitation	—————→	entsprechend der Unfallchirurgischen Leitlinie ca. 6 Monate bis zur Arbeitsfähigkeit
---------------------------------------	--------	--

**Abbildung 45: Ist-Soll-Vergleich-Patient 06**

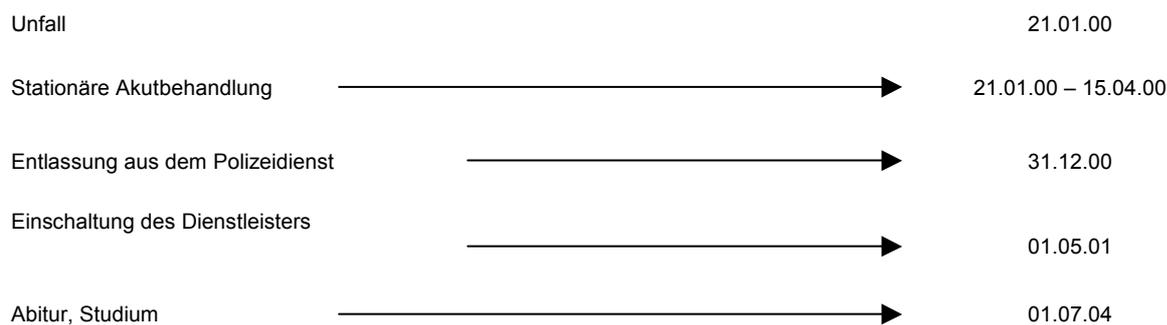
**Pat. 12** befand sich zum Unfallzeitpunkt in einer Ausbildung zum mittleren Polizeivollzugsdienst. Der Aufenthalt im Akutkrankenhaus dauerte ca. 3 Monate. Eine AHB wurde nicht durchgeführt. Über Qualität und Quantität der physiotherapeutischen Nachbehandlung

existieren keine Aufzeichnungen. Das Dienstverhältnis musste aufgrund der Unfallfolgen beendet werden. Mit Unterstützung des beruflichen Rehabilitationsmanagement legte die Patientin das Abitur ab und studiert zwischenzeitlich an einer Universität. Ca. 5 Jahre nach dem Unfall wurde eine posttraumatische Arthrose am rechten OSG und USG mit Krallenzehbildung diagnostiziert. Es wurde eine Amputation der rechten Großzehe durchgeführt. Die anschließende Therapie wurde ambulant durchgeführt. Obwohl der Verdienstausfallschaden zwischenzeitlich seit über 5 Jahren reguliert wird und bereits eine Summe von ca. 105.000 € gezahlt wurde, ist von weiteren 4 Jahren auszugehen. Aufgrund des hohen Verdienstausfallschaden, fiktiv mit einem Aufstieg in den gehobenen Dienst verbunden, ist von einer Amortisation der Investition in das Hochschulstudium auszugehen.

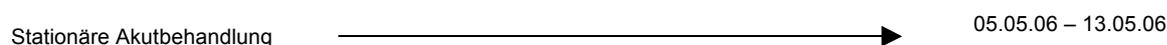
## Ist – Soll – Vergleich –Patient 12

- Diagnosen:
- III° offene Unterschenkelfraktur rechts mit Durchtrennung der Sehne M. tibialis anterior, des Extensor hallucis long., Extensor dig. Long., M. trizeps surae und den anterioren tibialen Gefäßes
  - geschlossene Oberschenkelfraktur rechts, Oberschenkelspiralfaktur mit Biegungskeil am Übergang vom mittleren zum distalen Drittel

### Verlauf



- Diagnosen:
- Posttraumatische Arthrose rechts OSG und USG mit Krallenzehebildung
  - rechter Fuß bei Zustand nach subtotaler Amputationsverletzung des rechten Unterschenkels durch Unfall
  - Zustand nach operativer Amputation der rechten Großzehe



**Abbildung 46: Ist-Soll-Vergleich Patientin 12**

Entsprechend der Intervention des Dienstleisters wurde die berufliche Rehabilitation sowie die notwendige Reoperation, ca. 5 ½ Jahre nach dem Unfall zielorientiert gesteuert.

Bei **Pat. 20** handelt es um einen zum Unfallzeitpunkt in der Ausbildung zum Forstwirt befindlichen 20-jährigen Mann. Im Anschluss an die Akutbehandlung wurden nur 10 Therapieeinheiten Krankengymnastik

verordnet. Trotz 10monatiger Krankschreibung, erfolgte keine weitere therapeutische Intervention. Die Ausbildung wurde dann fortgesetzt. Aufgrund von Kniegelenkbeschwerden mussten zwei Arthroskopien durchgeführt werden. Die berufliche Tätigkeit als Forstwirt musste ca. 6 Jahre nach dem Unfall aufgegeben werden. Durch die Rehaberatung eines öffentlichen Trägers, wurde dem Patienten eine Umschulung zum Zierpflanzengärtner vermittelt. Durch ähnlich strukturierter körperlicher Anforderungen wie im vormaligen Beruf, brach der Patient die Ausbildung nach ca. einem Jahr ab. Therapien wurden weiterhin nicht verordnet. Der Rehabilitationsdienstleister wurde ca. 9 ½ Jahre nach dem Unfallgeschehen in den Fall involviert. Eine initiierte Umschulung zum Bürokaufmann wurde kurzfristig abgebrochen. Seit Aufgabe der beruflichen Tätigkeit als Forstwirt, musste der Versicherer bisher ca. 72.000 € Verdienstaufschaden an den Geschädigten sowie Regressleistungen an die GKV und das Arbeitsamt zahlen. Aufgrund eines zweimaligen Abbruches von Umschulungsmaßnahmen, ist fast 10 Jahre nach dem Unfallereignis nicht mehr mit einer erfolgreichen beruflichen Reintegration zu rechnen. Eine lebenslange Alimentierung durch den Haftpflichtversicherer in Höhe des als Forstwirt fiktiven Nettoeinkommens inklusive der Beiträge für die GKV und LVA kann prognostiziert werden. Entsprechend des Alter des Geschädigten, ist von einer Gesamtentschädigungssumme von ca. 1.200.000 € auszugehen. Entsprechen des dokumentierten angestrebten Fallverlaufes, wäre auf der Grundlage einer 3wöchigen stationären medizinischen Rehabilitationsmaßnahme inklusive ambulanter Fortsetzung eine bessere Grundlage für die Fortführung der Berufstätigkeit als Forstwirt geschaffen worden. Eine eventuelle spätere berufsbegleitende Höherqualifikation, hätte die Berufstätigkeit unter Umständen lebenslang gesichert. Es wären so weder Kosten für den Verdienstaufschaden noch Regressleistungen des Arbeitsamtes im Rahmen letztendlich erfolgloser Umschulungsmaßnahmen angefallen. Auch eine dauerhafte therapeutische Begleitung, hätte maximal 2% der o.g. zu erwartenden Entschädigungssumme gekostet.

## Ist – Soll – Vergleich – Patient 20

- Diagnosen:
- Fibulaschaftfraktur des rechten
  - Unterschenkel Prellmarken im Bereich des rechten Kniegelenkes und des rechten Sprunggelenkes

### Verlauf

Unfall	24.01.00
Stationäre Akutbehandlung <span style="float: right;">—————▶</span>	24.01.00–05.11.00
Anschließend 10 Therapieeinheiten Krankengymnastik	
Fortsetzung der Ausbildung zum Forstwirt <span style="float: right;">—————▶</span>	01.12.00
<i>Keine Therapie</i>	
Athroskopie <span style="float: right;">—————▶</span>	05.06.01
<i>Keine Therapie</i>	
Athroskopie <span style="float: right;">—————▶</span>	12.11.02
<i>Keine Therapie</i>	
Aufgabe der Tätigkeit als Forstwirt aufgrund von Kniebeschwerden <span style="float: right;">—————▶</span>	05.01.06
<i>Keine Therapie</i>	
Beginn einer Umschulung zum Tierpflanzengärtner <span style="float: right;">—————▶</span>	11.05.06
<i>Keine Therapie</i>	
Aufgabe der Umschulung aufgrund von Kniebeschwerden <span style="float: right;">—————▶</span>	01.08.07
<i>Keine Therapie</i>	
Beginn einer Umschulung zum Bürokaufmann <span style="float: right;">—————▶</span>	01.10.09

Kurzfristiger Abbruch der Maßnahme aufgrund von Schmerzen im rechten Gesäß sowie im rechten Kniegelenk bis zur Fußsohle

### Angestrebter Verlauf

Im Anschluss an die stationäre Akutbehandlung 3 Wochen stationäre medizinische Rehabilitation unter Einbeziehung eines verstärkten Einsatzes trainingstherapeutischer Interventionen und leistungsdiagnostischer Verfahren <span style="float: right;">—————▶</span>	11.00 – 12.00
Ambulante physiotherapeutische Behandlung 3 – 4 mal in der Woche Anschließend Fortsetzung der Ausbildung zum Forstwirt <span style="float: right;">—————▶</span>	12.00 – 02. 01

**Abbildung 47: Ist-Soll-Vergleich-Patient 20**

### 6.3 Steuerungsmechanismen in der medizinischen Rehabilitation

Leistungssteuerung in Training und Wettkampf ist im Spitzensport das gängige Verfahren, um eine Leistungsoptimierung zu erreichen. Die hier eingesetzten Steuerungsparameter aus der Biomechanik, der Sportmedizin bzw. Sportphysiologie müssen sich zwangsläufig an dem Anforderungsprofil bzw. der Leistungsstruktur der Sportart oder Disziplin orientieren. Entsprechend Kapitel 2.5.4 der Arbeit, lassen sich hinreichend bekannte Verfahrensweisen aus der Trainingswissenschaft auf die Therapie übertragen. Die Steuerungsparameter müssen dem individuellen Grad der verletzungsbedingten Einschränkung der unteren Extremitäten gerecht werden. Eine Übertragung des trainingspraktisch orientierten Steuerungsmodells auf Therapiebelange ist auf der nachstehenden Abbildung verdeutlicht (vgl. Grosser, M., Neumaier, G. 1988).

#### Modell der Therapiesteuerung

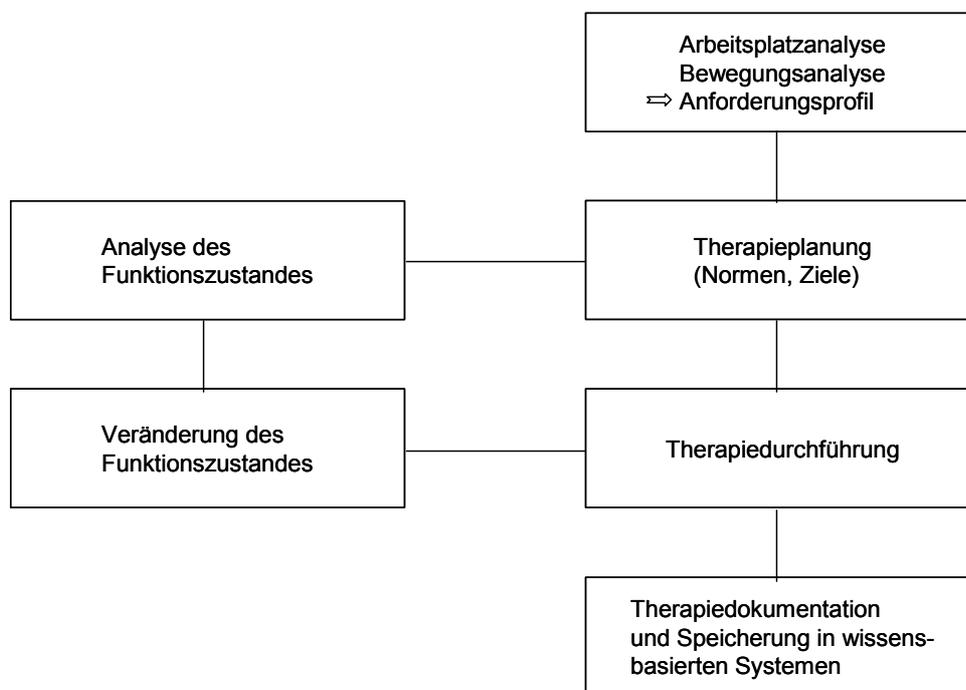
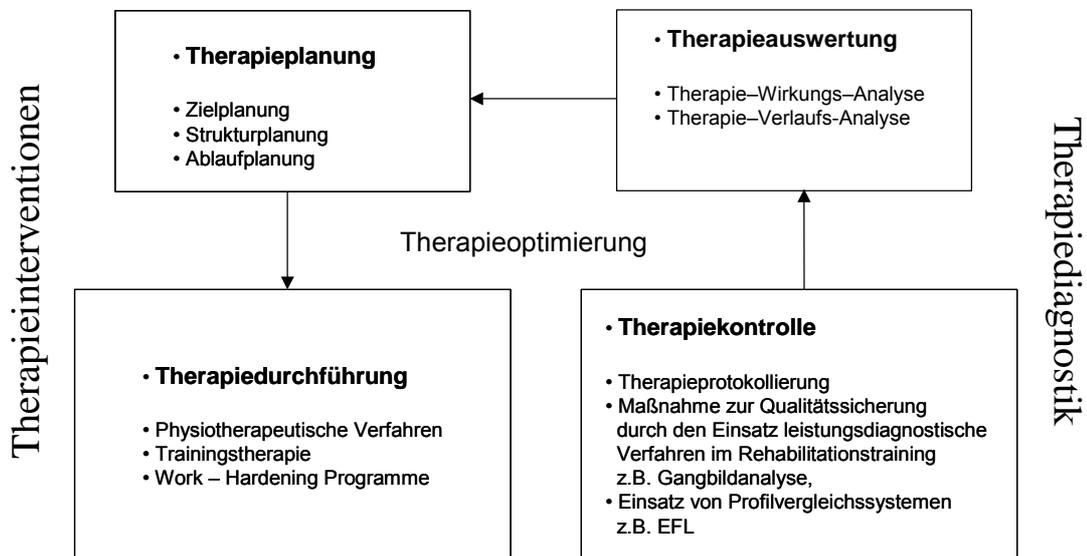


Abbildung 48: Modell der Therapiesteuerung

In der aufgezeigten konzeptionellen Abhandlung soll aufgezeigt werden, dass sportwissenschaftliche Steuerungsverfahren in der Rehabilitation Unfallverletzter Patienten mit Mehrfachverletzungen der unteren Extremitäten, zur Optimierung des Rehabilitationsprozesses beitragen können. Im Rahmen der trainingstherapeutischen Interventionen erfolgte die Steuerung bisher im günstigsten Fall auf der Grundlage und unter Verwendung manueller Diagnosen. Das Therapieziel ist unter funktionellen und berufsrelevanten Gesichtspunkten zu definieren, die die Erreichung der vormaligen, bzw. optimal möglichen Leistungsfähigkeit ermöglichen. Die eingesetzten Steuerungsverfahren haben sich neben den unverzichtbaren herkömmlichen medizinischen und physiotherapeutischen Verfahren an diesem funktionellen Gesichtspunkt zu orientieren. Ausgehend von dem Anforderungsprofil einer beruflichen Tätigkeit erscheint eine Aufteilung der bewegungsspezifischen Steuerungsparameter in konditionelle und koordinativ-technische Parameter als günstig. Die Leistungsverminderung muskulärer Parameter aufgrund von Immobilisation ist in der Literatur hinlänglich beschrieben. Die erörterten Leistungseinbußen beziehen sich vorwiegend auf die Maximalkraft. Die Komplexität der konditionellen Fähigkeiten und koordinativen Fertigkeiten wird nur unzureichend erörtert. Zur Steuerung der trainingstherapeutischen Interventionen ist eine Diagnostik (Isokinetik, Sequenztrainingsgeräte, Gangbildanalyse, manuelle Einschätzungen) notwendig. Zwischen Therapieintervention und Therapiediagnostik bestehen zirkuläre Wechselwirkungen.

## Die Instanzen der Therapiesteuerung



**Abbildung 49: Die Instanzen der Therapiesteuerung**

Eine Steigerung des allgemeinen Kraftniveaus ist prinzipiell über zwei Bewegungsausführungen möglich: zum einen kann das Training im offenen System (eingelenkige Bewegungen), zum anderen in einem geschlossenen System (mehrgelenkige Bewegungen in der kinematischen Kette) durchgeführt werden. Letzteres hat unter funktionell-koordinativen Gesichtspunkten gegenüber einer eingelenkigen Bewegung Vorteile (vgl. Steinbrück, K. 1992). Aufgrund der unterschiedlichen Funktionsteile der Synergisten in der kinematischen Kette ist der Therapieprozess in puncto Belastungsdosierung bis dato unzureichend beschrieben. Belastungsnormativa (Wiederholungszahl, Intensität, Serien etc.) bei eingelenkigen Bewegungsausführungen zum Training unterschiedlicher Kraftqualitäten (z.B. Maximalkraft, Kraftausdauer) sind durch Froböse und Lagerström, beschrieben (vgl. Froböse, I., Lagerström, D. 1991). Das Training spezifischer Kraftqualitäten z.B. in Form von Work Hardening bzw. Back to – Work Programmen, ist ableitbar aus dem

Tätigkeitsprofil des Geschädigten und kann erst auf der Grundlage des Vorhandenseins allgemeiner Kraftqualitäten erfolgen. Der Patient hat neben dem Defizit an reduzierter konditioneller Leistungsfähigkeit begleitend, ein erhebliches Defizit an Koordination. Bei Patienten mit komplexen Verletzungen der unteren Extremitäten bezieht sich dies je nach Art und Schwere der Einschränkungen auf alltagsmotorische und bewegungsspezifische Merkmale wie Stehen, Gehen, Laufen und mündet in komplexen tätigkeitsrelevanten Bewegungsabläufen. Es existieren unterschiedliche Theorien zum motorischen Lernen, von denen die meisten aus der Verhaltensforschung abgeleitet sind. Untersuchungen über das motorische Verhalten sind ständig in der Entwicklung begriffen. Motorisches Lernen ist keine streng begrenzbar Entität, sondern bezieht sich auf Wahrnehmung und ihrem Transfer zu Bewegungsfertigkeiten und Bewegungstransfer. Es umfasst die Verarbeitung sensorischer Inputs, motorischer Kontrolle, Gewinnung von Bewegungsfertigkeiten und die Fähigkeit, diese Skills in verschiedenen Situationen anzuwenden und zu speichern. Der Umsetzung entsprechender Programme kommt im Rahmen der sensomotorischen Rehabilitation nach Beinverletzungen, eine besondere Bedeutung zu.

Komplexe Steuerungsverfahren sind im Bereich der Rehabilitation von Mehrfachverletzungen der unteren Extremitäten bisher nicht realisiert worden.

Die Diagnoseparameter beziehen sich auf eingelenkige Maximalkraftmessungen, Muskelumfangmessungen entsprechend der Neutral-Null-Methode oder subjektive Einschätzungen. Mittels dieser Verfahren ist keine subtile Therapiesteuerung möglich. Es wird nur eine Unzureichende Objektivierung einiger weniger Bewegungsqualitäten vorgenommen. Die beschriebenen Rehabilitationskonzepte weisen eine Phaseneinteilung auf. Die Frage, wann von einer Phase in die andere übergegangen werden kann, ist bisher nur unzureichend beantwortet. Das sich ergebende Problem der Einordnung einzelner erhobener oder

gemessener Befunde oder Steuerungsparameter in ein Wertesystem, erweist sich als problematisch und nicht immer zielführend. Individuelle Normen sind von Pat. kaum vorhanden, d.h sie wurden wenn überhaupt, schon im leistungseingeschränkten Zustand erhoben. Um eine weitere Verzahnung trainingswissenschaftlicher Ansätze und krankengymnastischer Techniken und Verfahren zu erreichen bedarf es einer systematischen Protokollierung von eingesetzten Therapiemitteln und angewendeten Verfahren sowie deren Speicherung in wissensbasierten Systemen. Medizinische Rehabilitationsmaßnahmen haben neben der Rekonvaleszenz auch das Ziel, den Lebensstil des Patienten auf vielfältige Weise zu beeinflussen. Lag der Schwerpunkt der klassischen „Kur“ vor einigen Jahren noch auf eher passiven Heilmaßnahmen, findet gegenwärtig ein Umwandlungsprozess statt, hin zur Umsetzung eines aktiven Gesundheitsverhaltens. Darin verbirgt sich die Notwendigkeit, dass Patienten im Anschluss an eine Heilmaßnahme eine entsprechende sportliche Aktivität eigenverantwortlich weiterführen. Inwiefern dieses gelingt, bzw. welche Patienten mit welchen Indikationen spezielle trainingstherapeutische Interventionen im Anschluss an rehabilitative Maßnahmen fortführen, ist bislang nur unzureichend untersucht. Von ergänzendem wissenschaftlichen Interesse wäre der Erhalt bzw. die weitere Umsetzung von Rehabilitationszielen im Rahmen einer Bindungsbereitschaft an ein spezifisches, den medizinischen Rehabilitationsprozess unterstützendes Bewegungsverhalten.

## **6.4 Theoriekonzept zur Kennzeichnung der Belastungs-Beanspruchungssituation von Patienten mit Mehrfachverletzungen der unteren Extremitäten.**

### **6.4.1 Zum Konzept der Handlungsfähigkeit**

In der Arbeitsmedizin hat sich im Gegensatz zur Sportmedizin seit über 30 Jahren ein Vorschlag von Rohmert (1973) bezüglich einer strikten Trennung der Begriffe Belastung (für vorgegebene Leistung) und Beanspruchung (für erbrachte Leistung) bewährt. Damit lässt sich das

Wechselfeld zwischen Aufgabe und tatsächlicher Leistung (als individueller Verhaltensaspekt) und zwischen Leistung und Beanspruchung (in Abhängigkeit von der individuellen Leistungsfähigkeit) besonders realitätsnah nachvollziehen. Beim Verhaltensaspekt geht es um die Spannbreite von Leistungsverweigerung bis zur Übererfüllung einer Vorgabe, letzteres besonders im Rehabilitationsbereich. Beim Einfluss der Leistungsfähigkeit geht es um die individuell gerechte bzw. angemessene Vorgabe einer Leistungsintensität. In der Therapie ist die Leistungsintensität gegenüber dem Sport, meist fremd- und nicht selbstbestimmt. Während ein Ausdauersportler seinen Metabolismus (physiologisch gesehen) optimal auf das durch das Reglement vorgegebene zeitliche und räumliche Ziel bestimmt, ist dieser Prozess im Rahmen der Rehabilitation weitaus komplizierter. Die Erfahrungen im Bereich der Selbsteinschätzung der aktuellen Anstrengung, aber auch das rückgekoppelte, sinnvolle Anpassen des Leistungseinsatzes an die augenblickliche Anstrengung, erfordert entsprechende Bewegungserfahrungen, die erst wieder neu trainiert bzw. entwickelt werden müssen. Der Sportler muss von Beginn an die zurückzulegende Zieldistanz antizipieren und adäquat mit seinem aktuellen Leistungseinsatz verrechnen. Bei selbstbestimmtem Leistungseinsatz gelingt es bei gut trainierten Sportlern, ihre Leistungsreserven im Ziel optimal ausgeschöpft zu haben. Insgesamt sind motorische Programme und motorisches Lernen nicht nur auf biomechanische Weg-, Zeit- und Kraftparameter zu beziehen, sondern auch auf die adäquate Ansteuerung des Stoffwechsels. Dieser begrenzt ebenso wie die biomechanischen Parameter die Beliebigkeit einer motorischen Aktivität. Bei der Analyse der Bewegungsaufgabe im Bewegungsvollzug wird immer wieder nach der Ganzheitlichkeit in der Bewertung erbrachter Teilleistungen gefragt. Bereits in den zwanziger und dreißiger Jahren vertraten Klemm und Bernstein aus dem methodologischen Konzept der Gestaltungspsychologie bzw. Ganzheitspsychologie heraus, die Auffassung, dass in Bezug auf die experimentelle Analyse der menschlichen Motorik, dass Ganze nicht die einfache Summe seiner

Teile darstellt. Dementsprechend wird im Rahmen der Bewertung aktueller motorischer Leistungen nach wie vor die Frage der „Kausalität“ des Ganzen und der charakteristischen Wechselwirkungen seiner Teile nachgegangen. Die rein phänomenologische Betrachtung des Ganzen und seine Teile im Sinne der „Summativität“ bietet keinen hinreichenden Erklärungsansatz für komplexe motorische Leistungen. Mittlerweile gibt es eine Reihe von empirischen Befunden (u.a. Bös & Mechling), die die Bedeutung determinierender Komponenten der motorischen Handlungsfähigkeit in ihrer wechselseitigen Bedingtheit und Anteiligkeit an der erbrachten Gesamtleistung aufdecken und spezifizieren. Sportliche Leistungen sind durch die Möglichkeit aktueller Handlungsfähigkeit (Handlungskompetenz) als Ganzheit determiniert. Dies gilt auch für die zu erbringenden Leistungen im Bereich der trainingstherapeutischen Interventionen. Ein tragfähiges Konzept zur empirischen Überprüfung der aktuellen Handlungsfähigkeit aktueller motorischer Leistungen bietet der Vier-Komponenten-Ansatz von Hirtz und Hummel (1990). Hiernach weist sich Handlungsfähigkeit durch die Teile Koordination, Kondition, Kognition und Emotion / Motivation aus. Wie ist die aktuelle Handlungsfähigkeit aus Sicht der trainingstherapeutischen Interventionen und insbesondere der Gangschulung in der Rehabilitation von Patienten mit Polytrauma der unteren Extremitäten organisiert? Im Mittelpunkt der gangspezifischen Anforderungsanalyse an die Rehabilitation von Patienten mit Polytrauma der unteren Extremitäten steht die leistungsmedizinische Absicherung des zur Verfügung stehenden Bewegungsraumes. Aus Sicht der Motorik ist den Teilen Koordination und Kondition sowie dem Niveau der Beziehung zwischen den Teilen ein besonderer Stellenwert bei der Einschätzung des Ausprägungsgrades der aktuellen Handlungsfähigkeit beizumessen, da die Steuerbarkeit der Bewegung nur in Einheit informationeller und energetischer Prozesse möglich ist. Nach Gundlach (1968) bilden die Teile Koordination und Kondition in ihrem Wechselverhältnis ein Teilsystem, das vier in hierarchischer Ordnung stehende Funktionsebenen beinhaltet:

- Bewußtseinsebene (Handlungs- und Verhaltensregulation).

- Sensomotorische Ebene (Bewegungsregulation)
- Bioenergetische Ebene (Energieumwandlung und – bereitstellung)
- Biomechanische Ebene (mechanische Energieausnutzung und – übertragung)

Darüber hinaus ist bekannt, dass weder koordinative noch konditionelle Teilleistungen unabhängig von psychischen Prozessen ablaufen und diese die aktuelle Handlungsfähigkeit mitbestimmen. Zur Beurteilung der aktuellen Handlungsfähigkeit des Ganges von Patienten mit Polytrauma der unteren Extremitäten ergeben sich folgende Problemkreise, die im Rahmen des modularen Rehabilitationsverfahrens zu hinterfragen sind:

- Einfluss definierter Belastungen auf die individuelle Belastungs-Beanspruchungsregulation unter Berücksichtigung der Teile der Handlungsfähigkeit (Kondition, Koordination, Kognition und Motivation / Emotion) und deren charakteristischen Wechselwirkungen.
- Relationale Beziehung zwischen den Komponenten Kondition und Koordination.
- Psycho-physisches Beanspruchungserleben und dessen Beeinflussung der Gesamtleistung.
- Quantitative Erfassung relevanter Messgrößen, mittels derer eine Unterscheidung gesunder und pathologisch veränderter Bewegungsabläufe ermöglicht wird sowie ständige Weiterentwicklung erforderlicher Untersuchungsverfahren.
- Bestimmung alters-, geschlechts- und körperbauspezifischer sowie zeitlich signifikant veränderlicher Größen, deren Erfassen/Berücksichtigen eine objektive Verlaufskontrolle im Rahmen der Diagnose, Therapie und Rehabilitation ermöglicht.
- Ermittlung von Kriterien zur Bewertung der Konstruktion und Funktion orthopädischer Hilfsmittel, Gelenkimplantaten, u.ä.
- Individuelle Betreuung und Optimierung von

Bewegungsabläufen medizinisch und prothetisch versorgter Patienten (vgl. Herrmann, H. et al. 1997).

#### **6.4.2 Bewegungsregulation**

Handlungsfähigkeit im sport- und bewegungsspezifischen Vollzug basiert auf wechselwirkenden Leistungspositionen von Handlungskomponenten. Bewegungskoordination, als ein Teil der Handlungsregulation, fokussiert nach der Definition von Meinel & Schnabel auf dem handlungstheoretischen Zusammenhang durch Intention, in Bezug auf die sportartspezifische Bewegungsabführung. Darüber hinaus wird der Interaktionsaspekt zwischen aktiv Handelndem (Sportler, Patient) und seiner Umwelt wiedergespiegelt. Offen bleibt, ob und wie die bewegungssteuernden Inhalte im Sinne der Repräsentation gespeichert und bezogen auf die Strukturierung geordnet werden. Auf der Grundlage des „Vereinfachten Modells der Bewegungskoordination“ (Meinel & Schnabel, ebenda) gehen die Autoren von einem motorischen Gedächtnis zur Speicherung bzw. umfassenden zentralnervösen Repräsentation von Bewegungsinhalten aus. Damit vertreten sie traditionell, wie eine Reihe anderer Autoren (u.a. Pew, 1974; Turvey, 1977), den Ansatz des „Motor-Approach“ (Abernethy & Sparrow, 1992). Ein wesentliches Merkmal dieser Koordinationsmodelle, auf der Grundlage generalisierter motorischer Programme (GMP), besteht in der hierarchischen Struktur der Kontrolle (Top-down). Dem gegenüber stehen ökologische und synergetische Konzepte der Bewegungsorganisation (u.a. Gibson, 1982; Kugler & Turvey, 1987; Reed, 1988; Turvey, 1991), die nicht von einer hierarchischen Struktur der Bewegungsinhalte ausgehen, sondern einen eher systemdynamischen Ansatz der Selbstorganisation von Bewegungshandlungen verfolgen. Abernethy & Sparrow (1992) bezeichnen diese Konzepte als „Action-Approach“. Eine Überbrückung des Gegensatzes zwischen Motor-Approach und Action-Approach bieten Nitsch & Munzert (1997) durch das „Integrative Funktionsmodell der Bewegungskoordination“ an. Unter Berücksichtigung des

Interaktionsaspektes schließt das Modell sowohl die Möglichkeit des von außen angestoßenen selbstorganisierenden Bewegungsverhaltens als auch die dominierende Intention unter Verwendung interner Bewegungspräsentation ein. Besonders aus der Sicht des motorischen Lernens unterschiedlicher Bewegungsaufgaben bietet dieses integrative Funktionsmodell einen Erklärungsansatz. Es verdeutlicht, dass z.B. für die Bewegungskoordination des Ganges die Intention des Sportlers/Patienten ebenso bedeutsam sein kann, wie seine Wahrnehmung und subjektive Verarbeitung der situationsspezifischen, externen Randbedingungen. Für die Bewertung und für die Therapie gangtechnischer Fertigkeiten lässt sich schlussfolgern, dass der ausschließliche Ansatz über biomechanische Systemeigenschaften unzureichend erscheint. Quantitativ „objektivierbare Gangbilddiagnosen“ sollten nach bisherigen Befunden, die sich mehr oder weniger an den im klinisch-neurologischen Alltag begrenzt vorhandenen Instrumentarien funktioneller Untersuchungsmethoden orientieren, vor allem beinhalten (vgl. Perry, J., Montgomery, J. 1987 et Hesse, S. et al. 1991):

- allgemeine Gangzyklendaten, d.h. Zahlenmaterial bzw. Funktionsverläufe der Stand- und Schwungphasendauer der Einzelbeine und Positionsänderungen
- einzelner markanter Punkte der kinematischen Kette einschließlich des Körperschwerpunktes (KSP),
- Winkeländerungen zwischen ausgewählten Extremitäten,
- translatorische und rotatorische Geschwindigkeiten und Beschleunigungen ausgewählter Körperpunkte.

Konkrete und vor allem praktikable Orientierungshilfen für den Mediziner und Therapeuten zur Energetik bzw. Effizienz des Bewegungsablaufes, Wirkungsgradbetrachtung in Relation zu real auftretenden variablen Bedingungsgefügen exo-und endogenen Charakters usw., sind nur im Ansatz in der Literatur zu finden (vgl. Margaria, R. 1982). Nicht abgeklärt sind auch Einflüsse des kalendarischen bzw. biologischen Alters, der Anthropometrie des Menschen, des Körpergewichtes und der Ganggeschwindigkeit. Nicht äußere, verallgemeinerte Bewegungsnormen stehen isoliert im

Vordergrund, vielmehr sollte nach dem Prinzip der Selbstorganisation interne, übergreifende Führungsgrößen genutzt werden. Hier sieht der Autor im Rahmen der therapeutischen Steuerung bei Polytrauma der unteren Extremitäten erheblichen Forschungsbedarf, der im Rahmen des zugrunde liegenden Untersuchungskonzeptes nicht berücksichtigt werden konnte. Eine tiefgründige Bearbeitung dieser Sachverhalte hat bezüglich der Wiederherstellung der Gehfähigkeit der Patienten einen besonders hohen Stellenwert. Zukünftige Forschung sollte den Versuch unternehmen, sowohl nach dem Prinzip der Selbstorganisation übergreifende Führungsgrößen zu identifizieren, als auch weiterführend, in Erklärung ganzheitlicher Veränderungen, die Komponenten der aktuellen Handlungsfähigkeit in ihrer wechselseitigen Bedingtheit aufzuklären. In Bezug auf die Bewegungsregulation motorischer Handlungen wird der Aspekt der Bewegungsprogrammierung (Speicherproblem) besonders betont. Aufgrund der milliardenfachen Verschaltungsmöglichkeiten des Zentralen Nervensystems (ZNS) kann vermutet werden, dass das menschliche Gedächtnis nur über eine begrenzte Speicherkapazität verfügt. Somit ist nicht davon auszugehen, dass für jede Bewegung ein eigenständiges Programm vorliegt, wie z.B. von Adams (1971), Henry & Rogers (1960) und Klapp (1975) vertreten wurde. Bernstein (1986) nahm bereits in den vierziger Jahren an, dass, durch den fehlenden, nicht eindeutigen Zusammenhang zwischen motorischem Zentrum und Peripherie, die Steuerbarkeit des Bewegungsapparates keinen starren, sondern variablen Bewegungsprogrammen zugrunde liegt und die Bewegungskoordination die Organisation bestimmt. Eng verknüpft mit dem „Speicherproblem“ ist nach Schmidt (1975) das „Neuigkeitsproblem“. Problematisch erscheint die Annahme, dass jede Bewegung vorab zentralnervös repräsentiert sein muss und somit die Erklärung neuer Bewegungsvariationen schwierig ist. Sowohl das Speicher- als auch Neuigkeitsproblem lösen Pew (1974), Schmidt (1975) und Turvey (1977) durch die Annahme abstrakter Gedächtnisstrukturen, die sich aus einer Vielzahl an Bewegungen bilden und jeweils charakteristische Elemente von Bewegungsklassen enthalten (die sogenannten GMP). Die

generalisierten motorischen Programme werden nach der Schematheorie von Schmidt (1975) als Inventarien (unaustauschbar) betrachtet, wohingegen die Parameter (Merkmale) als variable Größen aufgefasst werden. Schmidt et al. (1985) definieren als Inventarien für diskrete Bewegungen das Sequencing (die Reihenfolge der zu kontrahierenden Muskulatur), das Relative Timing (die relative Kontraktionsdauer) und die relativen Kräfte. Variable Parameter sind die Muskelauswahl, die absolute Bewegungsdauer, der absolute Krafteinsatz und der gesamte Bewegungs-Umfang. Die theoretische Grundlage der Schematheorie bilden zwei Hypothesen: die Impuls-timing Hypothese und die Formkonstanz-Hypothese. Ausgangspunkt der Impuls-timing Hypothese ist ein zentralnervös repräsentiertes motorisches Programm, welches Informationen über die Zeit und Kraft zu den entsprechenden Muskeln sendet. Damit wird jeder Muskelgruppe der Beginn, das Ende und die Intensität des Einsatzes vorgegeben. Die Formkonstanz-Hypothese nimmt auf der ersten Hypothese aufbauend an, dass die motorischen Programme zur Steuerung der relativen zeitlichen Abstände der Einzelimpulse, die durch die Muskelgruppen erzeugt werden, sowohl zeitlich (horizontal) als auch dynamisch (vertikal) proportional gestaucht bzw. gestreckt werden können (vgl. Schöllhorn 1998). Zum konkreten Ablauf einer Bewegung werden GMP anhand eines Schemas mit den spezifischen Parametern verbunden (Shapiro & Schmidt, 1982). Über das „Recall-Schema“ erfolgt die Feststellung der variablen bewegungsspezifischen Parameter. Die Beziehung zwischen den Anfangsbedingungen und dem tatsächlichen Ergebnis stellt das sogenannte „Recognition-Schema“ her, so dass zeitliche und räumliche Bewegungen in bestimmten Grenzen variieren können, ohne dass die relationale Konstanz verloren geht. Als die beiden wichtigsten, variablen Parameter werden die absolute Bewegungsdauer und der absolute Krafteinsatz angesehen, die das Impuls-timing-Muster nicht verändern. Nach der Formkonstanz-Hypothese sind sie bis zu einem gewissen Grad variabel (im Sinne des Dehnens und Stauchens) und in jedes verallgemeinerte motorische Grundprogramm einlesbar (Roth, 1989). Schmidt (1988) bezeichnet

weiterhin den Bewegungsumfang und die Winkelkonstellation als zusätzliche Programmmodalitäten, die insbesondere den Verlauf einer Bewegung charakterisieren. Ebenso die Schematheorie nach Schmidt nicht ohne weiteres in Handlungskonzepte eingeordnet werden kann (Munzert, 1989), so ist diese Theorie nicht mit Sicherheit auf alle Aufgabenklassen sportlicher Bewegungen übertragbar (Roth, 1989). Insgesamt scheint die Schematheorie als Fundament für die Aufklärung der Struktur von Aufgabenklassen des geschlossenen Typs (translatorische Bewegungen mit der Forderung nach maximaler bzw. submaximaler Vortriebsgeschwindigkeit), insbesondere für zyklische Bewegungen, wie sie das Gehen darstellt, tragfähig.

#### **6.4.3 Zum Belastungs-Beanspruchungs-Konzept**

Die Therapie- und Trainingsreize sind, in Abhängigkeit von den individuellen Voraussetzungen, vor dem Hintergrund eines stark differenzierten, individuellen Leistungsspektrums in den Übungs- und Therapiegruppen festzulegen. Insbesondere die psychologisch orientierten Arbeitswissenschaften haben versucht, die Zusammenhänge zwischen individuellen Voraussetzungen (Eigenschaften, Fähigkeiten und Fertigkeiten des arbeitenden Menschen (vgl. Laurig, 1976), den Anforderungen (Belastung) und den Arbeitsergebnissen (Beanspruchung) herzustellen. Nach Auffassung von Rohmert und Rutenfranz (in Schönplüg, 1987) werden objektive, von außen her auf den Menschen einwirkende Größen und Faktoren als Belastung, die subjektiven Folgen dieser Belastung als Beanspruchung gekennzeichnet. Zur besseren Differenzierung der unterschiedlichen Wirkungen ein und derselben Belastung auf Menschen beschreibt Laurig (1976) den Zusammenhang zwischen Belastung, Eigenschaften und Beanspruchung anhand eines Feder-Masse-Modells. Dementsprechend werden die Eigenschaften als Gegenkräfte zu den Belastungen aufgefasst. Die Beanspruchung ist folglich abhängig von der Höhe und Dauer und von individuellen Voraussetzungen (Eigenschaften, Fähigkeiten, Fertigkeiten) des Patienten. Diese Grundannahmen bieten bei entsprechender Modifikation und

Weiterentwicklung eine theoretische Grundlage für ein Modell der Belastungs-Beanspruchungsregulation in der Trainingstherapie. Ob und in welcher Form dieser Arbeitsansatz die Neuorientierung zur Entwicklung einer „trainingstheoretischen Rahmenkonzeption“ (Olivier, 2001) beeinflusst, bleibt offen. Zunächst gilt, in Anlehnung an Pickenhain (in Jensen & Schlicht, 1987), die strenge, definitionsgemäße Trennung zwischen „äußeren“ Belastungsvorgaben und „inneren“ Antwortreaktionen zu überdenken. Aus der Sicht eines systemtheoretischen Ansatzes umfasst das „System Patient / Sportler“ eine Vielzahl von Subsystemen, wie z.B. das kardiopulmonale, das motorische und das kognitive System. Jedes Subsystem für sich ist durch bestimmte Ressourcen (Mittel, die der Mensch einer Belastung entgegensetzt (nach Schönflug, 1987) charakterisiert, zeichnet sich ggf. durch Selbstorganisation aus und geht eine Vielzahl von Wechselwirkungen zu anderen Subsystemen (auch im Sinne von Kompensationsmöglichkeiten) ein. Eine sinnvolle Unterscheidung von inneren und äußeren sowie strukturellen und konsumptiven Ressourcen wird von Schönflug (1986) vorgenommen. Erweiternde Differenzierungen zum Ressourceneinsatz sind möglich (z.B. Hobfoll; Stoll, 2000). Gleichzeitig stellt das Gesamtsystem eine dynamische Beziehung zur Umwelt her (vgl. Stucke, Schega, Niklas & Stoll, 1997). Dies bedeutet weiterhin, dass die Patienten / Sportler den Belastungen nicht passiv, im Sinne eines behavioristischen Reiz-Reaktionsverständnisses ausgesetzt sind (vgl. u.a. Schlicht, 1992) Sie entscheiden beispielsweise selbst, welche Aktivitäten im Rahmen einer sportlichen Handlung notwendig bzw. möglich sind. Die handlungstheoretischen Zugänge sprechen in diesem Zusammenhang von Handlungskompetenz. Aus der Sicht der Stressforschung von Lazarus & Folkmann (1984) wird darauf verwiesen, dass „Belastung“ durch einen Bewertungsvorgang vermittelt wird. Das heißt, Belastungen sind insofern relationale Größen, weil ihre Auswirkungen im Organismus (Beanspruchung) durch Bewältigungsmöglichkeiten und Bewältigungsfähigkeiten bestimmt werden. Gleichzeitig müssen auch volitive Aspekte in die Betrachtung integriert werden. Beispielsweise

kann eine Belastungssituation passiv geduldet oder aktiv verarbeitet werden. Dies ist auch abhängig davon, mit welchem Anspruch der Patient / Sportler versucht, die Situation zu bewältigen.

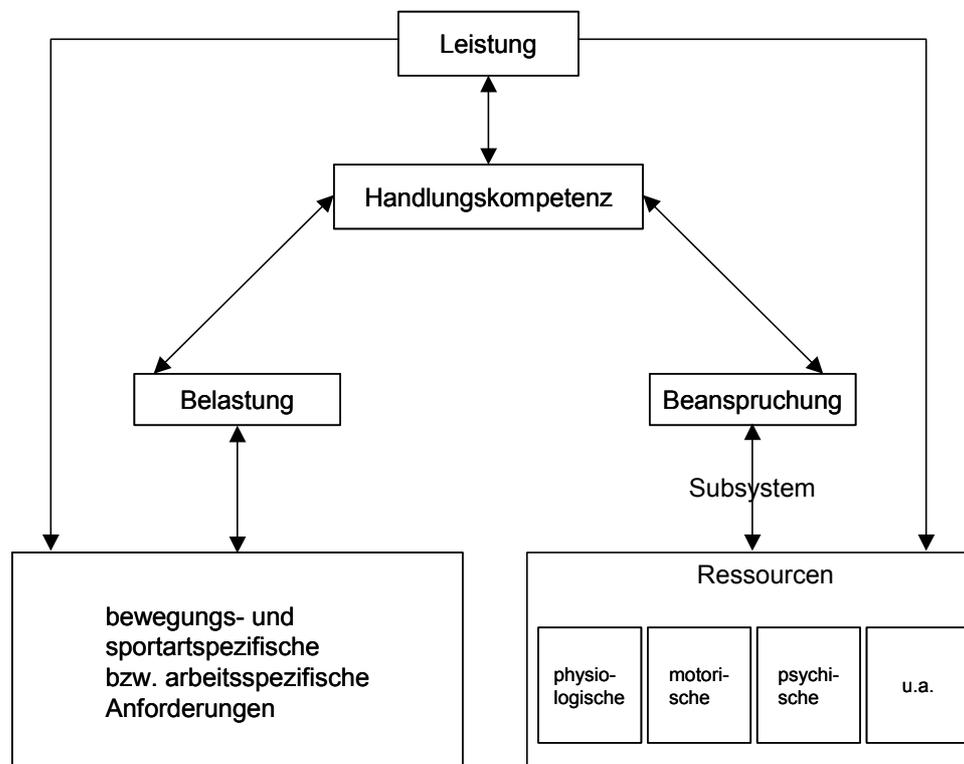


Abbildung 50: Modell zur Belastungs-Beanspruchungsregulation

#### 6.4.4 Ableitungen für die Trainingstherapie

Aus der Theoriebildung ist ableitbar, dass Handlungsfähigkeit im Sinne von Handlungskompetenz, über eine isolierte Betrachtung einzelner Ressourcen der unterschiedlichen Subsysteme (Vier-Komponenten-Ansatz) nur teilweise abgebildet werden kann. Die Integration der Überlegungen zur Handlungsfähigkeit in das Modell zur Belastungs-Beanspruchungsregulation bietet ein tragfähiges Konzept zur Klärung des Beanspruchungsverhaltens im Rahmen der trainingstherapeutischen Interventionen. Als vermittelnde Größe im Modell zur Belastungs-Beanspruchungsregulation wird die Handlungskompetenz des Individuums betrachtet. Sie entscheidet über die Ausführung der bewegungs- und sportartspezifischen Handlung auf

der Grundlage individueller Voraussetzungen (Eigenschaften, Fähigkeiten, Fertigkeiten) und Erfahrungen und führt somit zu einer individuellen Beanspruchungsreaktion. Die Qualität der Belastungsbewältigung wird vom Grad der Beanspruchung der beteiligten Subsysteme und der dynamischen Wechselbeziehungen ihrer Ressourcen bestimmt. Die erbrachte Leistung dient als Maß für die Einschätzung der aktuellen körperlichen Leistungsfähigkeit in Bezug auf das Gehen. Weiterhin kann sie, in Bezug auf die beteiligten Subsysteme und die differenzierte Ausprägung der unterschiedlichen Ressourcen, als Orientierungsgröße für die Gestaltung des Trainings- und Therapieprozesses genutzt werden.

## **7 Diskussion**

Die vorliegende retrospektive Analyse der Rehabilitationsverläufe von 20 Patienten mit Mehrfachschädigung der unteren Extremitäten, konnte entsprechend Punkt 5.2 der Arbeit nur in Form von Einzelfallanalysen durchgeführt werden. Die erarbeiteten Ergebnisse werden als Trend dargestellt. Die Uneinheitlichkeit der Dokumentation therapeutischer Interventionen durch verschiedene Leistungsanbieter wirkt sich erschwerend auf die Auswertung aus. Auch die standardisierten „Einheitlichen Reha-Entlassungsberichte“ der Rentenversicherungsträger beinhalten nur unzureichende Informationen über Qualität und Quantität therapeutischer Maßnahmen im Rahmen der medizinischen Rehabilitation. Instrumente der Dokumentation, Verknüpfung und Analyse auf der Grundlage von Informationstechnologien, konnten im Rahmen der Planung und Umsetzung von medizinischen Rehabilitationsmaßnahmen der öffentlichen Träger, nicht erkannt werden. Es kann nicht systematisiert werden, nach welchem Prinzip Therapien zu welchem Zeitpunkt, in was für einem Umfang bzw. Intensität durchgeführt wurden. Entsprechend Punkt 5.4 der Arbeit werden die eingesetzten rehabilitativen Verfahren durch die Leistungsanbieter meist nur genannt. Die Beschreibung der Maßnahmen reicht von der „Empfehlung zur selbständigen Nutzung der Kraftgeräte zum Zweck der Kräftigung“ bis zur „ergotherapeutischen

Betreuung am Motomed“. Bezüglich der Begrifflichkeit besteht die dringliche Notwendigkeit einer Vereinheitlichung. Therapiemittel müssen zweifelsfrei definiert und dokumentiert werden. Ohne eine solche Arbeitsweise, ist eine Therapiesteuerung auf der Grundlage sportwissenschaftlicher Prinzipien ausgeschlossen. Therapieeffekte lassen sich ausschließlich über die Einhaltung physiologischer Gesetzmäßigkeiten erzielen.

Die Umsetzung der Sozialgesetzgebung, auch unter den Bedingungen des SGB XI, wird dieser Gegebenheit nicht gerecht.

Aus den Ergebnissen der Untersuchung ergeben sich weitere Fragestellungen, die im Anschluss diskutiert werden sollen:

- Der Stellenwert der medizinischen Rehabilitation im Rahmen des gesamten Rehabilitationsprozesses von Unfallopfern mit Polytrauma der unteren Extremitäten.
- Case-Management unter Stärkung sportwissenschaftlicher Inhalte als Strategie zur Optimierung von Erwerbsbiographien.

Die Beibehaltung bzw. der Neuerwerb der Gehfähigkeit hat für die Lebensqualität und Arbeitsfähigkeit von Unfallopfern mit o.g. Verletzungen, elementare Bedeutung. Die unter Punkt 6.2 dokumentierten Ist-Soll-Vergleiche machen deutlich, welcher Stellenwert einer Optimierung der Steuerung der Therapie im Rahmen der Rehabilitationskette zukommt. Der Einsatz medizinischer Diagnostik ohne therapeutische Empfehlung und damit verbundener Korrektur des Ist-Zustandes, wirkt sich nicht ergebnisoptimierend aus. Die Auswirkungen dieser Unzulänglichkeit in Struktur und Prozess der therapeutischen Interventionen, haben dargestellt an den Beispielen, auf die Schadenregulierungshöhe der Haftpflichtversicherer, kostensteigernde Auswirkungen. Minimale Einspareffekte in Bezug auf Quantität und Qualität der verordneten Maßnahmen wirken sich dahingehend aus, dass die Patienten ihren Arbeitsplatz verlieren und

mit aller Voraussicht in Ermangelung von Alternativen, lebenslang vom Haftpflichtversicherer alimentiert werden müssen. Bezugnehmend auf die 2. Frage, ist davon auszugehen, dass das in der Welt einmalige System der Rehabilitation in Deutschland mit seinem Potenzial hierfür eigentlich die besten Voraussetzungen bietet. Im Gefolge der zunehmend sozio-ökonomischen Schieflage ist jedoch auch dieses System in die Diskussion geraten. Den vorwiegend ökonomisch induzierten administrativen Beschränkungen und Regelungen wurden von der Rehabilitationsindustrie bisher mit dem Argument verlorengangener Arbeitsplätze begegnet. Dieses Argument greift jedoch zu kurz. Vielmehr müsste sich das Selbstverständnis von Rehabilitation dahingehend definieren, dass es in erheblichem Umfang vorhandenes Potenzial zur Lösung der schon benannten sozio-ökonomischen Problemfelder Arbeitslosigkeit und demographische Entwicklung offenlegt.. Erhalt und Steigerung des Humankapitals muss in diesem Prozess Grundlage des Handelns sein. In diesem Kontext muss das System der Rehabilitation Aufgaben auf den unterschiedlichen Ebenen leisten. Es darf nicht nur als zeitlich begrenztes kuratives Verfahren außerhalb von Lebens- und Arbeitswelt angesiedelt sein (vgl. Badura, B. 1987). Kooperationsformen zwischen den öffentlichen Trägern, Unternehmen sowie den professionellen Akteuren wie Ärzten und Therapeuten sind gefragt. Im Rahmen dieses Kontextes ist auch das Rehabilitationsmanagement für Unfallopfer angesiedelt. Neben Therapiesteuerung und Leistungsdiagnostik verfügt der Sport auch über ein hohes Maß an sozialer Integrationskraft, welches Unfallopfern bei der sozialen und beruflichen Wiedereingliederung helfen kann.

## **7.1 Stellung und Ausblick der medizinischen Rehabilitation innerhalb des Gesundheitssystems der Bundesrepublik Deutschland**

Die Gesundheitspolitik steht an einem Scheideweg – so zumindest wird die Situation von den Hauptvertretern der jeweiligen Positionen

dargestellt. Was die Fragen der Finanzierung betrifft, ist diese Sicht der Dinge sicherlich zutreffend: Bürgerversicherung versus Aufspaltung des Leistungskataloges in Wahl- und Pflichtleistungen. So wichtig die Fragen der Finanzierung sind, sie überdecken in der aktuellen Diskussion, wie bereits in der Vergangenheit, weitere zentrale Strukturmängel unseres Gesundheitssystems, wie z.B. mangelnde Integration und Qualität, das völlig unvertretbare Ungleichgewicht zwischen den Ausgaben für Kuration und denen für Gesundheitsförderung und Prävention sowie die außerordentlich schwache Stellung der Bürgerinnen und Bürger, also der Versicherten und Patienten, im Gesundheitswesen.

Die Tendenz zu prospektiven Finanzierungsformen (Budgets, Pauschalen usw.) erhöht die Dringlichkeit für obligatorische und transparente interne und externe Qualitätssicherungsverfahren in allen Versorgungsbereichen, Teilsystemen und im Gesamtsystem.

Monetäre Steuerung, Gewinnprinzip und Wettbewerb haben empirisch in keinem der Industrieländer die versprochenen Effekte gezeigt.

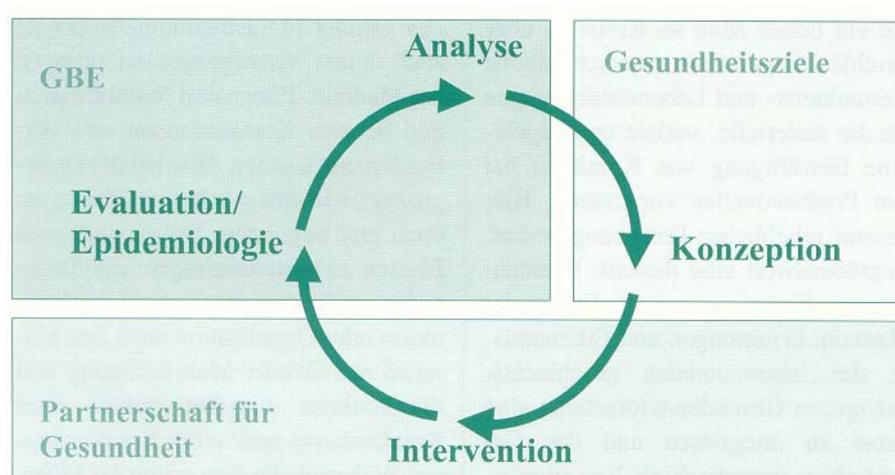
Daher sollte – im Rahmen von gestalteten differenzierten Budgets – eine steuerungspolitische Schwerpunktverlagerung auf inhaltliche Steuerung nach gesundheitlichen Zielkriterien, nachweisbar bessere Prozessqualität und Kontinuität der Behandlungskette sowie eine verstärkte Partizipation und Kooperation angestrebt werden.

Das Gesundheitssystem in Deutschland ist durch eine Vielzahl von Entscheidungsebenen mit jeweils eigener „Binnenrationalität“ geprägt.

Steuerungsinstrumente, mit denen sich gesundheitspolitische Entscheidungen bedarfsgerecht, integrativ und akteursübergreifend gestalten lassen, sind von besonderer Bedeutung. Epidemiologische Daten und eine epidemiologisch begründete Gesundheitsberichterstattung nehmen eine Schlüsselrolle für die Transparenz im System, eine rationale Ressourcenallokation und eine unabhängige, zeitlich kontinuierliche und nachhaltige Ziel- und Ergebnisorientierung ein.

Epidemiologische Daten und Erkenntnisse sind Voraussetzung um in der medizinischen Rehabilitation begründbare Zielformulierungen zu erstellen. Gesundheitliche Ziele wiederum sind Voraussetzung für eine

rationale Gesundheitspolitik, welche vergleichsweise weniger anfällig gegenüber Gruppeninteressen ist als die herkömmliche Praxis. Auch epidemiologische Daten sind hinsichtlich ihrer Qualität zu prüfen. Die kritische Würdigung epidemiologischer Entscheidungsgrundlagen muss selbst wieder nach rationalen Kriterien erfolgen, wie dies im Rahmen von evidence-based medicine bzw. evidence-based health care heute geschieht. Konkrete Anwendungsbeispiele für die epidemiologisch fundierte gesundheitspolitische Entscheidungsfindung sind Health Technology Assessment, Evidenz-basierte Leitlinien und Disease Management Programme.



**Abbildung 51: Gesundheitspolitisches Aktions- und Evaluationsmodell**

(Abb. aus Überla und Wildner, Epidemiologie als Grundlage für gesundheitspolitische Entscheidung)

Diagnosis-Related-Groups-Systeme (DRG-Systeme) oder Fallpauschalen gibt es weltweit schon seit fast 20 Jahren. Für den Akut-Sektor in Deutschland hat der Gesetzgeber mit dem GKV-Gesundheitsreformgesetz in § 17 b Krankenhausfinanzierungsgesetz (KHG) vorgegeben, dass zum 01.01.2003 ein pauschalierendes Entgeltsystem einzuführen ist. Für die Rehabilitation stellt sich mit dieser Entscheidung die Frage, inwiefern sie und speziell das Vergütungssystem in der Rehabilitation von der Einführung des DRG-Systems im Akut-Sektor betroffen ist. Das derzeitige Rehabilitationsvergütungssystem der Rentenversicherer basiert auf einer individuellen Verhandlung, deren Grundlage der vereinbarte

medizinische Therapie-Stellenplan sowie die Sach- und Kapitalkosten (monistische Finanzierung) sind. Neben marktpreisorientierten Tagessätzen basiert das gegenwärtige System auf indikationsbezogenen Richtwerten für die durchschnittliche Dauer der Rehabilitationsmaßnahmen. Die Richtwerte für die durchschnittliche Behandlungsdauer in einer Rehabilitationseinrichtung wurden 1996 indikationsspezifisch auf Basis von indikationsbezogenen Analysen der tatsächlichen Verweildauer der Vorjahre festgelegt und seither mehrfach der Entwicklung angepasst. Die Richtwerte stellen den Rahmen für die Rehabilitationseinrichtung dar, innerhalb dessen sie jeweils im konkreten Einzelfall über die für einen Rehabilitanden nach dessen individuellem Bedarf erforderliche Rehabilitationsdauer, die für die Erreichung des Rehabilitationszieles erforderlich ist, entscheidet. Gleichzeitig steht dem Rentenversicherungsträger mit dem Produkt aus Tagessatz und Verweildauer eine Obergrenze für die Kosten von Rehabilitationsleistungen in einer Einrichtung fest. Es existiert also bereits eine Quasi-Fallpauschale bzw. eine einrichtungsspezifische Pauschale. Im Bereich der medizinischen Rehabilitation verzeichnete die Bundesanstalt für Angestellte im Jahr 2000 ca. 375 000 erbrachte Rehabilitationsleistungen. Über die sich unmittelbar an einen Krankenhausaufenthalt anschließende AHB ist das künftige Vergütungssystem im Krankenhaus mit der Rehabilitation verbunden. Die AHB wird von Seiten des Krankenhauses initiiert. BfA-interne Auswertungen zeigen, dass im AHB-Bereich in den Jahren 1992-2000 erhebliche Verweildauerrückgänge zu verzeichnen sind. Die Verweildauer im Akut-Krankenhaus und die Therapiedauer in der Rehabilitationsklinik haben sich parallel rückläufig entwickelt.

Mit der Einführung des DRG-Systems ist davon auszugehen, dass sich auch künftig der Trend zu weiterer Verkürzung der Verweildauer im Akut-Krankenhaus fortsetzen wird. Ein spezielles Augenmerk wird auch auf den Zeitraum zwischen dem Aufenthalt im Akut-Krankenhaus und der Aufnahme in die Rehabilitationsklinik zu richten sein.

Aus der Summe der Liegezeit im Akut-Krankenhaus und der Verlegungszeit ergibt sich die Gesamtzeit seit dem Akutereignis, die Einfluss auf die Rehabilitationsfähigkeit des Patienten hat. Die Behandlungsdauer in der Rehabilitation ist differenziert zu betrachten, so dass das primäre Ziel einer Weiterentwicklung des Vergütungssystems in der Rehabilitation nicht eine Verweildauerverkürzung sein kann. Rehabilitative Elemente spielen in der Definition und der Kalkulation der australischen DRG kaum eine Rolle. Sollten die DRG ohne Berücksichtigung der frühmobilisierenden und frührehabilitativen Leistungen auf deutsche Verhältnisse übertragen werden, droht eine Reduzierung der bislang erbrachten rehabilitativen Leistungen im Krankenhaus auf ein Minimum. Der Aufbau von zusätzlichen Versorgungsstrukturen im Krankenhausbereich könnte weiterhin zu einer Selektion der Patienten führen. Das hätte zur Folge, dass weniger pflege- und therapieaufwendige Rehabilitanden im Rehabilitationsbereich des Krankenhauses therapiert und höher pflege- und therapieaufwendige Rehabilitanden in eine Rehabilitationsklinik überwiesen würden. Auf Seiten der Rehabilitationsklinik würden dann aufgrund der Fallschwere höhere Kosten und damit Druck auf die Vergütung entstehen. Die durchschnittlichen Kosten pro Behandlungsfall würden steigen. Auf Seiten der Rentenversicherungsträger hätte dieses „Rosinenpicken“ in schwere und leichte Rehabilitationsfälle einerseits und steigende Fallzahlen in der AHB andererseits zur Folge, dass es bei bestehendem Budgete innerhalb der Rehabilitation zu Umverteilungen kommen würde. Steigende AHB mit pflegeaufwendigeren Rehabilitanden würden dann zu einem höheren Budgetanteil führen, der zu Lasten des allgemeinen Rehabilitationsverfahrens und der beruflichen Rehabilitationsleistung ginge. Eine reine Adaption der medizinischen Rehabilitation an das DRG-System erscheint nicht sinnvoll, da es sich um ein ausschließlich diagnosebezogenes System handelt. Eine integrative Rehabilitation erfordert die Berücksichtigung von körperlichen, geistig-seelischen und sozialen Krankheitsfolgen, von Kontextfaktoren, Krankheitsrisiken und persönlichen Ressourcen als Voraussetzung für einen optimalen

Behandlungserfolg. Rehabilitationsspezifische Lösungen müssen auch in Vergütungsfragen stets berücksichtigt werden. Insbesondere ist von Bedeutung, dass es eine einheitliche Lösung sowohl für das allgemeine Rehabilitationsverfahren als auch für die AHB und die ambulante Rehabilitation gibt (vgl. Egner, U. et al. 2001). Wichtige Impulse für die Weiterentwicklung des Vergütungssystems-Rehabilitation sind auf der Grundlage von Leitlinien für die medizinische Rehabilitation zu erwarten. Auf den momentanen Stand der Entwicklung und die Kompliziertheit, gerade für die beschriebenen Verletzungsmuster von Unfallopfern, ist im Rahmen der Arbeit ausführlich eingegangen worden. Als von einem privaten Rehabilitationsdienstleister bereits praktizierter Lösungssatz, bietet das in der Schrift vorgestellte modulare Rehabilitationsverfahren zur Erhöhung der Effizienz der medizinischen Rehabilitation für Patienten mit Zustand nach Polytrauma mit Mehrfachschädigung der unteren Extremitäten auf der Grundlage sportwissenschaftlicher Inhalte eine hervorragende Arbeitsgrundlage, die rehabilitativen Möglichkeiten der Patienten im Rahmen eines Case-Managements besser auszuschöpfen.

Eine wissenschaftliche Begründung der Quantität und Qualität medizinischer Rehabilitation bzw. die Steuerung des Einsatzes von Therapiemitteln in Kausalität zu bestimmten Verletzungsmustern der unteren Extremitäten, lässt sich nur unter einem komplexen Forschungsansatz ermitteln. Dieser reicht von der Weiterentwicklung der Messtechnik bis zur Festlegung von Evaluationskriterien.

Ziel sollte eine durchgängige Steuerung des Heilverfahrens von Patienten mit Polytrauma nach Zustand von Mehrfachverletzungen der unteren Extremitäten, unter trainingswissenschaftlichen Aspekten sein.

Erste praxisbezogene Ergebnisse darauf hin, dass Haftpflichtversicherer im Rahmen ihrer Schadenregulierung über diesen eingeschlagenen Weg des Case-Managements, deutliche Einsparungen erzielen.

## **8 Zusammenfassung**

Basierend auf der Erörterung von Verletzungsmechanismen am Bewegungsapparat wurden weitere themenrelevante Inhalte wie,

biomechanische Grundlagen, medizinische Rehabilitation und deren gesetzliche Grundlagen sowie trainingstherapeutische Interventionen aus Sicht der medizinischen Rehabilitation, dargelegt. Ausgehend von der Forderung des Gesetzgebers, medizinische Rehabilitation insbesondere in Bezug auf ihre Wirksamkeit und Qualität auf der Basis wissenschaftlicher Untersuchungen fortzuentwickeln, wurden 20 Originalunfallakten entsprechend der dokumentierten Rehabilitationsverläufe untersucht. Der Beginn der Rehabilitationssteuerung durch den Dienstleister erfolgte zu unterschiedlichen Phasen des Verlaufes der medizinischen bzw. beruflichen Rehabilitation und unter der Zielstellung der Verfahrensoptimierung. Der Zeitpunkt der Beauftragung ist durch den Haftpflichtversicherer festgelegt und kann durch den Dienstleister nicht beeinflusst werden. Es wurde festgestellt, dass die durch öffentliche Träger initiierten rehabilitativen Maßnahmen weder den Kriterien einer wissenschaftlichen Therapiesteuerung standhalten, noch in Qualität und Quantität geeignet sind, die individuellen Rehabilitationspotenziale der Patienten mit Zustand nach Polytrauma der unteren Extremitäten auszuschöpfen. Die Rehabilitationskette erweist sich i.d.R. als sehr lückenhaft. Nur der Einsatz leistungsdiagnostischer Verfahren ermöglicht eine, sportwissenschaftlichen Erkenntnissen gerecht werdende Therapiesteuerung sowie die Installierung von Mechanismen der Qualitätssicherung im Rehabilitationstraining. Therapeutische Effekte lassen sich mit einer Ganganalyse objektivieren und erlauben Rückschlüsse auf die Wirksamkeit der Heilbehandlung. Der Einsatz der Neutral-Null-Methode ist entsprechend den Anforderungen an die Qualitätssicherung nicht ausreichend. Erste Arbeitsergebnisse des Case-Managementansatzes unter Einbeziehung leistungsdiagnostischer Verfahren wurden erörtert. Bezüglich der weiteren Aufhellung der aufgezeigten Problematik ergibt sich umfangreicher Forschungsbedarf. Die Haftpflichtversicherer sind angehalten, die Heilverfahrenssteuerung möglichst zeitnah zum Unfallgeschehen, an den Rehabilitationsdienstleister abzugeben. Unter Einbeziehung weiterer Haftpflichtversicherer in das

Rehabilitationsmanagement und der damit verbundenen Erhöhung der Fallzahlen ist es notwendig, wissensbasierte Systeme zu entwickeln, mit deren Hilfe es möglich sein wird, trotz eines hohen Grades an Individualität der medizinischen Rehabilitation von Beinverletzungen, zur Erstellung von rehabilitativen Leitlinien beizutragen.

## 9 Literaturverzeichnis

Abernethy, B. & Sparrow, W.A.: This rise and fall of dominant paradigms in the Motor Behavior Research. In: J.J. Summers (Ed.), Approches to the study of motor control and learning (pp.3-45) Amsterdam 1992

Adams, J.A.: A closed loop theory of motor learning. Journal of Motor Behavior, 3 (pp. 111-150) 1971

Aebi-Müller, J., Gloor-Moriconi, I., Koch, P.: Funktionelle Nachbehandlung von Patienten mit künstlichem Hüftgelenk. Bern u.a. 1997

AG-Reha-Ökonomie im Förderschwerpunkt Rehabilitationswissenschaften. Teil I: Prinzipien und Empfehlungen für die Leistungserfassung (Hessel, F., Kohlmann, T., Krauth, C., Nowy, R., Seitz, R., Siebert, U., Wasem, J.). Teil II: Bewertung der Ressourcenverbräuche ( Burchert, H., Hansmeier, T., Hessel, F., Krauth, C., Nowy, R., Seitz, R., Wasem, J.) 1999

Alvarez-Dardet, C. et al., Thomas McKeown and Archibald Cochrane: a journey through the diffusion of their ideas. BMJ (1993) May 8; 306 (6887): 1252-4

American College of Physicians and Infectious Diseases Society of America. Human immunodeficiency virus (HIV) infection. Ann Intern Med 120, S.310, 1994

Angele, J., Fensel, D., Studer, R.: Vorgehensmodelle für die Entwicklung wissensbasierter Systeme. In: Kneuper, R., Müller-Luschnat, G., Oberweis, A. (Hrsg.): Vorgehensmodelle für die betriebliche Anwendungsentwicklung. B.G. Teubner, Stuttgart/Leipzig,

S. 168-188, 1998

Appell, H.-J.: Muscular atrophy following immobilisation. A review. Sports Med. 10, S. 42-58, 1990

Arnold, W. (Hrsg.): Kompaktlehrbuch Physiotherapie Orthopädie. München 1999

ASTM Standard Spezifikation for Defining and Sharing Modular Health Knowledge Bases (Arden-Syntax for Medical Logical Modules) Annual Book of ASTM-Standarts, Volume 14.01, ASTM, Philadelphia 1993, S. 547

AWMF-Memorandum: Physikalische Medizin und Rehabilitation. "Prävention, Standarts, und zukünftige Entwicklungen in den medizinischen Spezialgebieten" Kapitel Epidemiologie: Physikalische Rehabilitation, 1995

[http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/gb/e\\_mrehab.htm](http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/gb/e_mrehab.htm)

Ballmer, F.T. Nötzli, H.P.: Behandlungskonzept bei komplexen Tibiafrakturen. In: Swiss Surg 1998; 4 S. 288-295

Ballreich, R.: Modellierung in der Biomechanik. In: Willimczik, K. (Hrsg.): Biomechanik der Sportarten. Reinbeck 1989, S. 101-125

Ballreich, R. Kuhlow, A.: Beiträge zur Biomechanik des Sports. Schorndorf 1980.

Banzer, W., Pfeifer, K., Bernhardt, M.: Neuromuskuläre Aktivierung in der späten postoperativen Phase bei funktionellen dynamischen Tests. In: Scholle, Struppeler, Freund, Hefter, Schuhmann (Hrsg.): Motodiagnostik - Mototherapie, Mayer Verlag Jena, S. 253-262, 1994

Barrack, R.L, Skinner, H.B., Buckley, S.L.: Proprioception in the anterior

cruciate deficient knee. Am. J. Sports Med. 17,,  
S. 1-6, 1989

Barrack, R.L., Lund, P.J., Skinner, H.B.: Knee joint proprioception revisited. J. of Sport Rehab. 1, S. 18-42, 1994

Barrett, D.S.: Proprioception and function after anterior cruciate reconstruction. J. Bone Joint Surg. 73, S. 833-837, 1991

Bartel, M., Kempter, M.: Zur Luxation im Kniegelenk. Monatsschr Unfallheilkd 70: S. 20-26, 1967

Bartonietz, K.: Isokinetik in der Leistungsdiagnostik - Ein Überblick. In: Leistungssport. Jg. 26, Heft 1, S 5-12, 1996

Basmajian, J.V., DeLuca, C.J.: Muscles alive. Their functions revealed by electromyography. Williams & Wilkins, Baltimore, London, Sidney 1985

Beard, D.J., Kyberg, P.J., Fergsson, C.M., Dodd, C.A.F.: Proprioception after anterior cruciate reconstruction. J. Bone Joint Surg. 75, S. 311-315

Begutachtungs-Richtlinien Vorsorge und Rehabilitation 2001  
[http://www.vdak.de/reha/begutachtungs\\_rl\\_120301.pdf](http://www.vdak.de/reha/begutachtungs_rl_120301.pdf)

Behrens, J.: Das reha -ärztliche Mandat zur Einschaltung des Betriebsarztes: Ein ISIS-Vorschlag zur Schnittstellengestaltung durch Rentenversicherung und Rehabilitationskliniken. In: VDR (Hrsg.): Zusammenarbeit von Forschung und Praxis. 5. Rehabilitationswissenschaftliches Kolloquium, 6.-8. März 1995 in Freyung, S.285-286. Frankfurt/M. 1995

Berger, R. und Partner GmbH: Im Auftrag des Bundesministerium für

Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Gesundheit: Telematik im Gesundheitswesen - Perspektiven der Telemedizin in Deutschland. München, 1997

Bernstein, N.A.: Bewegungsphysiologie. Leipzig: Barth 1988

Berthold, F., Dietrich, L.: Die Zwei-Waagen-Probe - eine Methode zur Einschätzung des Rehabilitationsverlaufes nach einseitigen Kniegelenkverletzungen. In: Medizin und Sport. Jg. 28, 1988, Heft 4, S. 116-118

Bürgerliches Gesetzbuch BGB § 249

Biefang, S., Potthoff, P., Schliehe, F.: Assessmentverfahren für die Rehabilitation. Göttingen: Hochgräfe 1999

Binkowski, H., Hoster, M., Nepper, H.U. (Hrsg.) Medizinische Trainingstherapie. Waldenburg: Sport Consult 1997

Binkowski, H., Hoster, M., Nepper, H.U.: Medizinische Trainingstherapie in der ambulanten orthopädischen und traumatologischen Rehabilitation. Sport Consult, Waldenburg 1998

Blankenship, K.: Industrial Rehabilitation: A Seminar Syllabus, American Therapeutics, Inc. 1990

Böger, W., Hoppe, K., Möller, F.W.: Physiotherapie in der Orthopädie und Rheumatologie. 2. Aufl. Stuttgart 1995

Boon, A.J., Smith, J., Zobitz, M.E., Kimberly, M.A.: Snowboarder`s Talus Fracture-Mechanism of Injury. Am. J. Sports Med. Vol. 29, No. 3, May/June 2001, pp 333-338

Brand, B., Buchgraber, A., Pässler, H.H.: Veränderungen des Koordinationsvermögens vor und nach einer Kreuzbandruptur. Arthroscopie. 9, S. 91-95, 1996

Braune, W., Fischer. O.: "Der Gang des Menschen. 1. Teil: Versuche am unbelasteten und belasteten Menschen", Abhandlungen der mathematisch-physischen Gesellschaft der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften Bd. XXXV, Leipzig 1895

Braus, A: Anatomie des Menschen. Bd. I, 3. Aufl., Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1956

Brehm, W.: Ziele und deren Sicherung im Gesundheitssport mit der Orientierung Prävention und Gesundheitsförderung. Gesundheitssport und Sporttherapie, 16, S. 160-162, 2000

Brill, W., Hopf, Th.: Biomechanische Untersuchungen verschiedener Osteosyntheseverfahren bei Patella - Querfrakturen. Unfallchirurg 90: S.162-172, 1987

Bronner, O.: Die unteren Extremitäten und ihre funktionelle Behandlung nach Verletzungen und bei anderen Störungen. Pflaum Verlag München, 1992

Buchbauer, J., Steininger, K.: Funktionelles Kraftaufbautraining in der Rehabilitation. Komplette Programme zum medizinischen Aufbautraining. Urban & Fischer Verlag München Jena 2001

Buhmann, H., Schleicher, W., Urbach, D., Schultz, W.: Elektromyostimulation und isokinetisches Training in der Rehabilitation nach Operationen des vorderen Kreuzbandes - eine randomisierte, prospektive Studie. In: Physikalische Rehabilitation und Kurative Medizin. Heft 8, S. 13-16, 1998

Bührlen, B., Gerdes, N., Zwingmann, C., Jäckel, W.H.:

Operationalisierung von Therapiezielen für die Überprüfung Zielrichtung in der Rehabilitation. In: J. Bengel & W.H. Jäckel (Hrsg.), Zielorientierung in der Rehabilitation, S. 125-131 Regensburg: S. Roderer, 2000

Bührlen, B.: Bewegungstherapeutische Interventionen: Ziele, Operationalisierbarkeit und Intervention aus rehabilitationswissenschaftlicher Sicht. In: Gesundheitssport und Sporttherapie 17, S. 169-174, 2001

Bührlen, B., Glattacker, M. & Jäckel, W.H.: Ambulante bzw. teilstationäre Rehabilitation: Inanspruchnahme, spezifische Vor- und Nachteile und Hinweise zur differentiellen Indikation. In: Verband Deutscher Rentenversicherungsträger (Hrsg.) Teilhabe durch Rehabilitation. 11. Rehabilitationswissenschaftliches Kolloquium 04.-06.2002 München, S. 29-30

Bulgheroni, P., Bulgheroni, M.V., Andrini, L., Guffanti, P., Giughello, A.: Gait patterns after anterior cruciate ligament reconstruction. Knee Surg. Sports Traumat. Arthos, 1, S. 14-21, 1997

Bullinger, M., Kirchberger, I.: SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand. Göttingen Hochgräfe 1998

Bürger, W. & Koch, U.: Wie groß ist der Bedarf für ambulante Formen der Rehabilitation im Bereich der Orthopädie ? - Ergebnisse eines Mehrperspektivenansatzes. Die Rehabilitation, 38, (1) 1999, S. 12-23

Bürger, W. & Buschmann-Steinhage, R., Rehabilitative Angebotsformen. In: Bengel, J. & Koch, U. (Hrsg.) Grundlagen der Rehabilitationswissenschaften. Berlin: Springer-Verlag 2000, S. 139-162

Bürger, W.: Ambulante und stationäre orthopädische Rehabilitation. Ein Vergleich von Strukturmerkmalen, Wirksamkeit und Kosten.

Abschlussbericht der wissenschaftlichen Begleitung im Rahmen der Empfehlungsvereinbarung von Kranken- und Rentenversicherung zur ambulanten/teilstationären Rehabilitation für den Indikationsbereich Orthopädie

Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Abteilung für Medizinische Psychologie, AG Rehabilitationsforschung 2002

Buchanan, B., Shortliffe, E.: Rule-Based Expert-Systems, Massachusetts, Menlo Park: Addison-Wesley Publishing Company 1984

Bundesarbeitsgemeinschaft für Rehabilitation BAR / <http://www.bar-frankfurt.de/publik/publik.htm>

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF), Förderschwerpunkt "Rehabilitationswissenschaft" Pressekonferenz 01.06.1998

Burstein, A.H.: Biomechanik in Orthopädie und Traumatologie / Albert H. Burstein; Timothy M. Wriarth. Dt. Übersetzung von Therese Apweiler. fachl. überarb. von Hanno Felder. Stuttgart; New York: Thieme 1997

CBO-Centraal Begeleidingsorgaan: National Organization for Quality Assurance in Hospitals; WHO Collaborating Centre for Quality Assurance. In: Health Care im Internet unter <http://www.cbo.nl>

Cicotti, M.G., Kerlan, R.K., Perry, J., Pink, M.: An electromyographic analysis of the knee during functional activities. Am. J. Sports Med. 5, S. 651-657, 1994

Cochrane, G. Van B (Hrsg.): Orthopädische Biomechanik. Buchreihe: Bücherei des Orthopäden, Bd. 51. Enke Verlag Stuttgart, 1988

Cochrane AL. AL Cochrane (obituary) BMJ; 297: 63, 1988

cohort info Mittelungsblatt der Studenten und Absolventen des Münchner Studiengangs Public Health, Aktuelles Thema: Evidence Based Medicine (EBM) 1998 <http://www.med.uni-muenchen.de/ibe/phstud/report1.html>

Cook, D.J., Guyatt, G.H., Laupacis, A., Sackett, D.L.: Rules of evidence and clinical recommendations on the use of antithrombotic agents. Chest 1992; 102, Suppl 4: S. 305-311, PubMed

Debrunner, H.U.: Biomechanik des Fußes. Enke-Verlag Stuttgart 1985

De Dombal, F.T.: Computer-Aided Diagnosis of Acute Abdominal Pain: The British Experience. In: Dowie, J., Elstein, A.: Professional Judgment. New York: Cambridge University Press 1988

Dellbrück, H., Haupt, E.: Rehabilitationsmedizin, Urban & Schwarzenberg 1996

Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Traumatologie (DGOT) + Berufsver. der Ärzte für Orthopädie (BVO) (Hrsg.) Leitlinien der Orthopädie. Dt. Ärzte-Verlag, Köln 1999

Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI): SOP zur Literaturrecherche. [www.dimdi.de/germ/evalua](http://www.dimdi.de/germ/evalua) (Stand 09/2001)

Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) <http://www.dimdi.de/germ/klassi/lis-klassi.htm>

Anhang: Verletzungen der Hüfte und des Oberschenkels S70-S79

Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) 2002 <http://www.dimdi.de/de/dimdi/index.htm>

DIN Taschenbuch 223: Qualitätsmanagement und Statistik - Begriffe, TÜV-Verlag GmbH 2002

Dirix, A., Knuttgen, H.G., Tittel, K.: Olympiabuch der Sportmedizin. Deutscher Ärzte-Verlag Köln 1989

Disability prevention and rehabilitation, Report of the WHO Expert Committee on Disability, Prevention and Rehabilitation World Health Organisation Technical Report Series 668, WHO, Geneva 1981

Dischinger, P.C., Cushing, B.M., Kerns, T.J.: Injury patterns associated with direction of impact: drivers admitted to trauma centers. J Trauma 35 (1993): pp. 454-485

Ditzen, W., Börner, M.: Konservative Behandlung von Unterschenkelfrakturen. Trauma Berufskrankheit, Bd. 4, Heft 1, S. 72-79, 2002

Dohnke, B, Blau, R., Wilhelm, B., Müller-Fahrnow, W.: Outcome-orientiertes Qualitätsmanagement in der orthopädischen Rehabilitation - auf dem Weg zu einer empirisch begründeten best practic. Zeitschrift für ärztliche Fortbildung und Qualitätssicherung, 96 (1), S. 37-42, 2002

Dörner, D.: Problemlösen als Informationsverarbeitung. 2. Aufl., Kohlhammer, Stuttgart, 1979

Dresdner Transferbrief, Projekt Verkehrsunfallforschung, Ausgabe 03/2001

Dubs, L.: Diagnostik mit Hilfe der Entscheidungsanalyse (Clinical Decision Making), Schweizerische Ärztezeitung, 80 S. 785-787, 1999

Dudek, J., Bürkle, Th., Taffazoli, A.G., Altmann, U., Joch, J., Ruan, W.: Wissensbasierte Systeme und Datenbanken in Medizinischen Informationssystemen. Institut für Medizinische Informatik Gießen 2001, Institut für Telematik unter Betreuung der Fraunhofer-Gesellschaft. [http://www.ti.fhg.de/trierer\\_symposien/telemedizin/symp\\_dudek.html](http://www.ti.fhg.de/trierer_symposien/telemedizin/symp_dudek.html)

Dye, S./Cannon, W.: Anatomy and biomechanics of the anterior cruciate ligament. In: Clinical sports medicine. Jg. 07,1988, Heft 4, S. 715-724

Ebrahim, S.B. et al.: Low dose beta blockade in acute stroke: an evaluation. BMJ. 296, S.111, 1988

Egner, U., Gewinn, H. Müller-Fahrnow, W., Schliehe, F.: Das Qualitätssicherungsprogramm der gesetzlichen Rentenversicherung für den Bereich der medizinischen Rehabilitation. Rehabilitation (37) Supplement 1: S. 2-7, 1998

Egner, U., Verbarq, A. : Das DRG-System im Krankenhaus und seine Auswirkungen auf die Rehabilitation. DAngVers 11/01, 2001

Ehlenz, H., Grosser, M., Zimmermann, U., Zintl, F. Krafttraining: Grundlagen, Methoden, Übungen, Leistungssteuerung, Trainingsprogramme. München: BLV Sportwissen, 1995

Einsingbach, T.: Aktive und passive Therapieformen bei gesunden Sportlern und bei Sportverletzten. In: Einsingbach, T., Klümper, A., Biedermann, L.: Sportphysiotherapie und Rehabilitation. Stuttgart, New York, S. 2-189, 1988

Eisenlauer, H.G.: Medizinische Trainingstherapie und Rehabilitationsdauer. Gesundheitssport und Sporttherapie 13, Nr. 4; S. 100-102, Sport Consult Verlag GmbH 1997

Ekdahl, C., Broman, G.: Muscle strenght, endurance and aerobic capacity in rheumatoid arthritis. In: Ann. Rheum. Dis. 51 S. 35-40, 1992

Elmqvist, L.G., Lorentzon, R., Johannsson, C., Langstrom, M., Fagerlund, M., Fugl-Meyer, A.R. Knee extensor muscle function befor and after reconstruction of anterior cruciate ligament tear. Scand. J. Rehabil. Med. 3, S. 131-139, 1989

Endler, F.: Einführung in die Biomechanik und Biotechnik des Bewegungsapparates. In: Witt, A.N. et al.: Orthopädie in Praxis und Klinik, Band 1, Thieme-Verlag, Stuttgart 1981

Erbstößer, S.: Studie zur Bestandsaufnahme und Einschätzung von FCE-Systemen - Ergebnisse einer Befragung. Verband Deutscher Rentenversicherungsträger, Frankfurt am Main. In: Tagungsband (Hrsg. Schuntermann, M.F., Schliehe, F.) des 11. Rehabilitationswissenschaftlichen Kolloquiums, Teilhabe durch Rehabilitation vom 4.-6. März 2002 in München

Erstkommentierung des Sozialgesetzbuches - Neuntes Buch - (SGB IX) Rehabilitation und Teilhabe behinderter Menschen, (Hrsg.) Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Berufsverband der Unfallkassen, Berufsverband der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften, 2001

Erich, D., Gebel, R.: Aufbautraining nach Sportverletzungen. Münster 1992

Erich, D., Gebel, R.: Therapie und Aufbautraining nach Sportverletzungen. Grundlagen, Therapie-Praxis, Übungen. Philippkia-Verlag 2000

Evans, L., Frick, M.C.: Seating position in cars and fatality risk. Am J Public Health 78 (1988): pp 1456-1485

Faller, H., Haaf, G., Kohlmann, Th., Löschmann, Ch., Maurischat, C., Petermann, F., Schulz, H., Zwingmann, Ch.: Orientierungshilfen und Empfehlungen für die Anlage, Durchführung und Interpretation von Studien in der Rehabilitationsforschung. DRV-Schriften, 16, S. 9 - 51, 1999

Felder, H.: Die Therapiesteuerung im Rehabilitationsprozess verletzter Sportler - Vorstellung eines Konzeptes. In: Gesundheitssport und Sporttherapie. 14, S. 8-11, 1998

Felder, H., Deubel, G., Merkel, M.: Ambulante Rehabilitation, Physiotherapie - Physikalische Therapie - Medizinische Trainingstherapie. Thieme Verlag Stuttgart 1998

Fidelius, K., Stache, H.J., Schille, D.: Elektromyographische Untersuchungen der Beuge- und Streckmuskulatur des Kniegelenks beim Muskelkrafttraining. Med. u. Sport 6, S. 111-116, 1966

Fischer, A.: Die Arbeitszeit als Parameter für Rente wegen verminderter Erwerbsfähigkeit aus juristischer Sicht. Med Sach, 88, S 76-79, 1992

Fisher, N.M., Pendergast, D.R.: Application of qualitative and progressive exercise rehabilitation to patients with osteoarthritis of the knee. In: J. Back Musculoskel. Rehabil. 5, S. 33-53, 1995

Flatau, B.: Arbeitsplatzbezogene Therapie im Rahmen der Medizinischen Trainingstherapie. In: Gesundheitssport und Sporttherapie, 16, S. 36, 2000

Förster, B.: Organisation und Struktur in der Gesetzlichen Unfallversicherung in Deutschland. Papers from the 1999 Congress on Medical-Legal Aspects of Work Injuries, INSTITUT FOR WORK & HEALTH, 1999

Franke, K. et al.: Traumatologie des Sports. VEB Verlag Volk und Gesundheit Berlin 1986

Freiwald, J.: Prävention, Rehabilitation und Sport. Rowoldt, Reinbeck 1989

Freiwald, J., Jäger, A., Starker, K.: EMG-gestützte Funktionsanalyse im Rahmen einer Nachuntersuchung nach arthroskopisch versorgten vorderen Kreuzbandverletzungen. In: Sportverletzung Sportschaden, Jg 7. 1993, Heft 3, S.122-128

Freiwald, J., Engelhard, M.: Neuromuskuläre Dysbalancen in Medizin und Sport. D. Zt. Sportmedizin, 47 (3) S. 99-106, 1996

Freiwald, J., Gnewuch, A., Engelhardt, M., Reuter, I., Konrad, P.: Trainingstherapie nach Verletzungen des Kniegelenkes. Krankengymnastik, 2, S.228-242, 1998

Friden, J., Sjöström, M.: Effects of eccentric training on muscle strength an structur. Med. Sci. Sports 14, S. 169, 1982

Frick, U., Schmidtbleicher, D., Schlumberger, A.: Maßnahmen zur Qualitätssicherung durch leistungsdagnostische Verfahren im Rehabilitationstraining. In: Prävention und Rehabilitation des Haltungs- und Bewegungsapparates: vom 3.-5.4.1997 in Oldenburg / Volker Zschorlich (Hrsg.) Hamburg: Czawalina, Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft; Bd. 103, 1999

Friedebold, G., Strand, F., Stoboy, H.: Strength and endurance in the training of normal and atrophic muscle in man. Am. Correct Ther. J. 22, s. 39, 1968

Froböse, I., Lagerström, D.: Muskeltraining in Prävention und

Rehabilitation nach modernen trainingswissenschaftlichen Prinzipien. In: Gesundheitssport und Sporttherapie 7, S. 9-13, 1991

Froböse, I.: Apparatives Muskeltraining im Rahmen der Trainingstherapie bei Sport- und Unfallverletzten. In: Krankengymnastik, Heft 44, S. 738-743, 1992

Froböse, I.: Isokinetisches Training in Sport und Therapie. Steuerung des Trainingsaufbaus nach Sport- und Unfallverletzungen. 2. Auflage, Schriften der Deutschen Sporthochschule Köln, Band 23, Academia Verlag, Sankt Augustin, 1996

Froböse, I., Nellessen, G. (Hrsg.): Training in der Therapie. Wiesbaden 1998

Frölich, M., Heshmati, H., Lechner, M.: Mikroökonomische Evaluierung berufsbezogener Rehabilitation in Schweden. Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik 2000, 136, S. 433-461

Froese, E.: Dialogistisches Reha-Management-Ausdruck eines zeitgemäßen Selbstverständnisses eines Unfallversicherungsträgers, Verwaltungs-Berufsgenossenschaft, Hauptverwaltung-Rehabilitationsstab, Deelbögenkamp 4, 22297 Hamburg

Fukunaga, T.: Die absolute Muskelkraft und das Muskeltraining. Sportarzt u. Sportmedizin 11, S. 255, 1976

Fünten, K.: Die Plasmapore-Bicontact-Femurschaftprothese als Teilkomponente der zementfreien Hüfttotalendoprothese - klinische und radiologische Ergebnisse. Diss. Essen. Essen: Medizinische Fakultät, 2000

Gage, J.R.: The clinical use of kinetics for evaluation of pathological gait in cerebral palsy. J Bone Joint (Am) 76-A S. 622-631, 1994

Geraedts, M., Selbermann, H.K., Ollenschläger, G.: Beurteilung der methodischen Qualität klinischer Messgrößen.

Urban & Fischer Verlag, Z. ärztl. Fortbild. Qual.sich. (ZaeFQ) 96: S. 91-96, 2000

Gerdes, N., Weis, J.: Zur Theorie der Rehabilitation. In: Bengel, J., Koch, U.: Grundlagen der Rehabilitationswissenschaften. Berlin: Springer, S. 41-68, 2000

Gerdes, N.: Multizentrische Reha-Studie 1992/93 der LVA Württemberg. Zusammenfassung der Studienergebnisse. Mitteilungen der LVA Württemberg, 88, S. 110-117, 1996

Gerdes, N., Jäckel, W.H., Zwingmann, E., Weidemann, H.: Methodik. In: Gerdes, N., Weidemann, H., Jäckel, W.H. (Hrsg.)

Die PROTOS-Studie. Ergebnisqualität stationärer Rehabilitation in 15 Kliniken der Wittgensteiner Kliniken Allianz, S. 11-32

Darmstadt: Steinkopf 2000

Gerdes, N., Zwingmann, C., Bührlen, B., Jäckel, W.H., Stier, R., Zwingmann, E.: Ein Theoriemodell der Rehabilitation. In:

Verband Deutscher Rentenversicherungsträger (Hrsg.), 9. Rehabilitationswissenschaftliches Kolloquium vom 13.-15. März 2000 in Würzburg. Individualität und Rehaprozess. Tagungsband (DRV-Schriften, Bd. 20; S. 129-130) Frankfurt am Main 2000

Gibson, J.J.: Wahrnehmung und Umwelt. Der ökologische Ansatz in der visuellen Wahrnehmung. München: Urban & Schwarzenberg. 1982

Gollhofer, A.: Elektromyographie in der Bewegungsanalyse. Institut für Sportwissenschaft Freiburg. Workshop 1

1. Sommerkurs der Deutschen Gesellschaft für Biomechanik 21.-23.09.2000 in Münster

Goldberg, L. R.: Man versus Model of Man. A Rationale plus Evidence for a Method of Improving on Clinical Inferences.

Psychol. Bull. 73, 1970 S.422

Görlich, P.: Prognose des Therapieerfolges. Eine Studie zum Zusammenhang zwischen Sense of Coherence und Therapieerfolg bei orthopädischen Patienten. Schriften der Sportwissenschaft. Verlag Dr. Kovac 2002

Gottlob, G., Frühwirt, T., Horn, W.: Expertensysteme. Springer-Verlag Wien New York 1990

Grimby, G., Thomee, R.: Prinzipien der Rehabilitation nach Verletzungen. In Dirix, A., Knuttgen, H.G., Tittel, K. (Hrsg.): Olympiabuch der Sportmedizin. Köln, S. 405-414, 1989

Grosser, M., Brüggemann, P., Zintl, F.: Leistungssteuerung in Training und Wettkampf. BLV, München 1986

Gruber, T.: A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. Knowledge Acquisition, 5, S. 199-220, 1993

Guissard, N., Duchateau, J. & Hainault, K.: Mechanism of decreased motoneurone excitation during passive muscle stretching. Exp. Brain. Res., 137, S. 163-169, 2001

Gülich, M., Engel, E.M., Klosterhuis, H., Jäckel, W.H.: Leitlinienentwicklung in der Rehabilitation bei Rückenschmerzpatienten. Schuntermann, M.F., Schliehe, F. (Hrsg.) des Tagungsbandes 11. Rehabilitationswissenschaftliches Kolloquium. Teilhabe durch Rehabilitation vom 4.-6. März 2002 in München

Gundlach, H.: Systembeziehung körperlicher Fähigkeiten und Fertigkeiten. Theorie und Praxis der Körperkultur, 17 (2) S. 198-205,

1968

Gustavsen, R.: Trainingstherapie im Rahmen der manuellen Medizin. Thieme-Verlag, Stuttgart - New York, 1991

Haaker, R. et al.: Sportverletzungen was tun ? Prophylaxe und sportphysiotherapeutische Behandlung. Springer- Verlag Berlin Heidelberg New York 1998

Harmon, P., King, D.: Expertensysteme in der Praxis. R. Oldenbourg Verlag München Wien 1989

Haux, R.: Expertensysteme in der Medizin. Habilitationsschrift RWTH Aachen 1987

Haux, R., Prokosch, H.U., Puppe, F.: Integration wissensbasierter Funktionen in Krankenhausinformationssysteme, Workshop 7 auf der 4. Deutschen Jahrestagung Wissensbasierte Systeme am 5. März 1997 in Bad Honnef

Heers, H.: Posttraumatische Instabilitäten des Kniegelenks. In: Krankengymnastik. Jg. 35, 1983, Heft 09, S. 500-504

Hegewald, G.: Ganganalytische Bestimmung und Bewertung der Druckverteilung unterm Fuß und von Gelenkwinkelverläufen - eine Methode für Diagnose und Therapie im medizinischen Alltag und für die Qualitätssicherung  
in der rehabilitationstechnischen Versorgung. Humboldt Universität zu Berlin. Dissertation 2000

Heinemann, A.W., Linares, J.M, Wirgth, B.D. Hamilton, B.B., Granger, C.: Measurement characteristics of the Functional Independence Measure. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 1993, 75: S. 133-143

Heipertz, W., Götz, U., Lorenz, H., Hartwig, Th., Toumi, I., Ueberschär, I., Berg, A., Trittelvitz, E., Nellesen, G.: Die ERGOS - Studie des Ärztlichen Dienstes der Bundesanstalt für Arbeit (BA) - Erste Ergebnisse der zweiten Phase.

In: Tagungsband: Schuntermann, M.F., Schliehe, F. (Hrsg) 11. Rehabilitationswissenschaftliches Kolloquium. Teilhabe durch Rehabilitation vom 4. bis 6. März 2002 in München

Heisel, J.: Endoprothesenschule - Mittelweg zwischen gelenkstabilisierendem Bewegungsreiz und schädigender Überlastung. In: Binkowski, H., Hoster, M., Nepper, U. (Hrsg.) Medizinische Trainingstherapie. Waldenburg: Sport Consult Verlag. S. 100-109, 1997

Helou, A., Perleth, M., Blitzer, E.M., Dörning, H., Schwartz, F.W.: Methodische Qualität ärztlicher Leitlinien in Deutschland: Ergebnisse einer systematischen Untersuchung deutscher Leitlinienberichte im Internet. Z. ärztl. Fortbild. Qual.sich (ZaeQF), 92, S. 421-428, 1998

Henrich, W.: Expertensysteme in der Medizin. Universität Karlsruhe, Institut für Prozesstechnik, Automation und Robotik 1999  
[http://wwwipr.ira.uka.de\\_99/expertensystememedizin.pdf](http://wwwipr.ira.uka.de_99/expertensystememedizin.pdf)

Henry, F.M. & Rogers, D.E.: Increased response latency for complicated movements and a „memory drum“ theory of neuromotor reactions. Research Quaterly for Exercise and Sport, 31 (pp. 448-457) 1960

Herrmann, H., Rauscher, M.: Biomechanische Untersuchungen zu Belastungsparametern des menschlichen Bewegungsapparates beim Gehen. In: Prävention und Rehabilitation des Haltungs- und Bewegungsapparates. 4. Symposium der dvs-Sektion Biomechanik vom 3.-5.4.1997 in Oldenburg. Schriften der Deutschen Vereinigung für

Sportwissenschaft Band 103, Zschorlich (Hrsg.)

Hertling, D., Kessler, R.M.: Management of Common Musculoskeletal Disorders, Physical Therapy Principles and Methods, Lippincott Williams & Wilkins 2002

Hill, J.R., Frampton, R.J., Mackay, M.: Appropriate frontal barrier tests for belted occupants. *Accid Anal Prev* 27 (1995): pp 807-817

Hindernisse im Rehabilitationsprozess: Institut für empirische Soziologie Nürnberg 2000

Hirz, P.& Hummel, A.: Lernen im Schulsport als pädagogisch gelenkter Aneignungsprozess. *Theorie und Praxis Körperkultur*, 39 (1) S.7-23, 1990

Hollmann, W., Hettinger, Th.: Sportmedizin. Stuttgart - New York: Schattauer 1990

Hollmann, W., Hettinger, T.: Sportmedizin - Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin. Stuttgart, New York: Schattauer 2000

Holstein, J., Grönemeyer, D.H.W.: Patientenorientierter Zugriff auf medizinische Netzwerke. In: Jäckel (Hrsg.) *Telemedizinführer Deutschland*, S. 2-7, Bad Nauheim, 2000

Holzner, R.: *Gangbild und Psyche*. München 1990

Höltke, V., Nolte, St.: Die Entwicklung der Krafftfähigkeiten am Kniegelenk von Patienten nach vorderer Kreuzbandrekonstruktion. Eine prospektive Studie in den einzelnen Phasen der Rehabilitation. Krankenhaus für Sportverletzte Hellersen. Abteilung Sportmedizin 2000. [http://home.t-online.de/home/02351945-3/i00\\_2.htm#4](http://home.t-online.de/home/02351945-3/i00_2.htm#4)

Hooper, G.J., Kewdell, R.G., Penny, I.D.: Conservative management or closed nailing for tibial shaft fractures. *J Bone Joint Surg Br* 73: S. 83-85, 1991

Hopf, T., Gleitz, M., Hess, T., Mielke, U., Müller, B.: Propriozeptives Defizit nach Kreuzbandschädigung - afferente Störungen oder kompensatorischer Mechanismus? *Z. Orthop.* 133, S. 347-351, 1995

Hoppeler, H., Lüthi, P., Classen, H., Weibel, E., Howald, H.: The ultrastructure of the normal human skeletal muscle. *Pflügers Arch.* 344, S. 217, 1973

Horn, H.-G., Steinmann, H.-J.: *Medizinisches Aufbautraining.* Urban & Fischer Verlag München - Jena 2001

Horstmann, T. et al.: Sporttherapeutisches Konzept für Patienten mit Koxarthrose oder Hüftendoprothese. In: *Krankengymnastik* 51, H. 11, S. 1870 - 1877, 1999

Horstmann, T. et al.: Neue Aspekte der Rehabilitation bei Arthrose- und Endoprothesenpatienten. In: *Med. Welt*, H. 6, S. 193 - 197, 2000

Horstmann, T. et al.: Möglichkeiten und Grenzen der Sporttherapie bei Coxarthrose- und Hüftprothesen - Patienten. In: *Dt. Z. Sportmed.* 52, H. 10, S. 274 - 278, 2001

Horvath, E.: Zur Phänomenologie des Gangbildes. In: *Gangbildanalyse- Stand der Messtechnik und Bedeutung für die Orthopädietechnik.* Internationales Symposium, Berlin, 2./3. Februar 1990

Hripcsak, G.: *Transferring Medical Knowledge Bases between Different HIS Environments Hospital Informations Systems.*

Prokosch, H.U., Dudeck, J. (Editors): *Hospital Informations Systems,* Elsevier Science B.V. 1995

Huber, G., Baldus, A.: Entwurf eines Qualitätssystems "Sporttherapie und berufliche Rehabilitation" In: Gesundheitssport und Sporttherapie, 14, S.189-202, 1998

Huber, G., Baldus, A.: Qualitätssystem bewegungsorientierter Maßnahmen. In: Gesundheitssport und Sporttherapie 15, S. 154-160, 1999

Huber, G.: Ziele und deren Sicherung in der Sporttherapie. Gesundheitssport und Sporttherapie, 16, S.163-164, 2000

Huber, G., Baldus, A.: „Flexible Rehabilitation“ und Qualitätsmanagement in der Bewegungstherapie. In: Gesundheitssport und Sporttherapie, 16, S. 225-227, 2000

Huber, G., Baldus, A.: Qualitätsmanagement in der Bewegungstherapie. In: Gesundheitssport und Sporttherapie, 16, S. 70-80, 2000

Huber, G., Baldus, A.: Leitlinien als Instrumente eines Qualitätsmanagements der Sporttherapie. In: Gesundheitssport und Sporttherapie, 17, S. 233-235, 2001

Hussy, W.: Denkpsychologie. Band 1, Kohlhammer, Stuttgart 1984

International Society of Biomechanics ISB, <http://isb.ri.ccf.org/>

Irmscher, J.: Erwerbsfähigkeit erhaltende und berufsfördernde Maßnahmen - Grundanliegen der Ärzte einer Reha-Klinik Zusammenarbeit mit den Betriebsärzten und dem Arbeitsamt. In: VDR (Hrsg.): Interdisziplinarität und Vernetzung. 7. Rehabilitationswissenschaftliches Kolloquium März 1997 in Hamburg. Tagungsband S. 64-66. Frankfurt/M. 1998

Irrgang, J.J., Whitney, S.L., Cox, E.D.: Balance and proprioceptive training for rehabilitation of the lower extremity. *J. of Sport Rehab.* 1, S. 68-83, 1994

Israel, S.: Möglichkeiten und Grenzen sportmedizinischer Leistungsprüfungen zur Erfassung von Adaptionen. In: *Medizin und Sport.* Jg. 22, 1982, S 97-102

Israel, S.: Zum Normbegriff in der Medizin. In: *Zeitschrift für ärztliche Fortbildung.* Jg. 78, 1984, Heft 11, S. 457-460

Karpandji, I.A.: Funktionelle Anatomie der Gelenke. Enke-Verlag Stuttgart 1985

Kedziora, O.: Kraftverlust und Regeneration der Oberschenkelmuskulatur nach Verletzungen und Operationen am Kniebandapparat. Diss. Münster 1993.

King, P.M., Tuckwell, N., Barrett, T.E.: A Critical Review of Funktional Capacity Evaluations. *Physical Therapie*, Volume 78, Number 8, August, S. 852-866, 1998

Klapp, S.T.: Feedback versus motor programming in the control of aimed movements. *Journal of Experimental Psychology*, 104, S.147-153, 1975

Kleist, B., Allinger, K., Novak, J.: Studie zur Therapie bei Patienten mit chronischen Rückenschmerzen. Implementierung und Evaluation eines Work-Hardening-Programmes. VDR und BMBF; Projekt B1 im Rahmen des Rehabilitationswissenschaftlichen Förderverbundes Bayern (RFB), Laufzeit: 1.11.98-30.09.01 incl. 12 Monate Verlängerung

Klix, F., Spanda, H.: Einführung. In: *Enzyklopädie der Psychologie*, Themenbereich C, Theorie und Forschung, Serie 2, Kognition; Bd. 6, Hogrefe, Verlag für Psychologie Göttingen, 1998

Knaup, P., Puppe, F., Wetter, T.H.: Integration wissensbasierter Funktionen in Krankenhausinformationssysteme. In: Künstliche Intelligenz 33/1997 - Themenheft Medizin 1997

Koch, U., Gerdes, N., Jäckel, W.H., Müller-Fahrnow, W., Raspe, H.H., Schian, H.M., Schliehe, F., Wallesch, C., Lotz, W.:  
Verbundforschung Rehabilitationswissenschaften - Vorschlag zu einer Förderinitiative. Deutsche Rentenversicherung, 7-8/ 95, S. 491-513, 1995

Koopman, H.F.J.M., "The three-dimensional analysis and prediction of human walking", PROEFSCHRIFT, Universiteit Twente, 1989

Komi, P.V.: Faktoren der Muskelkraft und Prinzipien des Krafttrainings. Leistungssport 1, S. 3, 1975

Konsensuskonferenz Physikalische und Rehabilitative Medizin: Fachgebiet Physikalische und Rehabilitative Medizin - Begriffe und Definitionen. Hrsg. von der deutschen Gesellschaft für Physikalische Medizin und Rehabilitation, dem Berufsverband der Fachärzte für Physikalische und Rehabilitative Medizin und der Arbeitsgemeinschaft Physikalische Medizin und Rehabilitation. GFBB-Verlag, Bad Kösen 1998

Kopf, A., Pawelka, S. & Kranzl, A.: Klinische Ganganalysen - Methoden, Limitationen und Anwendungsmöglichkeiten. Acta Medica Austriaca. 25, S.27-32, 1998

Köcher, L., Ludwig, H.: Evaluation von Maßnahmen der postoperativen Versorgung von Patienten mit vorderen Kreuzbandrupturen unter Sportwissenschaftlichen Gesichtspunkten. Georg August Universität Göttingen. Dissertation 1999

Krause, H., Ewert, G., Jung, F., Kaplonek, W., Schmidt, W.: Gesundheit

für alle bis zum Jahr 2000. Informations- und Argumentationsmaterial zur Gesundheitserziehung, Folge I, Nr. 6. Dresden 1981

Krebs, D.E. et al.: Exercise and gait effects on in vivo hip contact pressures. In: Phys. Ther. 71, S. 301 - 309, 1991

Kreienbock, L., Schach, S.: Epidemiologische Methoden. Gustav Fischer Verlag Stuttgart-Jena 1995

Kugler, P.N. & Turvey, M.T.: Information, natural law and the self assembly of rhythmic movement. Hillsdale, N.J.: Erlbaum 1987

Kunz, M., Koll, R., Droste, S.: Medizinisches Aufbau-Training MAT - Grundlagen und praktische Anleitungen für die Fortbildung. GESUNDHEITS-DIALOG Verlag GmbH, Oberhaching 1995

Kujat, O.: Das "Regenstrief Medical Record System" (RMRS) - Eine Elektronische Krankenakte in den U.S.A.

Vortrag vom 10.02.1999, Oberseminar Medizinische Informatik Universität Heidelberg

<http://www.med.uni->

[heidelberg.de/mi/education/mi/oberseminar/ws9900/aus10.html](http://www.med.uni-heidelberg.de/mi/education/mi/oberseminar/ws9900/aus10.html)

Kuperman, G.J., Gardner, R.M., Pryor, T.A.: HELPH A Dynamic Hospital Information System. New York: Springer-Verlag 1991

Kühn, H.: Gesundheitspolitik ohne Ziel: Zum sozialen Gehalt der Wettbewerbskonzepte in der Reformdebatte. In: Deppe, H.U., Friedrich, H., Müller, R. (Hrsg.) Qualität und Qualifikation im Gesundheitswesen. Frankfurt/Main, New York: Campus, S. 11-35, 1995

Küsswetter, W.: Endoprothetik und körperliche Belastung. In: Dt. Z. Spomed. 49, Sonderheft 1, S. 249 - 251, 1998

Lagerström, D.: Wellness - Perspektiven für einen Panoramawechsel in Gesundheitssport und Sporttherapie. In: Gesundheitssport und Sporttherapie 17, S. 175-181, 2001

Laube, W.: Unveröffentlichtes Manuskript 1989

Laurig, W., Rohmert, W.: Ansätze zur Beurteilung von Belastung und Beanspruchung vorwiegend energetisch-effektorischer Arbeit. Mitteilungen Inst. für angew. Arbeitswissenschaften, Sonder Nr. 39/1 S. 9-56, 1976

Lazarus, R.S. & Folkman, S.: Stress, appraisal, and coping. New York 1984

Ledley, R., Lusted, L.: Reasoning foundations of medical diagnosis Science 130, S.9, 1959

Lehmacher, W.: Befragung des Sachverständigenrates für die konzertierte Aktion im Gesundheitswesen zu Fragen der bedarfsgerechten Versorgung. Antwort der: Deutschen Gesellschaft für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie (GMDS), 25.08.2000

Lephart, S.M., Fu, F.H.: The role of proprioception in the treatment of sports injuries. Sports Exercise Injury. 1, S. 96-102, 1995

Lienert, G.A., Raatz, U.: Testaufbau und Testanalyse (5. Auflage) München: Psychologie-Verlags-Union, 1994

Lorenz, R.J.: Grundbegriffe der Biometrie. Gustav Fischer, 4. Auflage 1996

Ludolph, E., Russe, S.: Postoperative Betreuung frischer und veralteter

Kapselbandverletzungen des Kniegelenkes. Orthop. Praxis, 24 (10): S. 612-614, 1988

Jacob, B. TÜV Automotive GmbH Garching, 20. Biomechanisches Kolloquium 1997, Institut für Rechtsmedizin der Universität München

Jerosch, J.: Isokinetische Trainingssysteme - Möglichkeiten und Probleme. In: Krankengymnastik. Jg. 41, S. 868-874, 1989

Jerosch, J., Pfaff, G., Thorwesten, L., Schoppe, R.: Auswirkungen eines propriozeptiven Trainingsprogrammes auf die sensomotorischen Fähigkeiten der unteren Extremitäten bei Patienten mit einer vorderen Kreuzbandinstabilität. Sportverl. Sportschaden. 12, S. 121-130, 1998

Jerosch, J., Wüstner, P., Thorwesten, L.: Proprioceptive Fähigkeiten des Kniegelenks nach vorderer Kreuzbandruptur: Beeinflussung durch medizinische Trainingstherapie. Krankengymnastik. 2, S. 243-248, 1998

Jerosch, J. Castro, H.M. (Hrsg.): Kompendium der Orthopädischen Sportmedizin. multimedia, Berlin 1999

Jerosch, J., Heisel, J.: Künstlicher Gelenkersatz. München: Pflaum 2001

Krüger, A.: Isokinetisches Training im Leistungssport. In: Leistungssport. Jg. 1, Heft 1, S. 22-31, 1971

Laube, W.: Unveröffentlichtes Manuskript 2001

List, M.: Physiotherapeutische Behandlung in der Traumatologie. 3. Auflage Berlin, Heidelberg, New York 1996

Mack, R.P.: Ankle injuries in athletics.: In: Clinics in Sports Medicine 1982, S. 71-84

Maibaum, S., Braun, M., Jagomast, B., Kucera, K.: Therapielexikon der

Sportmedizin, Behandlung von Verletzungen des Bewegungsapparates.  
Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2001

Maier-Riehle, B. & Schliehe, F.: Aktuelle Entwicklungen in der ambulanten Rehabilitation. In: Die Rehabilitation, 38, 1999  
S. 3-11

Marcus, B.H., Selby, V.C., Niaura, R.S., Rossi, J.S.: Self-efficacy and stages of exercise behavior change. Research Quarterly for Exercise and Sport 63, S.60-66, 1992

Margaria, R.: Energiequellen und Muskelarbeit – Biomechanik der menschlichen Fortbewegung. Leipzig 1982

Martin, D., Carl, C., Lehnertz, K.: Handbuch der Trainingslehre, Hofmann, Schorndorf 2001

Mathies, H.: Probleme der Qualitätssicherung in der Physiotherapie rheumatischer Erkrankungen. Zeitschrift für ärztliche Fortbildung und Qualitätssicherung, 95, S. 449-452, 2001

Martin, D., Carl, K., Lehnertz, K.: Handbuch Trainingslehre. Hoffmann, Schorndorf 1993

Mannion, A.F., Taimala, S. et al.: Active Therapy for Chronic Low Pain, Part 1. Effects on Back Muscle Activation. 2001

Mäurer, Ch.: Arbeitszeit als Parameter der Rente wegen verminderter Erwerbsfähigkeit aus ärztlicher Sicht Med Sach, 88, S 79-81, 1992

Mc Donald, C.J., Tierney, W.M., et al.: The Regenstrief Medical Record System: 20 years of experience in hospitals, clinics and neighborhood health centers, M.D.Computing Vol 9 No 4, S. 206, 1992

Medsker, L.R.: Hybrid Neural Network and Expert System. Kluwer Academic, Boston, Mass., 1994

Meinel, K. & Schnabel, G.: Bewegungslehre-Sportmotorik (8.Aufl.) Berlin: Volk und Wissen, 1987

Mellerowicz, H.: Naturgesetzliche Grundlagen des Trainings. In: Hollmann, W. (Hrsg.): Zentrale Themen der Sportmedizin. S. 310-323, Berlin-Heidelberg-New York-Tokio: Springer 1986

Mertens, P., Voss, H. (Hrsg.): Beiträge zur 4. Deutschen Tagung Wissensbasierte Systeme (XPS-97) 5.-7. März 1997 Bad Honnef am Rhein, Sankt Augustin: Infix 1997

Milani, T.L., Kimmeskamp, S.: Pedobarographie - Entwicklung & Messtechnik; Universität Essen, Biomechanik Labor  
1. Sommerkurs der Deutschen Gesellschaft für Biomechanik 21.09-23.09.2000 in Münster, Kinematische, kinetische und neuromuskuläre Analyse menschlicher Bewegungen, Anwendungen in sportlichen und klinischen Fragestellungen

Miller, R.A., Pople, H.E., Myers, J.D.: Internist-1, An experimental Computer-Based Diagnostic Consultant for General Internal Medicine. In: New England Journal of Medicine, Vol. 307 No. 3, 1982

Minne, W.: Pathophysiologie der Osteoporose. Dtsch. Ztschr. f. Sportmed. 46, S. 47-48, 1995

Moore, T.M.: Fracture-dislocation of the knee.: In: Clinic Orthop Rel Res. 1981; 156: S.128-140

Moorahrend, U.: Das künstliche Hüftgelenk in Bewegung. Stuttgart, New York 1991

Mühlemann, D.: Diagnostik der Gelenkbeweglichkeit: Voraussetzung und Methodik: In: Ow, D. von Hüni, G. (Hrsg.)  
Muskuläre Rehabilitation. Erlangen 1997, S. 30-41

Müller, K. et al.: Rehabilitationsprozess und Rehabilitationsteam. Konsensuskonferenz der drei Gesellschaften für Physikalische Medizin und Rehabilitation von Deutschland, Österreich und der Schweiz. In: ÖZPMR, Österr. Z. Phys. Med. Rehabil. 11, 2001, S. 11-16

Muhr, G.: Die konservative Behandlung der frischen geschlossenen Unterschenkelschaftbrüche nach L. Böhler. Hefte Unfallheilkd 222, S. 205-207, 1992

Muybridge, E.: Animal locatio, an electrophotographic investigation of consecutive phases of animal movements, (Vol. 11).  
Philadelphia, PA: J.B. Lippincott, 1887

Nachemsen, A., Jonsson, E.: Back Pain - A Scientific Enigma in the New Millenium. Phys Med Rehab Kuor 2001;11: S.2-8

Nellessen, G.: Leitsätze zur Leistungsdiagnostik und Leistungsprognostik. Unveröffentlichtes Manuskript. Köln 2001

Nellessen, G., Froböse, I., Schüle, K., Schian, H.M.: Leistungsbeurteilung in Bezug auf den 8-Stunden-Arbeitstag-zwischen Anspruch und Wirklichkeit. Institut für Qualitätssicherung in der Prävention und Rehabilitation GmbH an der Deutschen Sporthochschule Köln. In: Schuntermann, M.F., Schliehe, F. (Hrsg.) des Tagungsbandes des 11. Rehabilitationswissenschaftlichen Kolloquiums. Teilhabe durch Rehabilitation vom 4. bis 6. März 2002 in München

Nepper, H.U.: Propriozeptive Ansätze in der Gymnastik. In: Binkowski,

Huber (Hrsg.): Gymnastik in der Therapie. Kleine Schriften des Dt. Verbandes für Gesundheitssport und Sporttherapie, Sport Consult, Waldenburg, Heidelberg, Bd. 4. S. 136-144, 1993

Neumaier, A., Mechling, H.: Taugt das Konzept "koordinative Fähigkeiten" als Grundlage für sportartspezifisches Koordinationstraining ? In: Blaser, P., Witte, K., Stucke, Chr. (Hrsg.): Steuer- und Regelvorgänge der menschlichen Motorik. Academia Verlag, Sankt Augustin, S. 207-212, 1994

Neutral-Null-Methode/Nulldurchgangsmethode: In: Roche Lexikon Medizin; Urban & Fischer Verlag, München 1999

Nevell, A.: The Knowledge Level. Artificial Intelligence, 18, S. 87-127, 1982

New York University, " Lower Limb Orthotics. New York: Prosthetics and Orthotics", New York University Postgraduate medical School, 1986

Niethard, F.U., Pfeil, J.: Orthopädie. Stuttgart. Hippokrates Verlag 1989

Nigg, B.: Ursachen von Sportverletzungen. In: A. Drix, H.G. Knuttgen & A. Tittel. Olympiabuch der Sportverletzungen  
Deutscher Ärzte Verlag Köln 1989, S. 307-316

Nisell, R., Ericson, M., Nemeth, G., Ekholm, J.: Tibiofemoral joint forces during isokinetic knee extension. In: American journal of sports medicine. Jg. 17, Heft 1, S. 212-216, 1989

Nitsch, J.R. & Munzert, J.: Handlungstheoretische Aspekte des Techniktrainings – Ansätze in einem integrativen Modell. In: J.R. Nitsch, A. Neumaier, H. de Marea & J. Mester (Hrsg.), Techniktraining (Schriftenreihe des BISp, Bd. 94, S. 109-172). Schorndorf: Hofmann 1997

Nummi, J.: Fractures of the patella. *Ann Chir Gynaecol (Suppl.)* 60: S. 179, 1971

Nyquist, G.W., Denton, R.A.: Crash test dummy lower leg instrumentation for axial force and bending moment. *ISA Trans* 18 (1997): pp. 13-22

Olivier, N.: Eine Beanspruchungstheorie sportlichen Trainings und Wettkampfs. *Sportwissenschaft* 31, (4) 2001

Ollenschläger, G., Helou, A., Kostovic-Cilic, L., Perleth, M., Raspe, H.H., Rienhoff, O., Selbmann, H.K., Oesigmann, U.: Die Checkliste zur methodischen Qualität von Leitlinien. *Z. ärztl. Fortbild. Qual.sich. (ZaeQF)*, 92, S. 191-194, 1998

Ollenschläger, G., Kirchner, H., Fiene, M.: Leitlinien in der Medizin - scheitern sie an der praktischen Umsetzung ? In: *Internist*, 42, S. 473-483, Springer-Verlag 2001

Olney, S.J., Griffin, M.P., Monga, T.N., McBride, I.D.: Work and power in gait of stroke patients. In: *Arch. of phys. Med. & Rehab.* 72 (5) S.309-314, 1991

Ost, W., Pejic, P., Hochstein, P., Schmickal, T., Matschke, S., Wentzensen, A.: Prinzipien der Behandlung kombinierter Verletzungen im Kniegelenk unter Beteiligung des hinteren und vorderen Kreuzbandes (einschließlich Knieverrenkungen).

Trauma und Berufskrankheit. Bd. 4, H 1, Springer Verlag 2002

Osternig, L.R., James, C.R., Bereades, D.T.: Eccentric knee flexor torque following anterior cruciate ligament surgery. *Med. Sci. Sports Exerc.* 10, S. 1229-1234, 1996

Pässler, H.H., Shelbourne, K.D.: Biologische, biomechanische und klinische Konzepte zur Behandlung nach Bandeingriffen am Knie. In: Orthopädie 22, S. 421-435, 1993

Pässler, H.H.: Konservatives und operatives Vorgehen. Grundlagen der beschleunigten Rehabilitation. In: Pässler (Hrsg.): Der vordere Kreuzbandschaden: Operation und Rehabilitation. Begleitheft zur gleichnamigen Videokassette. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, S. 1-68, 1997

Pahmeier, I.: Bindung an Gesundheitssport. Unveröffentlichte Habilitation. Universität Bayreuth 1999 In: Gesundheitssport und Sporttherapie 16. Bindung an sportliche Aktivität im Anschluss an eine Rehabilitationsmaßnahme. dvs-Kommission Gesundheit: Jahrgangstagung 2000

Perry, J., Montgomery, J.: Gait of the stroke patient and orthotic indications. In: Brandstater, M., Basmajian (Eds.): Stroke Rehabilitation. Baltimore 1987

Peterson, L., Renström, P.: Verletzungen im Sport-Prävention und Behandlung. Deutscher Ärzte-Verlag 2002

Pwe, R.: Levels of analysis in motor control. Brain Research, 71, S.393-400, 1974

Pfeifer, K.: Bewegungsverhalten und neuromuskuläre Aktivierung nach Kreuzbandrekonstruktion. Liguna-Verlag, Neu-Isenburg 1996

Platen, P.: Mobilität, Fitness und Osteoporoseentstehung - Körperliche Belastung und Knochenmasse. Dtsch. Ztschr. f. Sportmed. 46, S. 48-56, 1995

Popovic, D., Bhatkar, V.: Methods and Rools of Applied Artificial Intelligence. Newe York, 1994

Prokosch, H.U.: Ein Referenzmodell zur Charakterisierung informations- und wissensverarbeitender Funktionen innerhalb von Krankenhausinformationssystemen. In: Kunath, H. et al. ( Hrsg.) Medizin und Information. Proceedings der 39. Jahrestagung der GMDS, MMV Medizin Verlag München 1995, S. 44-48

Prokosch, H.U., McDonald, C.J.: The Effect of Computer Reminders on the Quality of Care and Resource use. In: Prokosch, H.U., Dudeck, J. (Hrsg.), Hospital Informations Systems: Design and Development Characteristics; Impact and Future Architecture, Elsevier Science, Amsterdam, 1995, S. 221-239

Protz, W., Gerdes, N., Maier-Riehle, B., Jäckel, H.W.: Therapieziele in der medizinischen Rehabilitation. In: Die Rehabilitation 37, S. 24-39, 1998

Puppe, F.: Einführung in Expertensysteme. Berlin, Heidelberg: Springer, 1988

Puppe, F.: Problemlösungsmethoden in Expertensystemen. Springer, Heidelberg 1990

Puppe, F., Gappa, U., Poeck, K., Bamberger, S.: Wissensbasierte Diagnose- und Informationssysteme. Springer, Heidelberg 1996

Puppe, F., Schewe, S.: Mehrfachverwendung von diagnostischen Wissensbasen in der Medizin. In: Künstliche Intelligenz. Heft 3, S. 15-22, 1997

Quenzer, E., Nepper, H.U.: Funktionelle Gymnastik, Grundlagen-Methoden-Übungen, 2. Auflage, Limpert Verlag, 1999

Rebel, M.: Koordinatives Training nach VKB-Operation. Sportverletzung Sportschaden. 14, S. 12-19, 2000

Rehabilitationsprozess: Institut für empirische Soziologie, Nürnberg  
2000

Rehabilitationsangleichungsgesetz (RehaAnglG) § 5 Abs. 3 RehaAnglG

Renshaw et. al. 1991, S. 126, The Case Management Society of America

Renström, P. & Theiß, M.: Die Biomechanik der Verletzungen der  
Sprunggelenksbänder. In: Sportverletzungen Sportschaden. 1993, Nr.  
07, S.29-35

Reed, E.S.: Applying the theory of action systems to the study of motor  
skills. In: O.G. Meier & K. Roth (Hrsg.), Complex movement behavior  
(pp. 45-86). Amsterdam: North-Holland

Reed, M., Gardner, T., Pryor, A., Warner, H.R.: The HELPH hospital  
informatics system: update 1998. International Journal of Medical  
Informatics 54, S.169-182, 1999

Reerink, E.: Improving the quality of hospital services in the  
Netherlands: The role of CBO. Qual Ass Health Care 2, S. 13-19, 1990

Reerink, E.: Arcadia revisited: Quality assurance in hospitals in The  
Netherlands. Br Med J. 302, S. 1443-1445, 1991

Regensteiner, J.G., Steiner, J.F., Hiatt, W.R.: Exercise training improves  
functional status in patients with peripheral arterial disease. Journal of  
Vascular Surgery, 23, S. 104-115, 1996

Resch, K.L.: Pragmatic randomised controlled trials for complex  
therapies. Forsch. Komplementärmed. 5, Suppl 1: S. 136-139, 1998

Resch, K.L.: Evidence-Based Medicine und PM & R. In: Phys Rehab Kur Med 11: S. 39-40, 2001

Richter, M., Maurer, F. (Hrsg.) Expertensysteme 95. Beiträge zur 3. Deutschen Expertensystemtagung (XPS-95), 1.-3. März 1995, Kaiserslautern. Sankt Augustin: Infix 1995

Richter, M., Thermann, H., von Rheinbaben, H., Schratt, E., Otte, D., Zwipp, H., Tscherne, H.: Frakturen der Fußregion bei PKW-Insassen - Häufigkeit, Ursachen und Langzeitergebnisse. Unfallchirurg Springer Verlag, 102: S. 429-433, 1999

Ringe, J.D.: Osteoporoseprävention durch Gymnastik im höheren Lebensalter. Z. f. Geriatrie 1, S. 86-90, 1988

Roche Lexikon der Medizin, 4. Auflage; Urban & Fischer Verlag, München 1999

Rosenbaum, D.: Klinische Gangbildanalyse in der Orthopädie und Traumatologie - Computergestützte Messtechnik zur Bewegungs- und Belastungsmessung bei Verletzungen und Beschwerden der unteren Extremitäten. In: Rechnergestützte Verfahren in der Orthopädie und Unfallchirurgie. Jerosch, J., Nicol, K., Peikenkamp, K. (Hrsg.) Steinkopff Verlag, Darmstadt 1999, S. 146-148

Roth, K.: Wie verbessert man die koordinativen Fähigkeiten ? In: Bielefelder Sportpädagogen (Hrsg.): Methoden im Sportunterricht. Hofmann, Schorndorf, S. 85-102, 1998

Rzesacz, E.H. et.al.: Die Kombination von Marknagel- und gedeckter Schraubenosteosynthese zur Versorgung der distalen Unterschenkelfraktur mit Sprunggelenkbeteiligung. In: Der Unfallchirurg. 1998, Nr.12, S. 907-913, Springer-Verlag Heidelberg GmbH & Co. KG

Rohen, J.: Funktionelle Anatomie des Menschen. Stuttgart, New York 1994

Rohmert, W.: Pulsfrequenz und Dauerleistungsgrenze. In: Dupuis, H., Hammer, W. (eds.): Pulsfrequenz und Arbeitsuntersuchungen. Schriftreihe >Arbeitswissenschaften und Praxis<; Bd. 28, Beuth, Berlin, Köln, Frankfurt/M., S. 21-33, 1973

Rost, K., Rost, R., Renström, P. (Hrsg.) Sportverletzungen und Überlastungsschäden. Prävention, Therapie, Rehabilitation. Deutscher Ärzte-Verlag 1997

Roth, K.: Taktik im Sportspiel. Schorndorf. Hofmann 1989

Roth, K. & Willimczik, K.: Bewegungswissenschaft`S. 259, 262, 269 Reinbeck: Rowohlt 1999

Runge, J.: Druckmessung im Schuh. Orthopädie - Schuhtechnik, Sonderdruck aus Heft 7/8, 1992

Sackett, D.L., Rosenberg, W.M.C., Gray, J.A.M., Haynes, R.B., Richards, W.S.: Evidence-based medicine what it is and what it isn `t. Br Med J; 312, S. 71-72, 1996 PubMed

Safran, C. (a), Rind, D.M., Daniel, Z. et al.: Development of a Knowledge-Bases Electronic Patient Record. M.D.Computing Vol 13 No 1, S. 46, 1996

Safran, C. (b), Rind, D.M., et al.: Effects of a knowledge-based electronic patient record on adherence to practice guidelines. MD Computing, Vol 13 No 1, S.55, 1996

Sarmiento, A.: A functional below the knee cast for tibial fractures. J Bone Joint surg Am 49: S. 5855-5875, 1967

Savvidis, E., Loeer, F.: Größe der am proximalen Femur einwirkenden Kräfte bei unterschiedlichen entlastenden Gangarten mit reduzierten Bodenreaktionskräften. In: Z. f. Orthop. und Grenzgebiete 127 (1) S. 111-117, 1989

Saziorski, W., Aruin, A., Selujanow, W.: Biomechanik des menschlichen Bewegungsapparates. Berlin 1984

Schaff, P., Hauser, W.: Dynamische Druckverteilungsmessung mit flexiblen Messmatten - Ein innovatives Messverfahren in der Sportorthopädie und Traumatologie. Sportverletzungen Sportschaden, 1, 1987, S. 185-222

Scheibe, J., Bringmann, W., Reinhold, D.: Sportliches Training während der Kur. VEB Volk und Gesundheit Berlin 1986

Scherak, O., Kolarz, G., Wottawa, A., Maager, M., El Shohoumi, M.: Vergleich zwischen frühen und späten stationären Rehabilitationsmaßnahmen nach Implantation von Hüfttotalendoprothesen. In: Rehabilitation, 37, S. 123-127, 1998

Schlepkow, P.: Richtlinien der krankengymnastischen Behandlung nach Kreuzbandoperationen. In: Krankengymnastik. Jg. 39, 1987, Heft 12, S. 879-884

Schlicht, W.: Das sportliche Training: Überlegungen auf dem Wege zu einem integrierten Belastungs-Beanspruchungs-Konzept. In: J.P. Janssen, W. Schlicht, H. Rieckert & K. Carl (Hrsg.), Belastung und Beanspruchung, S. 31-44) Köln

Schönpflug, M. Pieske, O. BMW AG / Rechtsmedizin München, 26. Biomechanisches Kolloquium 1999, Institut für Rechtsmedizin der Universität München

Schian, H.M., Kaiser, H.: Profilvergleichssysteme und leistungsdiagnostische, EDV-gestützte Technologie-Ihr Einsatz zur Verbesserung der Beantwortung sozialmedizinischer Fragestellungen und Begutachtungen sowie der Planung von Rehabilitationsmaßnahmen. In: Rehabilitation 39, S. 56-64 Georg Thieme Verlag Stuttgart New York 2000

Schmidt, R.A.: A schema theory of discrete motor skill learning. Psychological Review, 82, S. 225-260, 1975

Schmidt, R.A., Sherwood, D.E., Zelaznik, H.N., H.N. & Leikind, B.J.: Speed Accuracy Trade-offs in motor behavior – Programming, control, and acquisition (pp. 79-123). Berlin: Springer 1985

Schmidt, R.A.: Motor control and learning – A behavioral analysis. Champaign: Human kinetics. 1988

Schmidt, H.: Zusammenarbeit zwischen Rehaklinik und werksärztlichem Dienst. Arbeitsmedizin Sozialmedizin Präventivmedizin 24, S. 139, 1989

Schmidt, K., Ladleif, H.-U., Hommerich, P., Harke, H.: Qualitätssicherung: Klinikprofile im Vergleich. In: Anästhesiologie und Intensivmedizin 32, S. 315-319, 1991

Schmidt, B., Grönemeyer, D.H.W.: Chances and risk in telemedicine. High Care 97, Bochum, 1997

Schmidt, R.A., Lee, T.D.: Motor Control and Learning. A Behavioral Emphasis. 3rd ed. Champaign: Human Kinetics. 1999

Schmidtbleicher, D.: Konzeptionelle Überlegungen zur muskulären Rehabilitation. In: Medizinisch-Orthopädische Technik 114, S. 170-173, 1994

Schöllhorn, W.I.: Systemdynamische Betrachtung komplexer

Bewegungsmuster im Lernprozess. Frankfurt am Main: Peter Lang 1998

Schönpflug, W.: Beanspruchung und Belastung bei der Arbeit – Konzepte und Theorien. In: U. Kleinbeck & J. Rutenfranz (Hrsg.). Arbeitspsychologie. Enzyklopädie der Psychologie, 1987

Schreiber, Th., Wielinga, B.: Knowledge Model Construction. Proc. of the 11. Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management - KAW 98, Alberta Canada, 1998

Schreiber, T.U., Bak, P., Petrovitch, A., Anders, C., Müller, W.D., Smolensky, U.: Evaluation der funktionellen Leistungsfähigkeit (EFL) - Überblick über Methoden und Testsysteme. Phys Med Rehab,10, S. 108-118, 2000

Schüle, K, Huber, G. (Hrsg.) Grundlagen der Sporttherapie. München: Urban & Fischer. 2000

Schuntermann, M.F.: ICIDH und Assessments. Phys. Med. Rehab. Kurort 2001; 11, S. 28-36

Schwartz, F.W., Bitzer, E.M., Dörning, H., Grobe, T.G., Krauth, C., Schlaud, M., Schmidt, T., Zielke, M.: Gutachten. Gesundheitsausgaben für chronisch Krankheiten in Deutschland - Krankheitskostenlast und Reduktionspotentiale durch verhaltensbezogene Risikomodifikation. Lengerich u.a. Pabst Science Publishers 1999

Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN): Systematic literatur review. In: A guideline developers ` s handbook. SIGN Publikation No. 50, Februar 2001, Edinburgh

Seichert, N., Erhart, P., Senn, E., "Die Etablierung der instrumentierten Ganganalyse als Verfahren zur unmittelbaren klinikrelevanten

Gangbeurteilung", Phys. Rehab. Kur. Med. 7, Georg Thieme Verlag Stuttgart-New York 1997

Seichert, N. "Von den Bodenreaktionskräften zur funktionellen Muskelarbeit - die Ganganalyse als praxis-relevantes klinisches Instrument" , Vortrag zum zweiten Mitteldeutschen Symposium "Physikalische und Rehabilitative Medizin", Halle/S, Mai 1998

Seichert, N., Erhart, P.: Die "evidence-based"- Entscheidungsanalyse in der Physikalischen und Rehabilitativen Medizin (Teil 1) Sensivität, Spezifität und Prädikation (Teil 2) "Likelihood-Ration" ersetzt Sensivität/Spezifität: Phys Med Rehab Kuror 13, S.115-120, 159-165 Georg Thieme Verlag Stuttgart 2003

Shapiro, D.C. & Schmidt, R.A.: The Schema Theory: Recent Evidence and development Control and Coordination (pp. 181-193). Chichester: Wiley & Sons 1982

Swanik, C.B., Lephart, S.M., Giannantonio, F.P., Fu, F.: Reestablishing Proprioception and Neuromuscular Control in the ACL-Injured Athlete. J. Sports. Rehab. 6, S. 182-206, 1997

Shortliffe, E.H.: Computer-Based Medical Consultations: MYCIN, American Elsevier Publishing Co. Inc. 1976

Simmons, R., Davis, R.: The Role of Knowledge and Representation in Problem Solving, In: Second Generation Expert System. Springer Berlin, 1993

Smillie, I.S.: Dashboard fractures of patella. BMJ 2, S. 203-205, 1954

Sommer, H.M.: The biomechanical and metabolic effects of a running regime on the achilles tendon in the rat. Int. Orthop 11, S. 71-75, 1987

Sonneck, G.: Medizinische Psychologie. Facultas, Wien 1999

Sozialgesetzbuch (SGB) Fünftes Buch (SGB V) Gesetzliche Krankenversicherung, zuletzt geändert durch Gesetz vom 22.12.1999 (BGBl I S. 2626). [www.bmg.esundheit.de](http://www.bmg.esundheit.de)

Sozialgesetzbuch (SGB) Siebtes Buch (SGB VII) - Gesetzliche Unfallversicherung - 3. Kapitel, Zweiter Unterabschnitt § 27-34

Sozialgesetzbuch (SGB) Neuntes Buch (SGB IX) - Rehabilitation und Teilhabe behinderter Menschen

Spaepen, A.J.: Kombination von Bewegungsanalyse und Bodenreaktionskraftmessung in der klinischen Anwendung und im Sport. In: Verdonck, A., Wiek, M. (Hrsg.): Tagungsband BOKINETIKA 94, Lüdenscheid, 1994, S. 132-139

Sprott, H., Wagner, K., Uebelhart, D.: Medizinische Trainingstherapie - Indikationen, Tips zur Verordnung - Medical training therapy (MTT). Rheumaklinik und Institut für Physikalische Medizin, Universitätsspital Zürich, Therapeutische Umschau, Band 58, Heft 8, Verlag Hans Huber Bern, 2001

Steinbrück, K.: Sportverletzungen und Überlastungsschäden. Ciba-Geigy, Wehr 1992

Steinbrück, K., Nicolaus, C.: Prinzipien der Rehabilitation nach Sportverletzungen - Rehabilitation nach vorderem Kreuzbandersatz. Dtsch. Zeitschr. Sportmed. Sonderheft, S. 268-272, 1996

Steininger, K., Buchbauer, J.: Funktionelles Kraftaufbau-Training in der Rehabilitation. Oberhaching 1994

Stoboy, H., Friedebold, G., Strand, F.: Evaluation of the effect of isometric training in functional and organic muscle atrophy. Arch. Phys. Med. Rehabil. 49, S. 508, 1968

Stoboy, H.: Theoretische Grundlagen zum Krafttraining. Schweiz. Z. Sportmed. 21, S. 149, 1973

Stoll, O. & Ziemainz, H.: Mentale Trainingsformen im Langstreckenlauf. Butzbach-Griedel. AFRA, 2000

Stucke, Ch., Schega, L., Niklas, A. & Stoll, O.: Movementanalytical problems for swimming in a complex diagnostical framework for chronic ill and disabled people. In: P. Blaser (Ed.), Sport Kinetics 97 – Theories of Human Motor Performance and their Reflection in Practice, Vol 1: Lectures (pp. 221-225). Hamburg: Czwalina

Stucki, G., Müller, K., Bochdansky, T., Schwarz, H., Smolensky, U.: Ist die ICIDH-Checkliste geeignet zur Klassifikation der funktionellen Gesundheit in der rehabilitativen Praxis ? Phys Rehab Kur Med 2000; 10: S. 78-85

Stucki, G.: Die internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (ICF) in der Rehabilitationsmedizin. In: 11 Rehabilitationswissenschaftliches Kolloquium, Teilhabe durch Rehabilitation vom 4. bis 6. März 2002 in München, Herausgeber des Tagungsbandes: PD Dr. M.F. Schuntermann, Dr. F. Schliehe

Stürmer, K.M. (Hrsg.): Leitlinien Unfallchirurgie. 2. Auflage, Thieme, Stuttgart New York 1999

Stüssli, E.: Was heisst Ganganalyse ? In: Swiss Med. Jg. 9, 1987, Heft 3b, S. 8-31

Szolovits, P.: Artificial Intelligence and Medicine. Westview Press Inc. 1982

Taffazoli, A.G.: Klinisch einsetzbare wissensverarbeitende Funktionen in einem onkologischen Informationssystem. Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Humanbiologie des Fachbereiches Humanmedizin der Justus-Liebig-Universität Giessen 1999

Tegner, Y.: Strength training in the rehabilitation of cruciate ligament tears. In: Sport Medicine. Jg. 9, Heft 2 S. 129-136, 1990

Teuber, L., Zimmermann, K.: Frühfunktionelle postoperative Rehabilitation aus Sicht des Physiotherapeuten. In: Pässler (Hrsg.): Der vordere Kreuzbandschaden: Operationen und Rehabilitation. Begleitheft zur gleichnamigen Videokassette. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, S. 69-108, 1997

The Regenstrief Institut: <http://www.regenstrief.org/backgrnd.htm>, vom 02.11.1999

Thistle, H., Hislop, H., Moffroid, M., Lowman, E.: Isokinetic contraction: a new concept of resistive exercise. In: Arch. phys. med. rehabil. Jg. 48, S. 279-288, 1967

Thomas, M., Busse, M.: Leitlinien zur ambulanten Rehabilitation von Erkrankungen des Bewegungsapparates, Ambulante Rehabilitation, Teil II <http://klinische-sportmedizin.de>  
KCS S. 4-26, 2002

Tittel, K.: Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen. VEB Gustav Fischer Verlag Jena 1978

Tittel, K., Schmidt, H.: Die funktionelle Anpassungsfähigkeit des passiven Bewegungsapparates an die sportlichen Belastungen. Med. und Sport 4-6, S. 129, 1974

Tober, H., "Erarbeitung von Lösungsvorschlägen zum Aufbau eines Ganganalysemeßplatzes für die Orthopädie", Forschungsbeleg, Technische Universität Dresden, 1987

Torchia, M.E., Lewallen, D.G.: Open fractures of the patella. J Orthop Trauma 10, S. 403-409, 1996

Trenz, O. Bühren, V. et. al.: Checkliste Traumatologie. Georg Thieme Verlag Stuttgart New York 2001

Tscheuschner, R., Tober, H. & Rosenberger, H.: Möglichkeiten einer quantitativ begründeten Ganganalyse zur Beurteilung der Prothesenanpassung. Biomed Technik. 39, S.156-161, 1994

Tümping, U. von: Bewegungstherapie an der Hüfte nach operativen Eingriffen. In: Physikalische Therapie 15, H. 11, S. 778-780, 1994

Turvey, M.T.: Preliminaries to a theory of action with reference to vision. In: R. Shaws & J. Bransford (Eds)., Perceiving, acting and knowing: Toward an ecological psychology (pp. 211-265) Hillsdale, N.J.: Erlbaum 1977

Inman, V.T., Ralston, H.J., Todd, F., "Human walking", Williams & Williams, Los Angeles 1981

Ulmer, H.V., Knieriemen, W.: Zur individuellen Variabilität der maximalen Haltezeit bei 50% der Maximalkraft mit Bezug zur statischen Dauerleistungsgrenze. In: Norpoth, K. (Hrsg.): Bericht über die 27. Jahrestagung der Dt. Gesellschaft für Arbeitsmedizin, Stuttgart: Gentner

Verlag, S. 271-274, 1987

Ulreich, A., Kullich, W., Klein, G., Ramach, W.: Ergebnisse der stationären postoperativen Rehabilitation nach Hüftgelenkersatz. In: Rehabilitation, 37, S. 117-122, 1998

Überla, K., Wildner, M.: Epidemiologie als Grundlage für gesundheitspolitische Entscheidungen, Public Health Forum 11, Urban & Fischer Verlag, Heft 40, S. 7-9, 2003

van den Ende, C.H.M., Vliet Vieland, T.P.M., Munneke, M., Hazes, J.M.W.: Dynamic exercise therapy for rheumatoid arthritis (Cochrane Review). The Cochrane Library 1999

van den Ende, C.H.M., Breedveld, C., le Cessie, S., Dijkmans, B.A., de Mug, A.W., Hazes, J.M.: Effects of intensive exercise on patients with active rheumatoid arthritis: a randomised clinical trial. Annals of the Rheumatic Diseases, 59, S. 615-621, 2000

Verband Deutscher Rentenversicherungsträger. Empfehlungen zur Weiterentwicklung der medizinischen Rehabilitation in der gesetzlichen Rentenversicherung. Bericht der Reha - Kommission des VDR. Frankfurt am Main 1991

Verkehr aktuell 01/2001, Statistisches Bundesamt 2001

Vertrag gem. § 34 Abs. 3 SGB VII zwischen dem Hauptverband der gewerblichen BG, dem Bundesverband der landwirtschaftlichen BG und dem Bundesverband der Unfallkassen einerseits und der Kassenärztlichen Vereinigung über die Durchführung von Heilbehandlung, die Vergütung der Ärzte sowie die Abrechnung der ärztlichen Leistungen, III § 23-38

(Hrsg.) Kassenärztliche Bundesvereinigung, Herbert-Lewin-Str. 3, 50931 Köln, 2001

Voll, J. (Hrsg.): Handbuch Sporttraumatologie Sportorthopädie. Heidelberg, Leipzig, Barth 1995

Wascher, D.C., Dvirnak, P.C., DeCoster, T.A.: Knee dislocation: initial assessment and implications for treatment. J Orthop Trauma 11, S. 525-529, 1997

Weber, W. & Weber, E.: Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge . Eine anatomisch-physiologische Untersuchung. Göttingen Dieterichsche Buchhandlung 1863

Weineck, J.: Optimales Training. Primed-Verlag Erlangen 1990

Weineck, J.: Sportanatomie. Primed-Verlag Erlangen 1994

Weller, S., Braun, A., Gekeler, J., Volkmann, R., Weise, K.: Das BIOCONTACT Hüftendoprothesensystem. Stuttgart: Thieme 1998

Werner, G.T., Diehl, R., Klimczyk, K., Rude, J.: Checkliste Physikalische und Rehabilitative Medizin - Naturheilverfahren. Georg Thieme Verlag Stuttgart New York 2000

Wetter, T.: Nutzenbewertung und Erfolgsfaktoren Wissensbasierter Entscheidungsunterstützung. Institut für Medizinische Biometrie und Informatik, Universität Heidelberg, Projektlaufzeit 9/1998-6/2001  
[http://www.med.uni-heidelberg.de/mi/research/finished\\_projects/dss/eval/eval/dt.htm#Themenheft](http://www.med.uni-heidelberg.de/mi/research/finished_projects/dss/eval/eval/dt.htm#Themenheft)

Whittle, M., "Gait Analysis, an Introduction", Butterworth-HEINEMANN Ltd. 1991

Wielinga, B., Schreiber, A.: Knowledge Technology: Moving into the

Next Millenium. In: Methodology and Tools in Knowledge-Based Systems, 11. International Conference on Industrial and Engineering Application of AI and Expert Systems, EA-98-AIE, Castellon, 1998

Wigertz, O: Making Decisions Based "Fuzzi" Medical Data - Can Expert Systems Help ? Meth. Inform. Med. 25, 1986

Winter, D.A.: Biomechanics of normal and pathological gait. In: J. Of mot. Behav. 21 (4) S.337-335, 1989

Weineck, J.: Optimales Training. Perimed Fachbuch Verlagsgesellschaft, Erlangen 1994

Weise, K., Maurer, J., Schrade, J.: Hüftgelenkluxationen und -frakturen, Acetabulumfrakturen-Indikation, Technik und Ergebnisse der konservativen Behandlung. Orthopäde 26, 4, S. 336-347 Springer Berlin Heidelberg 1997

Weidemann, H., Meyer, K.: Lehrbuch der Bewegungstherapie mit Herzkranken. Darmstadt: Steinkopf 1991

Weicker, H.: Biochemische, metabolische und muskuläre Adaptionen durch regelmäßige körperliche Aktivität im höheren Alter. Dtsch. Zeitschrift für Sportmedizin 47, S. 240-248, 1996

Weimann, D., Wydra, G.: Aquajogging als Ausdauertrainingsform bei orthopädischen Beeinträchtigungen. Gesundheitssport und Sporttherapie 15, S. 40-45, 1999

Weißbauer, W.: Rechtsfragen der Qualitätssicherung. In: Anästhesiologie und Intensivmedizin 32, S. 320-324, 1991

Wendl, K., Zinser, R., Hochstein, P., Grützner, P.A.: Frakturen der Kniescheibe. Eine häufig unterschätzte Verletzung. Trauma

Berufskrankheit. Springer Verlag, Bd. 4, H 1, S. 30-37, 2002

Werbeck, B.: Ganganalyse bei Hüftgelenkproblemen und therapeutische Übungen zur Behandlung von Patienten mit Hüftgelenkproblemen. In: Krankengymnastik 51, H. 11, S. 1855-1860, 1999

Whittle, M.W.: Gait analysis – an introduction, Oxford 1991

Winter, C.: Berufsgruppenübergreifende Kooperation als Qualitätsmerkmal für die Prozesse in der stationären Rehabilitation. Praxis der Klinischen Verhaltensmedizin und Rehabilitation 1995, 8 (29) S.74-83

Wirth, C. J. et al.: Biomechanik und Pathomechanik des oberen Sprunggelenkes. In: Hefte zur Unfallheilkunde. 1978, Nr 131 S. 10-22

Wirth, C. J. et al.: Praxis der Orthopädie. Band I: Konservative Orthopädie. Georg Thieme Verlag 2001

Wissenschaftliche Information der Bundesanstalt für Straßenwesen, Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland 1999, Info. 12/2001

Witte, H., Günther, H.H.: Die Bewegungsanalyse ist das wichtigste Werkzeug der Biomechanik zur Beantwortung klinischer Fragestellungen. Wie wähle ich die richtigen Verfahren und Geräte aus ? In: Rechnergestützte Verfahren in Orthopädie und Unfallchirurgie. Jerosch, J., Nicol, K., Peikenkamp, K. (Hrsg.) Steinkopff Verlag Darmstadt 1999, S.127-128

WHO - Weltgesundheitsorganisation. ICDH-2. Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit und Behinderung. Beta-2 Entwurf, Folien. Koordination Michael Schuntermann. Frankfurt am Main: VDR,

2000: <http://www.ifrr.vdr.de>. Januar 2001

Wittekopf, G., Beyer, L.: Physiologische Aspekte des motorischen Lernprozesses. Med. u. Sport 26, S. 144, 1986

Wussow u. Küppersbusch, Ersatzansprüche bei Personenschäden 6. Auflage, 1996

Yu, V.L., Buchanan, B.B. et al.: Antimicrobial selection by computer - A blind evaluation by infectious disease experts. In: Journal American Medical Association 242, S. 1279, 1979

ZAT-Zentralverband ambulanter Therapieeinrichtungen. Kurse zur Qualifikation in der ambulanten Rehabilitation. Medizinische Trainingstherapie / medizinisches Aufbautraining, Kurs: C10/MTT2: Trainingstherapie der unteren Extremitäten, 2002

Zimmermann, U.: Erwartungen der Leistungserbringer an die Qualitätssicherung. In: Prävention 1, S. 15-17, 1993

## Erklärung

Ich versichere, dass ich die eingereichte Dissertation „Entwicklung eines modularen Rehabilitationsverfahrens für Patienten mit Zustand nach Polytrauma der unteren Extremitäten auf der Grundlage sportwissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten“, selbständig und ohne unerlaubte Hilfsmittel verfasst habe. Anderer als der von mir angegebenen Hilfsmittel und Schriften habe ich mich nicht bedient. Alle wörtlich oder sinngemäß den Schriften anderer Autoren entnommenen Stellen habe ich kenntlich gemacht.

.....

Dirk Gropengießer

## Lebenslauf

von

Dirk Gropengießer

Geburtsdatum: 05.01.1957

Geburtsort: Schönebeck/Elbe

Staatsangehörigkeit: deutsch

1963	1970	Besuch der Polytechnischen Oberschule Gommern
1970	1976	Besuch der Kinder- und Jugendsportschule Magdeburg
Juli	1976	Abitur
1976	1981	Studium der Sportwissenschaften an der Deutschen Hochschule für Körperkultur Leipzig
Juli	1981	Abschluss: Diplom-Sportlehrer
Aug.	1981	Sportlehrer an der Fachschule der Feuerwehr
Sept.	1987	Heyrothsberge
Okt.	1987	
Okt.	1991	Nachwuchstrainer für Leichtathletik

Nov.	1991	Leitender Sporttherapeut an der Onkologischen
Sept.	1996	Rehabilitationsklinik in Wyk auf Föhr
Okt.	1996	Magister-Studium Public Health an der
		Medizinischen
Sept.	1998	Fakultät der Technischen Universität Dresden
Sept.	1998	Abschluss: Magister Public Health
Sept.	1998	freiberuflicher Rehabilitationsberater für
Sept.	2000	Haftpflichtversicherungen
Okt.	2000	Niederlassungsleiter eines privaten Rehabilitations-
		dienstleisters

## Danksagung

Dank dem Interesse von Herrn Prof. Dr. Dr. A. Niklas an der Fragestellung und seiner Bereitschaft, einem voll in das Berufsleben integrierten Sport- und Gesundheitswissenschaftler die Möglichkeit zu geben, sich wissenschaftlich weiter zu qualifizieren. Nur auf dieser Basis konnte die Idee der Entwicklung eines Rehabilitationsverfahrens für Patienten mit Zustand nach Polytrauma der unteren Extremitäten auf der Grundlage sportwissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten , realisiert und im Rahmen des Rehabilitationsmanagements eines privaten Dienstleisters umzusetzen werden.

Für die Übernahme des Zweit- bzw. Drittgutachtens danke ich Herrn Prof. Dr. Krüger und Herrn Prof. Dr. Hildebrandt.

Mein weiterer Dank gilt Herrn PD Dr. rer. nat. Blumentritt für die Durchführung der Ganganalysen und Herrn PD Dr. med. W. Laube für die Überlassung seiner neurophysiologischen Untersuchungsergebnisse.

Für die kritische Durchsicht der Manuskripte und ihre Hilfe in computertechnischen Fragen gilt ein herzlicher Dank meiner Kollegin Frau Ute Dross-Kempf.

Besonders bedanken möchte ich mich bei meiner Ehefrau Ute, die stets Verständnis für das Vorhaben hatte und in schwierigen Phasen motivierende Worte fand.