

**Aus der Klinik für Neuropädiatrie  
der St. Mauritius Therapieklinik Meerbusch  
Frau Privatdozentin Dr. med. Kristina Müller**

**Effekte motorischer Rehabilitation bei Kindern mit neurologischen  
Erkrankungen im Hinblick auf die motorischen Funktionen**

**Dissertation**

**zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf**

**vorgelegt von  
Matthias Florian**

**2017**

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.

Gez.:

Dekan: Herr Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Referentin: Frau PD Dr. med. Kristina Müller

Korreferent: Herr PD Dr. med. Felix Distelmaier

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Arbeitshypothese und Fragestellung	3
1.1. Arbeitshypothese	3
1.2. Fragestellung	3
2. Einleitung	4
2.1. Rehabilitation	4
2.2. Neurologische Erkrankungen im Kindesalter	4
2.2.a. Beispiel Cerebralparese	5
2.3. Therapie motorischer Störungen in der neuropädiatrischen Rehabilitation	9
2.3.a. Plastizität	11
2.3.b. Prinzipien des motorischen Lernens	12
2.3.c. Paradigmenwechsel	16
2.3.d. Evidenzbasierte Therapiemethoden	17
2.3.e. Therapieorganisation	23
2.4. Motorische Rehabilitation des Gangs, der posturalen Kontrolle und Statomotorik in der Klinik für Neuropädiatrie an der St. Mauritius Therapieklinik	25
3. Material und Methoden	31
3.1. Aufbau der Studie	31
3.2. Patienten	35
3.3. Statistische Auswertung	37
4. Ergebnisse	37
5. Diskussion	49
6. Zusammenfassung	54
7. Literaturverzeichnis	55
Anhang	
Danksagung	62
Einverständnis-Erklärung	63
Eidesstattliche Erklärung	65

## **1. Arbeitshypothese und Fragestellung**

### **1.1. Arbeitshypothese**

In der neurologischen Rehabilitation für Kinder und Jugendliche werden viele verschiedene Krankheitsbilder mit motorischen Störungen behandelt. Dabei handelt es sich sowohl um angeborene als auch um erworbene neurologische Störungen. Es existiert eine Vielzahl verschiedener Therapieverfahren. Das Therapieangebot in einer Rehabilitationsbehandlung sollte sich an dem aktuellen Wissen über die Funktion und Plastizität des Gehirns orientieren. Die Prinzipien des motorischen Lernens wirken wahrscheinlich modulierend auf die adaptive Plastizität des Gehirns.

Genau wie in anderen Bereichen der Medizin, sollte sich eine medizinische Behandlung auch im Bereich der Rehabilitation an den aktuellen Qualitätsstandards orientieren. Solche allgemeinen Standards existieren allerdings für die Rehabilitationsbehandlung von Kindern mit neuropädiatrischen Krankheiten noch nicht. Um die Behandlungsstandards mit einem hohen Grad an Evidenz entwickeln zu können, müssen einzelne Therapiekonzepte Effektivität unter Beweis stellen und mit anderen Methoden vergleichbar sein.

### **1.2. Fragestellung**

Erstes Ziel der in dieser Dissertation vorgestellten Studie ist es, nachzuweisen, dass verschiedene Therapieprogramme der Klinik für Neuropädiatrie der St. Mauritius Therapiekl. Meerbusch zur Verbesserung der motorischen Fähigkeiten, insbesondere der Steh- und Gehfähigkeit, die sich an den oben genannten Prinzipien orientieren, tatsächlich zu einer effektiven Verbesserung der motorischen Leistung bei Kindern mit neurologischen Erkrankungen führen und dies zu quantifizieren.

Zweites Ziel der Studie ist es, die Effektivität (in Form messbarer motorischer Verbesserungen) eines standardisierten Therapieprogramms mit einem individuellen Therapieprogramm mit ähnlichen Inhalten zu vergleichen. Dabei soll der Einfluss der Standardisierung des Therapieprogramms auf die Effektivität untersucht werden.

## **2. Einleitung**

### **2.1. Rehabilitation**

Gemäß einer Definition der WHO aus dem Jahre 1981 umfasst Rehabilitation alle Maßnahmen, die darauf abzielen die Auswirkungen einer Behinderung zu minimieren und Menschen mit einer Behinderung soziale Integration zu ermöglichen, also auch Maßnahmen, die die Umgebung des Menschen und die sozialen Bedingungen beeinflussen und verändern. (WHO Expert Committee on Disability Prevention and Rehabilitation 1981). Medizinische Rehabilitation im engeren Sinne wird in Deutschland im Neunten Sozialgesetzbuch „Rehabilitation und Teilhabe behinderter Menschen“ geregelt und ist durch die Gesundheitsreform seit April 2007 als Pflichtleistung der gesetzlichen Krankenversicherung verankert. Nach §1 SGB IX erhalten *„Behinderte oder von Behinderung bedrohte Menschen [...] Leistungen [...], um ihre Selbstbestimmung und gleichberechtigte Teilhabe am Leben in der Gesellschaft zu fördern, Benachteiligungen zu vermeiden oder ihnen entgegenzuwirken. Dabei wird den besonderen Bedürfnissen behinderter und von Behinderung bedrohter Frauen und Kinder Rechnung getragen.“* Zudem kann nach § 4 (1) SGB IX unabhängig von der Ursache der Behinderung neben einer ganzheitlichen Förderung auch die Verhütung einer Verschlechterung des Gesundheitszustandes Grund einer Rehabilitation sein – also auch durchaus der Erhalt des Status quo.

Notwendig hierzu ist ein sorgfältig geplantes Maßnahmenprogramm auf Basis aktueller medizinischer Erkenntnisse (Johnston 2009), welches an die Bedürfnisse des Individuums angepasst ist und das im Kindesalter vorhandene Entwicklungspotential ausschöpft. Nach § 20 (2) SGB IX müssen die *„Erbringer von Leistungen [...] ein Qualitätsmanagement sicher(-stellen), das [...] die Qualität der Versorgung gewährleistet und kontinuierlich verbessert“*. Für die Rehabilitation motorischer Störungen neurologisch kranker Kinder birgt dieser gerechtfertigte Qualitätsanspruch eine interessante Herausforderung.

### **2.2. Neurologische Erkrankungen im Kindesalter**

Im Fachbereich der Neuropädiatrie werden Patienten mit angeborenen und erworbenen neurologischen Erkrankungen im Kindes- und Jugendalter und im Sinne der Transition bis in das junge Erwachsenenalter hinein behandelt. Als Beispiel für angeborene neurologische Erkrankungen können vererbliche

neuromuskuläre oder neurodegenerative Erkrankungen, wie der Muskeldystrophie Duchenne oder die Spinale Muskelatrophie genannt werden, als Beispiel für erworbene Hirnschädigungen das Schädel-Hirn-Trauma, der kindliche Schlaganfall oder die Cerebralparese, auf die wegen ihrer besonderen Bedeutung für die Studie gesondert eingegangen wird (siehe unten).

Die Unterschiedlichkeit der neurologischen Erkrankungen mit ihren unterschiedlichen klinischen Auswirkungen gepaart mit der großen Altersspannbreite des Patientenkollektivs und damit der altersentsprechenden Fähigkeiten, Alltagsanforderungen und Bedürfnisse der Patienten stellt eine besondere Herausforderung in der neuropädiatrischen Rehabilitation dar. Nicht selten liegen bei neuropädiatrischen Patienten zudem komplexe klinische Beeinträchtigungen vor, die motorische, sprachliche, kognitive / intellektuelle, emotionale und soziale Probleme umfassen können. Zu beachten ist auch der Einfluss der Ernährung (Verschuren und Peterson 2016; van Praag 2009) und des Ernährungsstatus (Brooks et al. 2011; Ferluga et al. 2014; Plasschaert et al. 2008) auf die Entwicklung, auf die (nicht nur) motorischen Fähigkeiten und letztlich Mobilität der Patienten. Weitere Einflussparameter sind die eventuell durchgeführten Behandlungen der zu Grunde liegenden Erkrankung, z. B. Nebenwirkungen einer Chemotherapie bei Kindern mit Hirntumoren oder Teilbelastung nach orthopädischen Operationen bei Kindern mit einer Cerebralparese. Gleichzeitig verändern sich die klinischen Beschwerden nicht nur chronisch progredienter Erkrankungen, sondern zum Beispiel auch bei der Cerebralparese mit dem Alter (Kerr et al. 2011).

### **2.2.a. Beispiel Cerebralparese**

Der Begriff Cerebralparese (CP) ist ein Sammelbegriff und beschreibt eine Krankheitsgruppe *„dauerhafter, aber nicht unveränderlicher Störungen der Bewegung und / oder Haltung und der motorischen Entwicklung bedingt durch eine nicht progressive Störung, Läsion oder Fehlbildung des sich entwickelnden, unreifen Gehirns“* (Krägeloh-Mann und Cans 2009; Rosenbaum et al. 2007). Die motorische Entwicklungsstörung ist dabei oft vergesellschaftet mit einer Störung der Sensibilität, Wahrnehmung, kognitiven Fähigkeiten, Kommunikation oder des Verhaltens sowie mit der Entwicklung einer Epilepsie oder sekundären muskuloskelettalen Problemen (Rosenbaum et al. 2007). Ausgeschlossen sind insbesondere progressive Erkrankung der motorischen Entwicklung, die mit einem Verlust motorischer Fähigkeiten einhergehen

(Potter 2007). Nach Angaben des 1998 gegründeten europäischen CP-Netzwerks SCPE (Surveillance of Cerebral Palsy in Europe) liegt die aktuelle Inzidenz bei 1,5 – 2 auf 1000 Lebendgeburten in Europa (SCPE Network 2016). Die CP stellt damit die häufigste Ursache für körperliche Behinderungen in der frühen Kindheit dar (Krägeloh-Mann und Cans 2009).

Die CP wird in drei Subtypen unterteilt: Der mit einem Anteil von ca. 90% bei weitem häufigste Subtyp ist die spastische CP, bei welcher man die unilateral spastische CP (US-CP) von der bilateral spastischen CP (BS-CP) unterscheidet. Weitere Subtypen sind die dyskinetische und die ataktische CP (Potter 2007).

Die Prävalenz der CP nimmt zu mit niedrigerem Geburtsgewicht und größerer Unreife von Frühgeborenen und ist in ca. 80% der Fälle auf eine Fehlentwicklung oder Schädigung des Gehirns zurückzuführen, die sich unter anderem anhand bildgebender Verfahren, wie der Kernspintomografie, häufig bestimmten zeitlichen Abschnitten der pränatalen Entwicklung zuordnen lässt (Krägeloh-Mann und Cans 2009). Ausdehnung und Topographie der Schädigung bestimmen dabei die Schwere, den Subtyp und das Auftreten begleitender Störungen / Erkrankungen (Krägeloh-Mann und Cans 2009). Aber auch postpartale Hirnschädigungen können in dem Krankheitsbild der CP münden, wenn sie zu einer dauerhaften Schädigung des unreifen Gehirns führen, z. B. Entzündungen oder Hirnblutungen. Eine klare Altersobergrenze für den Beginn einer CP im Sinne eines spätesten Zeitpunktes der Hirnschädigung ist nicht definiert. Als unumstritten gilt der Zeitraum der Neonatalperiode bis zum 28. Lebenstag nach der Geburt (Smithers-Sheedy et al. 2014). Darüber hinaus besteht zwischen den weltweiten CP-Registern kein Konsens bezüglich einer Altersobergrenze der postpartalen Hirnschädigung für die Aufnahme in die entsprechenden CP-Register (Smithers-Sheedy et al. 2014). Es scheint generell sinnvoll zu sein, die CP postneonatalen Ursprungs (definiert als Hirnschädigung nach mehr als 28 vollendeten Tage nach der Geburt) von der prä- und perinatalen Ursprungs zu unterscheiden (Potter 2007). Rosenbaum et al. sehen dabei die ersten zwei bis drei Lebensjahre als entscheidend an (Rosenbaum et al. 2007).

Die spastische CP wird charakterisiert durch wenigstens zwei der folgenden Merkmale: abnormale Bewegungs- oder Haltungsmuster, erhöhter Muskeltonus (welcher nicht zwangsläufig durchgehend auffällig sein muss) und pathologisch gesteigerte Muskelreflexe, wie Muskeleigenreflexe (z. B. der Patellarsehnenreflex) oder Pyramidenbahnzeichen, wie der Babinski-Reflex (SCPE Network 2016). Das Kennzeichen der Spastik ist dabei eine von der Geschwindigkeit der Bewegung abhängige Steigerung des Muskeltonus (geschwindigkeitsabhängiger Dehnungswiderstand).

Ein führendes Symptom der Cerebralparese ist die tiefgreifende Muskelschwäche (Parese) selbst bei frei gehfähigen Kindern, welche multifaktoriell, z. B. durch verminderte Aktivierung motorischer Einheiten, Störungen der intramuskulären Koordination, Muskelatrophie oder eine Koaktivierung antagonistischer Muskeln bedingt ist (McNee et al. 2009). Dabei verursacht die Reduktion der Muskelkraft vielleicht größere Einschränkungen bei den Aktivitäten des täglichen Lebens als die Spastik (Ross und Engsberg 2007). Bereits ab einem Alter von 15 Monaten sind bei Kindern mit (drohender) CP signifikante Abweichungen des Muskelwachstums im M. gastrocnemius bei (noch) normalem Knochenwachstum zu verzeichnen (Herskind et al. 2016). Zudem weisen Kinder mit einer Cerebralparese eine geringere und weniger komplexe neuromuskuläre Kontrolle des Gangs auf und es zeigen sich weniger muskuläre Synergieeffekte. Dies korreliert mit Einschränkungen in den Bereichen der selektiven Muskelansteuerung / selektiven motorischen Kontrolle, der Kraft und mit funktionellen Einbußen (Steele et al. 2015). Trotz der nicht progressiven Natur der Hirnschädigung entwickelt sich im Verlauf der Kindheit und Jugend nicht selten eine altersabhängige Abnahme motorischer Fähigkeiten, die unter anderem zu einer kontinuierlichen Verschlechterung des Gangs führen kann (Kerr et al. 2011). Die Beeinträchtigungen können letztlich zu Mobilitätseinschränkungen, Kontrakturen und Knochendeformitäten führen und in einer Verringerung der körperlichen Aktivität und Teilhabe am täglichen Leben münden. Zudem ist die Gefahr von Frakturen bei eingeschränkter Mobilität (und damit nicht selten verringerter Knochendichte) erhöht. Dies gilt vor allem, wenn gleichzeitig weitere Frakturen begünstigende Faktoren, wie die Einnahme von Valproat oder anderen Antikonvulsiva bei komorbid bestehender Epilepsie, hinzukommen (Uddenfeldt Wort et al. 2013).

Zur klinischen Einschätzung des funktionellen Schweregrades der CP wird von der SCPE die Nutzung standardisierter Klassifikationsmethoden empfohlen (Krägeloh-Mann und Cans 2009; Smithers-Sheedy et al. 2014). Zur Einschätzung der grobmotorischen Funktionen hat sich weit verbreitet der GMFCS (Gross Motor Function Classification System) etabliert (Palisano et al. 1997), zur Einschätzung der Funktion und Feinmotorik der oberen Extremität der MACS (Manual Ability Classification System) und der BMFM (Bimanual Fine Motor Function System) (SCPE Network 2016; Krägeloh-Mann und Cans 2009). Weitere Klassifikationssysteme stehen mittlerweile zur Verfügung, wie z. B. der CFCS (Communication Function Classification System) zur Beurteilung der Kommunikationsfähigkeit (Barty et al. 2016) oder MRICS (MRI Classification System) zur Einteilung der CP nach Befunden der Kernspintomographie (Hidecker et al. 2011; Himmelmann et al. 2016).

Das für diese Studie relevanteste Klassifikationssystem, der GMFCS, unterteilt Kinder mit CP zum einen in 5 Altersstufen und innerhalb jeder Altersstufe in 5 Kategorien (GMFCS I – V), denen jeweils spezifische definierende motorische Fähigkeiten zugeordnet werden.

Als einheitliches Instrument zur fach- und länderübergreifenden Beurteilung und Beschreibung des funktionellen Gesundheitszustandes und der Behinderung eines Menschen wurde 2001 von der Weltgesundheitsorganisation der ICF (International Classification of Functioning, Disability and Health) etabliert. Dabei werden die krankheitsbedingten Einschränkungen in verschiedenen bestimmten Kategorien beschreiben: Körperstruktur / -funktion, Aktivität und Teilhabe / Partizipation. Ebenfalls berücksichtigt werden Umgebungs- / Umweltfaktoren. Mittlerweile gibt es für Kinder eine Version „Children and Youth“, die die besonderen Bedürfnisse und alterstypischen Aktivitäten berücksichtigt.

Die Therapie der CP orientiert sich an den Kategorien der ICF. Während bei einigen Therapieoptionen die Körperstruktur und -funktion in den Vordergrund gestellt wird (z. B. van den Broeck et al. 2010), legen andere Behandlungsformen den Schwerpunkt auf die Förderung der Aktivität (Damiano 2006; Kim und Park 2011) oder Teilhabe (Slaman et al. 2015; Ryan 2016; Adair et al. 2015). Zudem stehen die Beeinflussung persönlicher Faktoren, wie der Motivation der Kinder (und ihrer Eltern) im Fokus der Aufmerksamkeit (Tatla et al.

2013), sowie die Veränderung personenbezogener Umweltfaktoren, z. B. im Rahmen der sogenannten Kontext-Therapie (Darrah et al. 2011; Law et al. 2011).

Die Behandlung der komplexen und individuellen Probleme von Kindern mit einer Cerebralparese können nur durch ein interdisziplinäres Behandlungsteam aus Neuropädiatern, Orthopäden, Neurochirurgen, Physio- und Ergotherapeuten, Logopäden u.v.m. gewährleistet werden. Für die Behandlung motorischer Störungen bei Kindern mit bilateral spastischer CP stellten Heinen et al. 2009 eine integrative Behandlungsgraphik vor, die Therapiekurven – CP Motorik (CP graph Treatment Modalities - Gross Motor Function). Auch hier wird die Notwendigkeit einer interdisziplinären Behandlung betont. Die Behandlung der klinischen Probleme wird im zeitlichen Verlauf und in Abhängigkeit der altersentsprechenden Schweregrade der motorischen Störungen anhand der GMFCS-Einteilung dargestellt. Dabei stellen „funktionelle Therapien“ mit einem problembezogenen Fokus die Basis dar und werden als einzige der genannten Therapieoptionen für alle Altersgruppen und alle Schweregrade nach GMFCS empfohlen (Heinen et al. 2009).

### **2.3. Therapie motorischer Störungen in der neuropädiatrischen Rehabilitation**

Die Behandlung motorischer Störungen bei neurologischen Erkrankungen im Kindesalter basiert auf verschiedenen Prinzipien, z.B.:

- Funktionelle Therapieformen und übende Therapieverfahren, wie Physio-, Ergo- oder Sporttherapie
- Anwendung von Hilfsmitteln, wie Orthesen und Gehhilfen
- Medikamentöse Therapieformen:
  - Medikamentöse Neurostimulantien, „Drivers of plasticity“,
  - Medikamentöse Behandlung von Dystonie oder Spastik, wie
    - Behandlung mit Botulinum-Toxin-Injektionen
    - Orales oder intrathekales Baclofen
- Operative Interventionen:
  - Orthopädische Verfahren mit Operation der Muskeln oder Knochen
  - Neurochirurgische Verfahren, wie dorsale Rhizotomie oder Tiefenhirnstimulation

Der Fokus dieser Studie liegt im Folgenden auf der Behandlung durch die sogenannten übenden Verfahren, wie Physio- und Sporttherapie im Rahmen der neuropädiatrischen Rehabilitation und dabei insbesondere auf den Therapieformen zur Verbesserung der posturalen Kontrolle, Statomotorik und des Gehens.

*„Grundsätzlich sollte der Qualitätsanspruch an übende Therapieverfahren der gleiche sein, wie für Medikamente oder definierte Therapieschemata (z. B. in der Onkologie). Arzt und Patient erwarten, dass medikamentöse Therapiekonzepte aktuellen wissenschaftlichen Kriterien genügen und ihre Wirksamkeit ständig durch wissenschaftliche Studien validiert werden. Wirkungen und Nebenwirkungen sollten bekannt sein.“* (Müller 2011)

Patienten müssen dementsprechend über das konkrete Ziel und die Wirksamkeit eines bestimmten Therapieverfahrens sowie über eventuelle Risiken und mögliche Nebenwirkungen ebenso aufgeklärt werden, wie bei operativen oder medikamentösen Therapien auch. Jeder Patient hat das Recht und den Anspruch auf die bestmögliche Behandlung. Dieser Leistungsanspruch bezieht sich nicht nur auf die Qualität der Behandlung, sondern auch auf die z. T. immensen Kosten, die mit der Behandlung und Rehabilitation von Kindern mit chronischen neurologischen Störungen einhergehen, zumal eine kausale Therapie der zugrunde liegenden Hirnschädigung nicht existiert (Goldstein 2004). Kosten und Nutzen müssen bei der Wahl der Therapien in Einklang gebracht werden. Hierzu ist es notwendig Entscheidungen auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse zu treffen (Papavasiliou 2009; Greenwood 2012).

Moderne neuropädiatrische Rehabilitation im Kontext von Qualitätssicherung und Kosten-Nutzen-Analyse muss also ziel- und ergebnisorientiert sein und sollte Therapieverfahren auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse im Sinne einer evidenzbasierten Medizin einsetzen (Damiano 2014). *„Evidenzbasierte Medizin ist der ausdrückliche, gewissenhafte und vernunftbasierte Gebrauch der gegenwärtig besten externen Evidenz zur Entscheidungsfindung in der Behandlung individueller Patienten“* (Sackett David L et al. 1996). Dies macht die neuropädiatrische Rehabilitation zu einem interessanten *„Forschungsfeld mit dem Ziel, aktuelles Wissen für unsere Patienten direkt nutzbar zu machen“*. (Müller 2007)

### **2.3.a. Plastizität des Gehirns**

Die zunehmenden Erkenntnisse der Grundlagenforschung der Neurowissenschaften, Kenntnisse der Neurophysiologie sowie die bildgebenden Verfahren ermöglichen einen größeren Einblick in die Wirksamkeitsmechanismen rehabilitativer Therapieverfahren (Johnston 2009; Kleim und Jones 2008). Vor allem das Wissen um die Plastizität des Gehirns hat entscheidenden Einfluss auf die neurologische und neuropädiatrische Rehabilitation motorischer Störungen nach einer Hirnschädigung genommen. Als Neuroplastizität bezeichnet man die Fähigkeit des Nervensystems auf intrinsische und extrinsische Stimuli mit Reorganisation auf struktureller und funktioneller Ebene zu reagieren. Veränderungen vollziehen sich auf molekularer, zellulärer und systemischer Ebene bis hin zu einer Veränderung des Verhaltens und treten nicht nur während der frühkindlichen Entwicklung auf, sondern auch darüber hinaus als Reaktion auf das Umfeld oder auf Erkrankungen, als Ergebnis von „Lernen“ oder als Effekt einer Therapie (Cramer et al. 2011). Plastizität ist der Mechanismus, mit dem das Gehirn neues Verhalten kodiert und lernt (Kleim und Jones 2008). Dieser Prozess wurde zuerst ausführlich von Hubel et al. anhand von Veränderungen des visuellen Systems in Abhängigkeit von sensorischen Stimuli beschrieben (Hubel et al. 1977).

Das menschliche Gehirn besitzt u. a. durch Plastizität weitreichende Möglichkeiten der Kompensation und Reorganisation nach einer Schädigung. Dies konnte z. B. bereits bei frühen Schädigungen des kortiko-spinalen Systems während der Schwangerschaft nachgewiesen werden (Staudt 2007). Der Prozess der strukturellen und funktionellen Reaktion des Gehirns auf eine Schädigung wird als adaptive Plastizität bezeichnet (Johnston 2009). Als maladaptive Plastizität beschreibt man die negativen Folgen adaptiver Plastizität, wie z. B. den Phantomschmerz oder die sekundäre Dystonie (Johnston 2009). Mechanismen und Auswirkungen der (adaptiven) Plastizität sowie Möglichkeiten der Einflussnahme auf diesen Prozess waren Gegenstand ausgedehnter Forschung der letzten Jahre (Bisio et al. 2015; Damji et al. 2015; Dinse et al. 2011; Grefkes und Fink 2012; Johnston 2009; Kleim 2011; Kleim und Jones 2008; Nelson et al. 2004; Reich et al. 2012; Seitz 2011; Staudt 2007; van Praag 2009; Zatorre et al. 2012).

So konnte zum Beispiel nachgewiesen werden, dass sensorische Stimuli direkte Auswirkungen auf das motorische System haben (Dinse et al. 2011). Beispielsweise führte die sogenannte „Paired afferent Stimulation“ (PAS), eine Kombination aus peripherer sensorischer Stimulierung und transkranieller Magnetstimulation (TMS) des motorischen Kortex bei Erwachsenen zu einer rapiden, reproduzierbaren und topographisch spezifischen Zunahme der Erregbarkeit des motorischen Kortex. Es konnte an gesunden, normal entwickelten Kindern nachgewiesen werden, dass dieser Effekt altersunabhängig auch in der Kindheit vorhanden und reproduzierbar war (Damji et al. 2015). Strukturelle Neuroplastizität konnte als Reaktion auf Maßnahmen der Neurorehabilitation bei Patienten mit Hemiparese nach Schlaganfall beobachtet werden. Aktivitätsabhängige Neuroplastizität scheint auch bei der Störung der motorischen Entwicklung bei Kindern mit einer Cerebralparese eine Rolle zu spielen (Johnston 2009). Die Plastizität des Gehirns ist für die Rehabilitation nach einer Hirnschädigung bedeutsam und es sollten Therapieverfahren eingesetzt werden, die die adaptive Plastizität mit dem Ziel eines guten funktionellen Ergebnisses fördern. Das heißt, Therapie muss modulierend auf das ZNS und dessen Reorganisationsvermögen einwirken (Goldstein 2004; Kleim 2011; Müller 2011). Dafür ist es notwendig, die Prinzipien der neuronalen Plastizität zu kennen und sie als „Drivers of Plasticity“ nutzen zu können (Kleim und Jones 2008).

### **2.3.b. Prinzipien des motorischen Lernens**

Für die Modulierung, Förderung oder Faszilitation adaptiver Plastizität in der Rehabilitation motorischer Störungen im Kindesalter sind ebenso die Prinzipien des motorischen Lernens im Rahmen der normalen motorischen Entwicklung (siehe Übersicht 1) von großer Bedeutung (Müller 2011, 2007) welche im Folgenden kurz erläutert werden sollen.

#### Aufgabenorientiertes aktives Üben im alltagsbezogenen Kontext

Aktives Durchführen motorischer Bewegungsabläufe umfasst das isolierte sensomotorische Üben einzelner Bewegungen sowie aufgabenorientiertes Training von komplexen Bewegungsabläufen, z.B. das Gehen. Wie auch in der normalen motorischen Entwicklung von Kindern sollten die zu übenden Bewegungsabläufe alltagsrelevant sein. Insbesondere Kinder sind kaum zu motivieren, Aktivitäten zu üben, die für sie im Alltag keine Relevanz besitzen.

Die Sinnhaftigkeit des Übungsziels ist für sie ein entscheidender Motivationsparameter (siehe unten). Des Weiteren sollten die Bewegungsabläufe im Sinne einer Variabilität auf dem Weg zum Ziel unter verschiedenen Kontextbedingungen (Gehen auf ebenem Untergrund, auf dem Laufband, auf unebenen Flächen oder Kieswegen, Treppensteigen) trainiert werden. Dies wird als aufgabenorientiertes Vorgehen bezeichnet. *„Begründet wird dieses Vorgehen mit der Erkenntnis, dass das ZNS Aktivitäten zielorientiert plant und bei unterschiedlichen Kontextbedingungen jeweils unterschiedliche Muskeln zur Bewältigung funktioneller Anforderungen aktiviert werden. [...] Die Daten zur Verbesserung der Gehfähigkeit sprechen für ein aufgabenorientiertes repetitives Training. Es soll das geübt werden, was man können will und am besten in einem Kontext, der den Anforderungen im Alltag entspricht. Ein isoliertes Üben von Teilbewegungen führt nicht zu einer Verbesserung der Gehfähigkeit.“* (Freivogel 2011).

**Grundsätze des motorischen Lernens**

- Aktives Durchführen
- Lernen in einem alltagsrelevanten Kontext
- Variabilität auf dem Weg zum Ziel
- Repetition
- Intensität / Dosis der Behandlung:
  - Einerseits: Viel hilft viel!
  - Andererseits: Konsolidierung des motorischen Gedächtnisses (Relation Übung zu Pause beachten)
- Arbeiten an der Leistungsgrenze
- Feedback (sensorische Rückkopplung)
- Motivation / Emotion
- Lernen durch Imitation und Imagination
- Zeitgang: zu frühe - frühe – späte – zu späte Behandlung
- Modulation des afferenten Inputs oder der kortikalen Exzitabilität / Drivers of Plasticity:
  - Peripher durch Veränderung des afferenten Inputs (z. B. Strom / Elektrostimulation, randomisierte oder nichtrandomisierte Vibration)
  - Im ZNS durch Medikamente: noradrenerge Agonisten

**Übersicht 1: Grundsätze des motorischen Lernens**

(mit freundlicher Genehmigung von Fr. PD Dr. med. K. Müller)

Es konnte allerdings nachgewiesen werden, dass sensorische Stimulation mittels repetitiver Elektrostimulation oder transkranieller Magnetstimulation (TMS) in Kombination mit aktivem Üben zu einer Steigerung der Plastizität und Verbesserung des motorischen Lernens von Bewegungsabläufen führt

(Ladda et al. 2014; Dinse et al. 2011; Grefkes und Fink 2012; Johnston 2009). Dies spricht dafür, sensorische Stimulation zur Unterstützung aktiver Übungen als Therapieergänzung hinzuzunehmen. Dies entspricht auch dem Prinzip der „Variabilität auf dem Weg zum Ziel“.

#### Repetition und Therapieintensität

Es hat sich gezeigt, dass eine hohe Anzahl an Wiederholungen hilfreich ist, um bestimmte Bewegungsabläufe zu erlernen (Freivogel 2011; Müller 2007; Veerbeek et al. 2011). Da dies zum Teil die Möglichkeiten der Therapie überschreitet, können an dieser Stelle evtl. Robot-assistierte Therapien zum Einsatz kommen (Fasoli et al. 2012; Schroeder et al. 2014), obwohl sie nicht per se anderen Therapien überlegen sind (Burrige und Hughes 2010). Insgesamt wird ein intensives Training nach dem Prinzip „Viel hilft viel“ als besonders effektiv befürwortet (Kleim und Jones 2008; Veerbeek et al. 2011; Veerbeek et al. 2014; Damiano 2006), wenn es aufgabenspezifisch ist (ReMoS-Arbeitsgruppe 2015). Anzustreben ist ein als Shaping bezeichnetes Arbeiten an der Leistungsgrenze mit sukzessiver Steigerung des Schwierigkeitsgrades (Freivogel 2011; Kleim und Jones 2008; Verschuren et al. 2016). Auf der anderen Seite benötigt das Gehirn zur Konsolidierung des motorischen Gedächtnisses Pausen und eine zu hohe Intensität steigert die Verletzungsgefahr (Müller 2011; Freivogel 2011; Verschuren et al. 2016).

#### Feedback

*„Das intrinsische Feedback zur Bewegungswahrnehmung und zum Bewegungserfolg ist ein wichtiger Faktor des Bewegungslernens und wird durch passive Bewegung im Sinne der Vermittlung einer Bewegungsidee unterstützt.“* (Freivogel 2011). Im Sinne der Bevorzugung eines aktiven Übens sollten passive Bewegungsübungen jedoch nur wenn notwendig zur Anwendung kommen.

Externes Feedback, also die Rückmeldung zur Durchführung einer Übung oder das Biofeedback, stellen weitere erfolgreiche Faktoren zur Unterstützung des motorischen Lernens dar. Positives Feedback durch einen Therapeuten über einen durchgeführten Bewegungsablauf oder eine absolvierte Übung steigert die Motivation und Effektivität der Übung (Wulf und Lewthwaite 2011). Motorische Aktivitäten werden schneller gelernt, wenn ein externer Fokus der Aufmerksamkeit gewählt wird (Freivogel 2011; Wulf und Lewthwaite 2011).

Das beginnt mit der Beobachtung der eigenen Bewegung in einem Spiegel, z. B. beim Laufbandtraining oder bei der Durchführung von Kraftübungen. Moderne Therapiegeräte bieten darüber hinaus zunehmend Feedbackmöglichkeiten, z. B. indem durch die zu übende Bewegung eine Spielfigur auf einem Monitor gesteuert wird. Hier liegt ein deutlicher Vorteil des interaktiven Computerspiels zu Therapiezwecken (Fasoli et al. 2012; Goldstein 2004; Sandlund et al. 2009).

#### Lernen durch Imitation und Imagination

Imitation ist vielleicht die im Kindesalter bedeutsamste Form des Lernens. Kinder schauen sich motorische Fähigkeiten und Verhaltensweisen von ihren Eltern und „Idolen“ ab. Diese Imitation beginnt mit der Beobachtung von z. B. Bewegungsabläufen. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Beobachtung von Bewegungsabläufen zu einer Modulation der Erregbarkeit im primären motorischen Kortex führt (Bisio et al. 2015). Verantwortlich hierfür ist das sogenannte Spiegelneuronensystem. Diese Erkenntnis wird nicht nur von Sportlern beim Erlernen neuer Bewegungsabläufe genutzt, sondern findet auch als Videotherapie in der Rehabilitation motorischer Störungen Anwendung. Schlaganfallpatienten lernten in einer Studie eine bestimmte Greifbewegung besser, wenn sie sich die Bewegung vorher in einem Video angesehen hatten (Hanzel und Grieshammer 2011).

Auch die Imagination, also die Vorstellung von Bewegungsabläufen spielt eine wichtige Rolle beim motorischen Lernen. Nach der Beobachtung eines Bewegungsablaufes beeinflusst auch die Vorstellung, diesen Bewegungsablauf selber durchzuführen, kortikale Strukturen und Aktivitätsprozesse im motorischen Kortex und wird von Sportlern als hilfreich erachtet, die jeweilige Leistung zu verbessern (Wolpert et al. 2011; Freivogel 2011).

#### Motivation

Insbesondere im Kindesalter ist Motivation der Schlüssel zum Erfolg einer Therapie (Goldstein 2004). Dies gilt sowohl für die Motivation der Kinder selbst, als auch für die Motivation der Eltern und der Therapeuten (Tatla et al. 2013). Wie schon beschrieben spielen neben dem positiven Feedback und der positiven Verstärkung gewünschter Bewegungsabläufe durch den Therapeuten auch die Alltagsrelevanz und der Stellenwert der zu erlernenden Aktivität eine erhebliche Rolle für die Motivation: „Salience matters“ (Kleim und

Jones 2008). Spielerisches Vorgehen sowie Arbeiten in der Gruppe als „Wettbewerbsfaktor“ können geeignet sein, um die Motivation zu steigern. Ebenso kommt hier erneut dem interaktiven Computerspiel eine besondere Bedeutung zu (Sandlund et al. 2009; Fasoli et al. 2012). Vor allem müssen jedoch gerade im Hinblick auf die Motivation die individuellen Wünsche, Ziele und Vorlieben der Patienten berücksichtigt werden.

### Zeitgang

„Time Matters“ (Kleim und Jones 2008). Vor allem für die Rehabilitation nach einem Schlaganfall konnte in vielen Studien dargelegt werden, dass ein früher Beginn der Rehabilitation von entscheidender Bedeutung für das Wiedererlernen motorischer und anderer Fähigkeiten ist. Allerdings muss auch eine vulnerable Phase in den ersten Tagen der Erholungsphase des ZNS unmittelbar nach dem Schlaganfall berücksichtigt werden, in denen eine zu frühe Aufnahme intensiven Trainings schädigend wirken kann (Seitz 2011). Auf der anderen Seite können Erfolge durch Rehabilitation auch noch lange nach einer Hirnschädigung erzielt werden, wie sich in der Behandlung von Kindern mit einer Cerebralparese durch die gesamte Kindheit bis in die Adoleszenz hinein nachweisen lässt. Es ist also nie zu spät mit einer Behandlung zu beginnen. Die von der Arbeitsgruppe „Rehabilitation motorischer Störungen nach Schlaganfall“ erarbeitete Leitlinie zeigt dabei sehr gut, dass zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach einer Hirnschädigung unterschiedliche Therapieverfahren am besten geeignet sein können, um die Mobilität zu verbessern (ReMoS-Arbeitsgruppe 2015).

### **2.3.c. Paradigmenwechsel**

Aus den oben veranschaulichten Therapieprinzipien motorischer Störungen ergab sich in den letzten Jahren ein Paradigmenwechsel innerhalb der Physiotherapie. Damiano empfahl 2006 für das Management der Physiotherapie einen Wechsel von der traditionellen Herangehensweise eines fertigen Gesamtpaketes hin zu einer mehr fokussierten und proaktiven Herangehensweise mit einer Förderung von Aktivität durch intensivere aktivere Therapieprotokolle, Anpassung des Lebensstils und die Mobilität fördernde Hilfsmittel (Damiano 2006). Im deutschsprachigen Raum waren Therapieverfahren auf sogenannter „neurophysiologischer Basis“ zur Behandlung motorischer Störungen (von Kindern) lange Zeit weit verbreitet. Diese Verfahren wurden

häufig nach ihren Erfindern (z. B. Vojta oder Bobath) genannt und postulierten, oft auch in Konkurrenz zueinander, jeweils für sich das am besten geeignete Verfahren zur Behandlung motorischer Störungen im Kindesalter zu sein. Kerngedanke dieser Behandlungskonzepte ist das sogenannte „Hands-on“, *„die Förderung eines somatosensiblen Inputs zur Erzielung eines motorischen Outputs. Der Therapeut setzt diesen Input in der Regel mit seinen Händen an bestimmten Schlüsselpunkten oder Reizzonen. Ziel ist es, durch diesen Input ein erwünschtes Bewegungsmuster zu faszilitieren“* (Freivogel 2011). Dieses Vorgehen ist mit den heutigen neurowissenschaftlichen Erkenntnissen nicht mehr vereinbar. Die entsprechenden Therapieverfahren konnten ihre Überlegenheit in wissenschaftlichen Studien nicht belegen (Papavasiliou 2009; Anttila et al. 2008; Brock et al. 2011; Kollen et al. 2009; Novak et al. 2013) und werden in den großen Therapiestudien der letzten Jahre nicht mehr oder nur bedingt empfohlen (Papavasiliou 2009; Novak et al. 2013; Damiano 2006).

Die Verdrängung personenbezogener hin zu evidenzbasierten Therapieverfahren ging mit einem Wechsel vom „Behandeln“, im Sinne des sogenannten „Hands-on“ hin zu einer Handlungsanleitung, zum „Trainieren“ oder zum „Coaching“ einher, welches dementsprechend auch als „Hands-off“ bezeichnet wird. „Hands-on“ ist dabei noch nötig, wo höhergradige Paresen oder eine Verminderung der Vigilanz ein aktives Handeln des Patienten unmöglich machen (Hömborg et al. 2011). Ebenso werden klar definierte Einzelbehandlung, die Kernarbeit des „Hands-on“, zu Gunsten eines Gruppentraining wo immer möglich verlassen. Dies ermöglicht das Trainieren über einen längeren Zeitraum von mehreren Stunden an mehreren Stationen im Sinne eines therapeutischen Zirkels (Hömborg et al. 2011). Gruppentraining steigert Motivation und Wettbewerb, ermöglicht Beobachtung von Bewegungsabläufen bei Anderen und damit Aktivierung des Spiegelneuronensystems sowie das Einfügen von Pausen (einer trainiert, einer beobachtet, einer macht Pause...) (Wevers et al. 2009).

#### **2.3.d. Evidenzbasierte Therapiemethoden**

Die Therapie motorischer Störungen im Rahmen neurologischer Erkrankungen im Kindesalter unterliegt einer großen Vielzahl unterschiedlicher Einflussgrößen. Im Vergleich der einzelnen Therapiemethoden untereinander kann

daher häufig nicht mit Sicherheit festgelegt werden kann, welche Therapieform bei welchen Erkrankungen zu welchem Zeitpunkt in welcher Dosierung in welchem Alter optimal ist, so dass es in der neuropädiatrischen Rehabilitation motorischer Störungen kaum einen „Gold-Standard“ gibt. Viele Therapieverfahren können nicht für jedes Alter angeboten (z. B. Mindestgröße beim Lokomat®) oder zugemutet werden (z. B. transkranielle Magnetstimulation bei Kleinkindern) oder sind nicht für verschiedene Altersgruppen differenziert wissenschaftlich untersucht worden. Einige Therapiemethoden, insbesondere das Krafttraining sollten nur mit Kindern durchgeführt werden, die kognitiv und emotional dazu in der Lage sind (Granacher et al. 2011).

Nicht zuletzt konzentrieren sich wissenschaftliche Untersuchungen im Fachbereich der Neuropädiatrie bedingt durch die große Heterogenität der Erkrankungen bei gleichzeitig oft recht geringer Fallzahl auf die relativ häufigeren neurologischen Erkrankungen im Kindesalter. Eine Übertragbarkeit der Therapieprinzipien auf andere Erkrankungen ist – wie auch bei der Behandlung Erwachsener – nicht ohne weiteres möglich.

Wo Erkenntnisse über evidenzbasierte Therapiemethoden für die Behandlung motorischer Störungen fehlen, ist es gerechtfertigt und gängige Praxis neurobiologisches Wissen anzuwenden (Müller 2007); häufig werden auch Erkenntnisse aus der Behandlung Erwachsener auf Kinder und insbesondere Jugendliche übertragen, wenn dies unter den oben genannten Überlegungen sinnvoll und gerechtfertigt erscheint – so zum Beispiel bei der Rehabilitation von Kindern und Jugendlichen nach einem Schlaganfall. Während zum Beispiel das Wissen um die bestmögliche Unterstützung der Funktionserholung nach einem Schädelhirntrauma noch begrenzt ist (Forsyth und Basu 2015; Kelly et al. 2015; Tal und Tirosh 2013), gibt es mittlerweile vor allem für die Therapie motorischer Störungen bei Kindern mit einer Cerebralparese ein wachsendes Fundament evidenzbasierter Behandlungsmöglichkeiten (Damiano 2014).

Für die Verbesserung der allgemeinen Mobilität und Fitness, der posturalen Kontrolle, Statomotorik und des Gangs werden folgende Therapiemethoden im Sinne der evidenzbasierten Medizin empfohlen:

### Biofeedback

Biofeedback wurde bereits als Prinzip des motorischen Lernens angeführt. Sinnvoll ist z. B. der Einsatz von Fahrradergometern, Bewegungstrainern, Gleichgewichtstrainern oder anderen Übungsplattformen mit visuellem oder akustischem Feedback (Novak et al. 2013; ReMoS-Arbeitsgruppe 2015).

### Fitnessstraining

Aerobes und Anaerobes Fitnessstraining wird mittlerweile unter unterschiedlichen Aspekten weit verbreitet für Kinder mit einer Cerebralparese empfohlen (Novak et al. 2013; Papavasiliou 2009; ReMoS-Arbeitsgruppe 2015; Verschuren et al. 2016; Balemans et al. 2015; Ryan 2016; Verschuren et al. 2008). Von den einzelnen Autoren wird kardiovaskuläres, also aerobes Fitnessstraining vor allem im Hinblick auf die Langzeitgesundheit und Lebenserwartung propagiert. Kinder mit CP haben eine reduzierte kardiorespiratorische Ausdauer / aerobe Fitness und Muskelkraft sowie eine geringere gewohnheitsmäßige körperliche Aktivität und leiden deshalb häufiger an kardiorespiratorischen und anderen chronischen Erkrankungen (Verschuren et al. 2016). Im Hinblick auf die Gehfähigkeit eignet sich vor allem das intensive Gangtraining auf dem Boden oder auf dem Laufband zur Verbesserung der aeroben Fitness (ReMoS-Arbeitsgruppe 2015). Kardiovaskuläres Fitnessstraining kann jedoch ebenso gut durch Schwimmen oder Ergometertraining absolviert werden. Dabei können vor allem Kinder mit einer unilateralen CP durch aerobes Fitnessstraining die gleiche aerobe Fitness erreichen, wie gleichaltrige Gesunde (Nsenga et al. 2013).

Anaerobe Fitness scheint hingegen vor allem im Zusammenhang mit der Verbesserung der Mobilität (Balemans et al. 2015) und Muskelkraft (Verschuren et al. 2009) Bedeutung zu haben.

### Ganzkörpervibration

Vibrationstraining wird zur Verbesserung der posturalen Kontrolle bei Patienten mit einer CP empfohlen (Novak et al. 2013; El-Shamy 2014). Eine Empfehlung zur Verbesserung der Balance oder Gehfähigkeit nach einem Schlaganfall bei Erwachsenen konnte jedoch nicht gegeben werden (ReMoS-Arbeitsgruppe 2015).

### Gleichgewichtstraining

Empfohlen wird reaktives Gleichgewichtstraining (Dewar et al. 2015; Verschuren et al. 2009) insbesondere auf einer instabilen Unterstützungsfläche (ReMoS-Arbeitsgruppe 2015; Karthikbabu et al. 2011), z. B. dem Wackelbrett oder dem Posturomed®. Mittlerweile stehen auch Balancetrainer zur Verfügung, die auf einem Monitor (vornehmlich visuelle) Feedbackmethoden zur Unterstützung des Trainings bieten, z. B. die Wii Balance® oder das MTD Balance®.

### Funktionelle Elektrostimulation

Funktionelle Elektrostimulation wird mit einem niedrigeren Evidenzlevel zur Verbesserung der posturalen Kontrolle bei Kindern mit CP nur bedingt empfohlen (Dewar et al. 2015). Novak et al. empfahlen 2013 in einer „Therapieampel“ elektrische Stimulation ebenfalls bedingt („yellow light Intervention“ - „probably do it“) zur Verbesserung der Muskelkraft bei Patienten mit einer CP (Novak et al. 2013).

### Funktionelle Therapie

Zielorientierte funktionelle Therapie wird für Kinder mit einer Cerebralparese empfohlen (Novak et al. 2013; Dewar et al. 2015; Damiano 2006), aber auch bei Patienten nach einem Schlaganfall (ReMoS-Arbeitsgruppe 2015). Geübt werden soll, was gekonnt werden will. Nicht geh- und stehfähige Patienten können in „Mobilisationsgruppen“ funktionelle Übungen zur Verbesserung der Aufrichtung und posturalen Kontrolle durchführen. Kinder beüben im Rahmen der Psychomotorik ihre posturale Kontrolle und Mobilität ebenfalls in Form einer Gruppentherapie beim Bewältigen eines Hindernis-Parcours im spielerischen Wettstreit. Treppentraining ist gleichermaßen funktionelle Therapie als auch Kraft- und Ausdauertraining. Zur Verbesserung der Gehfähigkeit ist supervidiertes Gehtraining zu empfehlen, welches bei eingeschränkt gehfähigen Patienten mit Hilfsmitteln durchgeführt werden (ReMoS-Arbeitsgruppe 2015) und im Verlauf sowohl zur Steigerung der Gangausdauer, Gangqualität und Ganggeschwindigkeit eingesetzt werden kann (ReMoS-Arbeitsgruppe 2015). Dabei kann rhythmisch akustische Stimulation vor allem bei Patienten mit einer Ataxie einem Gehtraining ohne akustische Stimulation überlegen sein. (ReMoS-Arbeitsgruppe 2015, S. 412). Eine regelmäßige Geschwindigkeits-

messung als positives Feedback fördert die Effektivität ebenfalls (ReMoS-Arbeitsgruppe 2015; Taylor et al. 2013).

### Kontexttherapie

Diese Therapieform konzentriert sich auf eine Veränderung der Umgebungsbedingungen, um dem Patienten bestimmte Aktivitäten oder Teilhabe zu ermöglichen. Damit wird der Definition von Rehabilitation der WHO (siehe oben) Rechnung getragen. Auch dieser Aspekt der Hilfestellung findet in der stationären Rehabilitation Berücksichtigung, zum Beispiel im Hinblick auf die Hilfsmittelversorgung oder Beratung zur Wohnsituation oder Beschulung der Kinder (Novak et al. 2013).

### Krafttraining

Krafttraining wird heute bei Kindern mit einer Cerebralparese mit weitreichendem Konsens empfohlen (Novak et al. 2013; Papavasiliou 2009; Verschuren et al. 2016; Anttila et al. 2008; Granacher et al. 2009; Granacher et al. 2011; Kim und Park 2011; Park und Kim 2014; Ross und Engsberg 2007; Ryan 2016; Verschuren et al. 2009; Verschuren et al. 2008), auch in Kombination mit Ganzkörpervibration (Dewar et al. 2015). Insbesondere konnten früher postulierte Befürchtungen, durch Krafttraining könne eine Spastik verschlechtert werden, ausgeräumt werden (ReMoS-Arbeitsgruppe 2015; Verschuren et al. 2008; Verschuren et al. 2016). Auch bei (gesunden) Kindern im präpubertären Alter wird Krafttraining empfohlen und gilt als unbedenklich im Hinblick auf biologische Reifungsprozesse und als sicher im Hinblick auf die Verletzungsgefahr, so lange entsprechende Vorsichtsmaßnahmen eingehalten werden und die Kinder emotional und kognitiv in der Lage sind, die Übungen richtig durchzuführen (Granacher et al. 2009). Bei präpubertären Kindern können mit Krafttraining zum Teil sogar bessere Effekte im Hinblick auf die Zunahme der Muskelkraft erzielt werden, als bei pubertären oder postpubertären Kindern bzw. Jugendlichen. Während bei postpubertären Jugendlichen unter dem Einfluss des Hormons Testosteron eine Muskelhypertrophie beobachtet wird, greifen bei präpubertären Kindern Adaptationsmechanismen auf neuronaler Ebene und es kann eine verbesserte intra- und intermuskuläre Koordination beobachtet werden (Granacher et al. 2009).

Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass isoliertes Krafttraining an sich nicht zu einer Verbesserung von Mobilität, posturaler Kontrolle oder anderen Alltagsfunktionen führt (McNee et al. 2009; ReMoS-Arbeitsgruppe 2015; Taylor et al. 2013). Es scheint speziell darauf anzukommen, welche Muskeln trainiert werden, ob dies im Rahmen eines funktionell orientierten Übungsprogrammes geschieht und bei welchen Kindern. So zeigten Balemans et al. 2015, dass Kraft- und Fitnessstraining bei Kindern mit unilateraler CP nicht die gleichen Effekte haben, wie bei Kindern mit bilateral spastischer CP. In der gleichen Studie wurde gezeigt, dass bei Kindern bilateral spastischer CP für die Verbesserung der Mobilität (gemessen in der in einer Minute zurückgelegten Gehstrecke) die Kraft der Hüftabduktoren und die anaerobe Fitness maßgebliche Determinanten waren, während für die grobmotorischen Funktionen der GMFM Kategorie D (Stehen) und E (Gehen, Rennen, Springen) die Kraft der Kniestrecker und die anaerobe Fitness maßgeblich waren (Balemans et al. 2015). Der GMFM (Gross-Motor-Function-Measurement) ist ein für Kinder mit CP validiertes Testverfahren grobmotorischer Leistungen (Russell und Hart 2013).

Bei Erwachsenen nach einem Schlaganfall kann Kraft-Ausdauertraining im subakuten und chronischen Stadium zur Verbesserung der Gehstrecke empfohlen und aufgabenbezogenes Krafttraining im chronischen Stadium nach einem Schlaganfall bedingt empfohlen werden (ReMoS-Arbeitsgruppe 2015). Krafttraining ist nicht für alle Erkrankungen geeignet. Bei neuromuskulären Erkrankungen, wie der Muskeldystrophie Duchenne gibt es z. B. Befürchtungen, dass durch Krafttraining der Muskelfaserschaden vergrößert werden kann (Taylor et al. 2005).

### Laufbandtraining

Laufbandtraining wird z. B. empfohlen bei Kindern mit einer CP (Novak et al. 2013; Dewar et al. 2015), bei Kindern mit Down Syndrom (Ulrich et al. 2001) und bei Erwachsenen nach einem Schlaganfall (ReMoS-Arbeitsgruppe 2015). Es sollte, wenn dem Patienten Vollbelastung erlaubt ist, ohne Gewichtsentlastung durchgeführt werden (ReMoS-Arbeitsgruppe 2015; Dewar et al. 2015; Mutlu et al. 2009), bietet aber vor allem bei Kindern mit einer Cerebralparese nach einer orthopädischen Operation bereits während der Phase des Belastungsaufbaus die Möglichkeit eines Gangtrainings mit Gewichtsentlastung im Gurtsystem.

Das Laufband hat bei der Verbesserung der Mobilität nach einem Schlaganfall bei Erwachsenen „eine Sonderstellung, da es mit unterschiedlicher Zielsetzung eingesetzt werden kann: Zum einen führt es durch die hohe Anzahl an Wiederholungen zu einer Verbesserung der Gehfähigkeit, zum anderen bewirkt besonders das progressive Laufbandtraining als aerobes Training eine Steigerung der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit. (ReMoS-Arbeitsgruppe 2015).

#### Lokomat

Training mit dem Lokomat ist vor allem bei nicht gehfähigen Patienten zur Verbesserung der Anzahl der Wiederholungen (Intensität der Repetition) sinnvoll. Bei gehfähigen Patienten ist diese Präferenz gegenüber Laufbandtraining oder supervidiertem Gehtraining nicht mehr gegeben (Dewar et al. 2015; ReMoS-Arbeitsgruppe 2015).

Weiterhin finden sich in der Literatur vereinzelt Empfehlungen für Hippotherapie (Novak et al. 2013; Dewar et al. 2015), Therasuits (Novak et al. 2013; Papavasiliou 2009) und Heimtherapieprogramme (Novak et al. 2013; ReMoS-Arbeitsgruppe 2015).

#### **2.3.e. Therapieorganisation**

In der Behandlung von motorischen Störungen von Kindern mit einer Cerebralparese kann niemals eine einzelne Therapie zielführend für alle Teilaspekte und Ziele sein (Goldstein 2004). Empfohlen werden Kombinationen aus verschiedenen Therapien (Papavasiliou 2009; Verschuren et al. 2009); dies gilt auch für die Behandlung von Erwachsenen nach einem Schlaganfall (Pollock et al. 2007; ReMoS-Arbeitsgruppe 2015). So führt im akuten / frühen, subakuten und chronischen Stadium nach einem Schlaganfall beim nicht gehfähigen Erwachsenen „ein intensives [...] Gehtraining [...] bestehend aus funktionaler Kräftigung der unteren Extremitäten, Erhaltung der Beweglichkeit, statischer / dynamischer Balance und Ausdauer mit individueller Progression“ zu einer Verbesserung der Gehfähigkeit (ReMoS-Arbeitsgruppe 2015). Auch bei bereits gehfähigen Patienten nach Schlaganfall sollte zur Verbesserung der Gehgeschwindigkeit und Gehstrecke eine Intervention durchgeführt werden, die Elemente der Kräftigung, Balance- und Ausdauerschulung enthält und mit

einem intensiven funktionellen Gehtraining kombiniert werden kann (ReMoS-Arbeitsgruppe 2015).

All diese Aspekte weisen auf die Vorteilhaftigkeit eines Zirkeltrainings zur kombinierten Durchführung verschiedener Therapieformen hin, bei dem der synergistische Effekt unterschiedlicher Interventionen zur Verbesserung der Mobilität, posturalen Kontrolle, Statomotorik und der verschiedenen Gangqualitäten genutzt wird. Durch ein zielorientiertes, aufgabenbezogenes Zirkeltraining in der Gruppe werden auch verschiedene Prinzipien des motorischen Lernens, wie z. B. das intensive Training, die Möglichkeit zur Beobachtung und Imitation und die Motivationsförderung verfolgt (Wevers et al. 2009; ReMoS-Arbeitsgruppe 2015). Ein ökonomischer Aspekt ist die kostensparende effektive Organisationsform (Wevers et al. 2009). Zudem kann Zirkeltraining im klinischen Alltag besser organisiert werden, als eine freie Kombination aus verschiedenen Therapien.

#### Therapiemodule

Eine breite Palette verschiedener (evidenzbasierter) Therapiemöglichkeiten alleine reicht dennoch nicht aus, um allen Patienten in der stationären neuropädiatrischen Rehabilitation im Hinblick auf ihre individuellen Ziele gerecht zu werden. Es fehlt an Zeit, jedem Einzelnen die Möglichkeit zu geben, alle Therapieformen ausprobieren zu können. Deshalb ist eine sinnvolle Vorauswahl notwendig, die die Ziele des Patienten (z. B. Verbesserung der Gehfähigkeit) mit seinen individuellen Fähigkeiten (z. B. klassifiziert nach GMFCS) und zumindest den wichtigsten Grundparametern (z. B. dem Alter) zu kombinieren, um ein sinnvolles Therapieangebot anbieten zu können, welches im Verlauf „moduliert“ werden kann. Dieses Prinzip führte in der St. Mauritius Therapieklinik zur Einführung von Therapiemodulen. *„Die Philosophie dieser Konzeption ist getragen von dem Gedanken, jedem Patienten ein an evidenzbasierten Methoden und, wenn verfügbar, auch an Leitlinien orientiertes Therapieangebot zu machen. Die einzelnen Module werden dabei nach dem Schweregrad der funktionellen Beeinträchtigung des Patienten differenziert. [...] Der [...] modulare Therapieansatz stellt eine erste Möglichkeit da, qualitätsgesichert je nach motorischem Problem vielfältige evidenzbasierte Therapieverfahren in Verbindung mit einzeltherapeutisch lernorientierten Therapien an Patienten heranzutragen.“* (Hömborg et al. 2011)

## **2.4. Motorische Rehabilitation des Gangs, der posturalen Kontrolle und Statomotorik in der Klinik für Neuropädiatrie der St. Mauritius Therapieklinik**

Nach den Prinzipien des motorischen Lernens und unter den Kriterien evidenzbasierter Medizin werden in der Neuropädiatrie der St. Mauritius Therapieklinik für die Verbesserung der Statomotorik, der posturalen Kontrolle und für die Gangtherapie die nachfolgend in Übersicht 2 aufgeführten Therapiemethoden genutzt:

### **Therapiemethoden zur Verbesserung der Statomotorik, posturalen Kontrolle und für die Gangtherapie**

- Laufband (mit oder ohne Gewichtsentlastung)
- Funktionelles supervidiertes Gangtraining
- Rhythmisch-akkustische Stimulation
- Gleichgewichts- und Haltungsübungen auf der beweglichen Plattform (Posturomed®) oder gerätegestützt mit MTD-Balance® oder Eye-Toy®
- Randomisierte und nicht-randomisierte Ganzkörpervibration (Galileo® und Zeptor®)
- Gangroboter (z. B. Lokomat®)
- Krafttraining mit und ohne Kraftgeräte
- Physio-Einzeltherapie mit übenden Therapieinhalten
- Fahrradergometer-Training
- Bewegungstrainer Motomed®
- Psychomotorik
- Koordinationstraining in der Gruppe
- Schwimmen
- Musiktherapie / Rhythmus und Bewegung in der Gruppe
- Aktives Üben von Transfers und Aufrichtung in der Mobilisationsgruppe
- Stehtraining im Stehtrainer
- Lagerungstherapie, z. B. mit Lagerungssorthesen
- Physikalische Therapien (Massage, Wärmebehandlung)
- Schmerzbehandlung
- Medikamentöse Behandlung der Spastik

**Übersicht 2: Therapiemethoden zur Verbesserung der Statomotorik, posturalen Kontrolle und des Gangs** (mit freundlicher Genehmigung von Frau PD Dr. med. K. Müller)

Am Aufnahmetag erfolgt ein ärztliches Anamnesegespräch mit den Eltern und, sofern dies möglich ist, mit dem zu behandelnden Kind, in welchem neben der gesamten Krankengeschichte auch die aktuell vorliegenden motorischen (sprachlichen, kognitiven, ...) Fähigkeiten und Probleme besprochen und festgehalten werden. Insbesondere ist die Frage zu klären, ob eine Einschränkung der körperlichen Belastung vorliegt. Zum Beispiel kann nach einer orthopädischen Operation oder einem Unfall nur eine Teilbelastung einer Extremität

erlaubt sein, oder die Belastungseinschränkung besteht aus kardiologischen oder respiratorischen Gründen. Zudem findet eine gründliche körperliche (internistisch-orthopädisch-neurologische) Untersuchung des Kindes statt. Auf der Basis der Anamnese, der körperlichen Untersuchung sowie der Wünsche / Vorstellungen der Eltern und des Kindes werden die Ziele der Rehabilitation festgelegt. Die Therapieziele müssen realistisch, konkret formuliert und alltagsrelevant sein. Um eine möglichst gute Motivation und Mitarbeit des Kindes zu erreichen, sollten Ziele der Rehabilitation unbedingt Ziele des Kindes sein, sofern die Wünsche und Vorstellungen des Kindes eruiert sind.

Am Aufnahmetag findet anschließend ein sogenannter motorsicher Erstkontakt statt, bei dem der aufnehmende Arzt gemeinsam mit einem Physio- oder Ergotherapeut die Einteilung der motorischen Fähigkeiten nach GMFCS und MACS vornimmt sowie die Therapien entsprechend der festgelegten Ziele, kindlichen Fähigkeiten und zu therapierenden Probleme anmeldet. Der Therapieplan wird dann erstellt durch die Mitarbeiter der Therapieplanung, welche die angemeldeten Gruppentherapien sowie die gerätegestützten Therapieformen (Laufband, Lokomat®, etc.) per Computerprogramm Magrathea® automatisiert verplanen sowie durch die leitende Motorik-Therapeutin aus dem Bereich Neuropädiatrie, die die Einzeltherapien entsprechend der Anmeldung verplant und den durch den Computer generierten Therapieplan bei Bedarf in Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern des Planbüros, den behandelnden Ärzten sowie Eltern und Kindern überarbeitet.

Am Tag nach der Aufnahme werden therapeutische Hilfsmittel, z. B. Stehgeräte oder Gehhilfen angepasst und der Patient erhält den Therapieplan. Es finden Eingangstests der grob- und feinmotorischen Fähigkeiten sowie der motorischen Ausdauerleistung durch die Physio-, Ergo- und ggfs. auch Sporttherapeuten statt.

Die Anmeldung der Therapien orientiert sich an den in der Neuropädiatrie entwickelten Therapiemodulen. Für die Therapie des Gangs und der posturalen Kontrolle bei (eingeschränkt) gehfähigen Kindern stehen verschiedene Therapiemodule zur Verfügung (siehe Tabelle 1-2). Die primären Therapien bilden dabei die Basis des Therapieplanes, während die sekundären Prozeduren bei Bedarf zusätzlich verplant werden. Die Module geben eine Orientierung zur Vereinfachung der Anmeldung entsprechend häufig genutzter

und „bewährter“ Therapieverfahren und erheben dabei keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Grundsätzlich können alle Therapiemethoden aus der oben genannten Liste (siehe Übersicht 2) verordnet werden. Bei Patienten mit einer Fußheberschwäche kann z. B. zusätzlich funktionelle Elektrostimulation des Fußhebers angeordnet werden. Andere Therapieformen, wie z. B. Vibrations-training, führen wir nicht bei frisch operierten Patienten durch.

<b>Therapiemodul 1</b>			
<b>Halbstandardisiertes Gangtraining für Kinder und Jugendliche GMFCS I und II</b>			
<b>Mögliche Zielparameter</b>	<b>Primäre Therapien</b>	<b>Sekundäre Prozeduren</b>	<b>Testverfahren</b>
Gangqualität	Funktionelles supervidiertes	Physikalische Therapie	GMFM
Gleichgewicht	Gehtraining		Time-up-and-go
Treppen steigen		Physio- / Ergo- /	
Laufen	Kräftigung /	Sport-Einzeltherapie	10-Meter-Gehtest
Springen	Kraftgeräte-training	Koordinationsgruppe	6 Min Gehtest
Sportliche Aktivitäten	Aerobes Fitnessstraining mit Schwimmen / Sportgruppe / Ergometertraining / Laufband	Vibrationstraining mit Zeptor®	Maximale Gehstrecke
		Musiktherapie	Ergometertest
		„Rhythmus und Bewegung“	PWC 170
			Treppensteigetest

**Tabelle 1: Therapiemodul 1** (mit freundlicher Genehmigung von Fr. PD Dr. med. K. Müller)

Die letztlich Umsetzung der Verordnung in einen Therapieplan ist dabei ausgesprochen individuell, da alle Therapien als „Einzelbausteine“ angemeldet werden und die Umsetzung der Verordnung durch das Computerprogramm Magrathea® sowie die Motorik-Teamleitung nicht zuletzt von den aktuellen Kapazitäten abhängig ist. Ist eine therapeutische Gruppe oder ein Therapiegerät (z. B. Laufband) als Arbeitsplatz ausgelastet, wird die entsprechende Therapie von Magrathea® nicht mehr verplant. Fällt ein Therapeut krankheitsbedingt aus, wirkt sich dies in den Therapieplänen nicht nur unterschiedlich stark aus, sondern erfordert erneut eine individuelle Nachplanung. Dies erfordert eine zeitaufwendige Kontrolle des Therapieplans durch die Motorik-

Teamleitung und stellt eine große organisatorische Herausforderung dar. Im Ergebnis erhalten alle Patienten unterschiedliche Therapiepläne. Dies führt zwar in positiver Hinsicht zu einem Höchstmaß an individueller Betreuung, in negativer Hinsicht jedoch im Alltag gelegentlich zu einer ungleichen Verteilung wichtiger Therapien und einem Wettbewerb vor allen unter den mit aufgenommenen Eltern um den „besten Therapieplan“ und die meiste Einzeltherapie, welche bei vielen Eltern traditionell noch als besonders „wertvoll“ angesehen wird.

<b>Therapiemodul 2</b>			
<b>Halbstandardisiertes Gangtraining für Kinder und Jugendliche GMFCS III</b>			
<b>Mögliche Zielpa- rameter</b>	<b>Primäre Thera- pien</b>	<b>Sekundäre Pro- zeduren</b>	<b>Testverfahren</b>
Gehen als Fort- bewegung etab- lieren	Physio- und Ergo- Einzelthe- rapie	Physikalische Therapie	GMFM  Time-up-and-go
Gewöhnung an Gehhilfen	Laufbandtherapie	Vibrationstraining mit Galileo®	10-Meter-Gehtest
Gleichgewicht und Stehfähigkeit verbessern	Funktionelles Gehtraining  Bewegungs- training mit Mo- tomed®	Psychomotorik  Musiktherapie „Rhythmus und Bewegung“	6 Min Gehtest  Maximale Geh- strecke
Stürze vermeiden		Rollisport	(Durchführung der Gangtests mit Gehhilfen)
Gleichgewicht	Mobigruppe	Aquatherapie	
Selbständigkeit bei Transfers	Kräftigung	Stehen im Steh- ständer	

**Tabelle 2: Therapiemodul 2** (mit freundlicher Genehmigung von Fr. PD Dr. med. K. Müller)

Zur Optimierung der Therapieverordnung und Umsetzung, sowie, um allen Patienten ein vergleichbares „Produkt“ anbieten zu können und gleichzeitig die Idee des Zirkeltrainings als Basis des Therapieprogrammes umzusetzen, wurde daher das standardisierte Therapiemodul „Moto-Zirkus“ (Tabelle 3) für Patienten der GMFCS Gruppe I – III eingeführt.

Das Modul „Moto-Zirkus“ wird als feste Leistungsfolge verordnet und verplant. Alle Patienten erhalten die gleiche Therapie.

Inhalte des „Moto-Zirkus“ sind:

- Funktionelles Gangtraining in der Ebene (4 x pro Woche für 60 Minuten)
- Blocktherapie werktäglich 60 Minuten „Moto-Zirkus 1“ durch einen Physiotherapeuten mit den Inhalten:
  - Laufbandtraining
  - Balancetraining mit MTD-Balance®
  - Posturomed®-Balancetraining
  - Dehnungsübungen auf der Therapiematte
- Blocktherapie werktäglich 60 Minuten „Moto-Zirkus 2“ durch einen Sporttherapeuten oder Physiotherapeuten mit den Inhalten:
  - Kraftübungen an Geräten und auf der Matte
  - Ergometer Training oder Motomed®-Bewegungstraining
  - Vibrationstherapie mit dem Galileo®
  - Mobilisationstraining auf der Therapiematte
- 1 x pro Woche 30 Minuten Physiotherapie als Einzelbehandlung mit individuell angepassten Inhalten

<b>Therapiemodul 3</b>			
<b>Moto-Zirkus</b>			
<b>Standardisiertes Gangtraining für Kinder und Jugendliche GMFCS I - III</b>			
<b>Mögliche Zielparameter</b>	<b>Primäre Therapien</b>	<b>Sekundäre Prozeduren</b>	<b>Testverfahren</b>
Gehen als Fortbewegung im Alltag etablieren	Funktionelles supervidiertes Gehtraining	Physikalische Therapie	GMFM
Gangqualität verbessern	Moto-Zirkus Gruppe 1 + 2	Stehen im Stehständer	10-Meter-Gehtest
Gleichgewicht und (freie) Stehfähigkeit verbessern	Physio-Einzeltherapie 1 x / Woche		Maximale Gehstrecke
Gleichgewicht			(Durchführung der Gangtests mit Gehhilfen bei GMFCS III)
			Ergometertest PWC 170 (sofern möglich)

**Tabelle 3: Therapiemodul 3** (mit freundlicher Genehmigung von Fr. PD Dr. med. K. Müller)

Bei der Ausstattung des Zirkeltrainings im „Moto-Zirkus“ wurde vor allem Wert auf Therapiegeräte mit einem hohen Aufforderungscharakter und Feedbackmöglichkeit gelegt (MTD-Balance®, Eye-Toy®, Ergometer Training mit spielerisch vermitteltem Feedback über Bildschirm, Motomed® mit Feedback via Bildschirm, Kraftgeräte mit guter Visualisierungsmöglichkeit von bewältigten Gewichten und erreichter Wiederholungsfrequenz, Laufband mit Visualisierung von Steigung und Geschwindigkeit, usw.). Bezogen auf die Prinzipien des motorischen Lernens werden im „Moto-Zirkus“ damit neben den Aspekten „Motivation und Feedback“ auch die Repetition, das Verhältnis zwischen Therapie und Pause (Konsolidierung des motorischen Gedächtnisses) und das Arbeiten an der Leistungsgrenze im Zirkeltraining unserer Ansicht nach besonders konsequent umgesetzt.

Da das Modul 3 „Moto-Zirkus“ von den genannten Therapiemodulen als letztes eingeführt wurde und als einziges der drei ein standardisiertes Therapiekonzept darstellt, haben wir im Rahmen der Studie die halbstandardisierten Therapiemodule 1 und 2 als konventionelle Therapie bezeichnet.

#### Unterschiede zwischen konventioneller Therapie und Moto-Zirkus im Überblick

1. Deutlich vereinfachte Verordnung und Therapieorganisation im Verlauf beim „Moto-Zirkus“ (feste Leistungsfolge) gegenüber der konventionellen Therapie (Einzelbausteine).
2. Reduktion interindividueller Unterschiede des Therapieplanes bezogen auf die Therapien zur Verbesserung des Gangs, der posturalen Kontrolle und der Statomotorik.
3. Weniger Variabilität auf dem Weg zum Ziel, da nicht alle Therapieangebote im „Moto-Zirkus“ vertreten sind.
4. Stärkere Betonung einiger Prinzipien des motorischen Lernens, wie Repetition, Arbeiten an der Leistungsgrenze im Zirkeltraining, strukturierteres Verhältnis zwischen Therapie und Pause, Motivation und Feedback.
5. Schonung therapeutischer Ressourcen durch weniger Einzeltherapie.

Zusammenfassend stellt das Therapiekonzept „Moto-Zirkus“ also ein streng strukturiertes Therapieangebot mit Fokussierung auf die Verbesserung der Gehfähigkeit, posturalen Kontrolle und Statomotorik und der Gelenkbeweg-

lichkeit dar, welches im Vergleich zur konventionellen Therapie in der Bandbreite reduziert und weniger individuell ist.

### **3. Material und Methoden**

#### **3.1. Aufbau der Studie**

Im Rahmen einer Prä-Post-Studie soll überprüft werden, welchen therapeutischen Effekt die oben beschriebene motorische Rehabilitation auf die Gehfähigkeit, posturale Kontrolle und Statomotorik von Kindern mit neurologischen Erkrankungen hat. Zweites Ziel der Studie ist es, die Effektivität (in Form messbarer motorischer Verbesserungen) des standardisierten Therapieprogramms „Moto-Zirkus“ mit Therapieprogrammen, die wir als konventionelle Therapie bezeichneten, zu vergleichen. Hierzu wurden die Patienten aufgeteilt in eine Gruppe A („Moto-Zirkus“) und eine Gruppe B (konventionelle Therapie).

Zielgruppe der Studie waren Kinder und Jugendliche ab einem Alter von fünf Jahren, die mit der GMFCS in Stufe I bis III eingestuft werden konnten und deren Hauptziel im Rahmen der Rehabilitationsmaßnahme in der Verbesserung der Statomotorik, der posturalen Kontrolle und des Gangs bestand.

Wie schon berichtet wurde die Einteilung nach GMFCS für Patienten mit einer Cerebralparese entwickelt und wird nur bei diesen Patienten als Bestandteil der Diagnose verwendet. In der Praxis der neuropädiatrischen Rehabilitation hat es sich allerdings bewährt, auch Patienten mit anderen Erkrankungen im Hinblick auf ihre grobmotorischen Fähigkeiten nach der GMFCS einzuteilen, da sie den im Umgang mit dieser Skala Erfahrenen schnell eine gute Vorstellung von den grobmotorischen Fähigkeiten des Patienten vermittelt. Dies dient jedoch nur der Verbesserung der internen Kommunikation und der Effektivität der Therapieplanung. Die unten aufgeführte Einteilung der Studienteilnehmer (auch der „Nicht-CP-Patienten“) nach GMFCS ist dementsprechend als Orientierungshilfe zu verstehen.

Eingangskriterien für die Teilnahme an der Studie waren ein Alter von mindestens fünf Jahren, die Erlaubnis zur Vollbelastung und die Fähigkeit am funkti-

onellen Gangtraining in der Gruppe teilnehmen zu können. Letzteres bedeutete, frei oder mit Hilfsmitteln eine Strecke von mind. 30 Metern gehen zu können (Eingangsvoraussetzung für die die Teilnahme am funktionellen Gangtraining in der Gruppe).

Ausschlusskriterien für die Teilnahme an der Studie waren Patienten mit GMFCS IV und V, Patienten im Alter unter fünf Jahren und Patienten, bei denen nur eine Teilbelastung der Beine erlaubt war. Ebenso wurden Patienten ausgeschlossen, welche nach unserer Einschätzung aus Gründen mangelnder Compliance oder mangels kognitiver, sozialer oder emotionaler Fähigkeiten einem strukturierten Therapieprogramm nicht folgen konnten.

Patienten, für die eine Kontraindikation zur Vibrationstherapie mit dem Galileo® bestand, konnten an der Studie teilnehmen, wurden jedoch in beiden Gruppen vom Vibrationstraining ausgeschlossen. Patienten die von ihrer Körpergröße zu klein waren, um das Fahrradergometer zu nutzen, konnten ersatzweise den Bewegungstrainer Motomed® nutzen.

Parallel zum „Moto-Zirkus“ war die Durchführung folgender Therapien möglich: Ergotherapie (Einzelbehandlung oder Gruppentherapie) für die obere Extremität, Teilnahme am ADL-Training (Aktivitäten des täglichen Lebens, meist morgendliche Ergotherapie zur Verbesserung der Selbständigkeit bei der Körperhygiene und beim An- und Ausziehen), physikalische Therapie, Sprachtherapie, Musik- und Kunsttherapie, Neuropsychologie, Pädagogik, Pflgetherapie. Die Therapien des „Moto-Zirkus“ waren jedoch in jedem Falle vorrangig.

Zur Gewährleistung eines standardisierten Therapiezyklus war die Teilnahme an folgenden Therapien parallel zum „Moto-Zirkus“ nicht erlaubt: Aquatherapie, gesondertes Laufbandtraining, mehr als 30 Min. Physiotherapie als Einzeltherapie pro Woche, Therapie mit dem Lokomat® oder Zeptor® sowie Teilnahme an zusätzlichen Physio- oder Sporttherapiegruppen.

Im Rahmen des ärztlichen Aufnahmegesprächs wurde entschieden, ob ein Patient für die Studie geeignet ist. Im Falle einer positiven Entscheidung wurde den Patienten und ihren Eltern die Studie vorgestellt und ausführlich erläutert, eine Elterninformation und eine Einverständniserklärung zur

Unterschrift ausgehändigt (siehe Anhang). Wenn eine Zustimmung zur Studienteilnahme erfolgte, wurde der Patient per Losverfahren der Gruppe A „Moto-Zirkus“ oder B „konventionelle Therapie“ zugeordnet.

Bei der Teilnahme an der Studie gab es zwei Sondersituationen: Die Teilnahme an den Gruppentherapien „Moto-Zirkus 1“ und „Moto-Zirkus 2“, war während der Studie auf vier Patienten beschränkt, um die Standardisierung der Therapie gewährleisten zu können. Aus organisatorischen Gründen war es nicht möglich das Therapiemodul „Moto-Zirkus“ parallel zweimal täglich anzubieten. Somit konnten maximal vier Patienten gleichzeitig am „Moto-Zirkus“ teilnehmen. War ein Patient am Aufnahmetag grundsätzlich für die Teilnahme an der Studie geeignet, der „Moto-Zirkus“ jedoch komplett besetzt, so wurde der Patient nicht in die Studie aufgenommen. Damit sollte vermieden werden, dass ein Quereinsteigen in den „Moto-Zirkus“ nach bereits begonnener konventioneller Therapie stattfindet und die Ergebnisse dadurch verfälscht werden. War ein Patient grundsätzlich zur Teilnahme an der Studie geeignet, jedoch erst nach einigen Tagen eine Vollbelastung der Beine erlaubt, so wurde mit der Teilnahme an der Studie am ersten Tag der erlaubten Vollbelastung begonnen.

Den Patienten, die konventionelle Therapie erhielten, stand das komplette therapeutische Material der Klinik zur Verfügung. Für die Patienten in der Gruppe „Moto-Zirkus“ wurde folgendes Equipment verwendet:

#### **Moto-Zirkus 1**

- 1 Laufband Sprintex Callis Therapie®
- 1 Balance-Therapiegerät Posturomed 202®
- 1 Balancetrainer MTD Balance® mit Bildschirm (Samsung®)
- 1 Playstation 2 mit Spielesystem Eye Toy® + Kamera (Sony®)
- 1 Computer hp Compaq® mit Computerbildschirm hp 91
- 1 elektrisch höhenverstellbare Therapieliege
- 1 Therapiematte von Airex®

## **Moto-Zirkus 2**

- 2 Seilzuggeräte der Serie Profi Line von Kettler®
- 1 Kraftgerät Beinpresse von Compass Proxomed®
- 1 Abduktions-Adduktionstrainer von Compass Proxomed®
- 1 Galileo XS mit Kipptisch Delta A®
- 1 Bewegungstrainer Motomed Viva2 der Firma Reck®
- 2 Fahrradergometer Cycle 407 Ergofit von Cardiofitness®
- 3 Computer (1 x Cemos PC, 2 x Maxdata) mit Computerspiel-Zubehör „Exertainment DIY Kit Fitness Mania Cycling Gam®“
- 3 Flat TV 32 Zoll von Phillips®
- 1 Kraftgerätetower „Multitrainer“ der Firma Kettler®

Die Dauer der Studienteilnahme betrug drei Wochen. Dieser Zeitraum wurde aus praktischen Erwägungen gewählt, da den meisten Patienten eine Rehabilitationsmaßnahme für drei Wochen bewilligt wird und eine Verlängerung nicht immer vorgesehen ist. Alle Studienteilnehmer erhielten zu Beginn und am Ende der drei Wochen eine Ein- bzw. Ausgangsdiagnostik mittels

- Gross-Motor-Function-Measurement (GMFM 88),
- Messung der maximalen Gehstrecke (innerhalb von 60 Minuten),
- Fahrradergometer-Test Physical Working Capacity 170 (PWC 170)

Die ausgewählten diagnostischen Verfahren entsprechen den Routineuntersuchungen, die an der Klinik für Neuropädiatrie der St. Mauritius Therapieklinik auch außerhalb von Studien bei allen Patienten, die zu ihrer Durchführung in der Lage sind, zu Beginn und am Ende einer Rehabilitationsmaßnahme durchgeführt wurden und auch heute noch durchgeführt werden. Es wurden keine gesonderten diagnostischen Methoden oder Untersuchungen speziell für diese Studie durchgeführt. Es wurden keine Patienten zur Teilnahme an der Studie zur Rehabilitation einbestellt.

### Gross-Motor-Function-Measurement (GMFM)

Der GMFM ist ein standardisierter Fragebogen zur Erfassung der grobmotorischen Leistungsfähigkeit, der für Kinder mit CP und Kinder mit einem Schädel-Hirn-Trauma validiert wurde, sich jedoch auch für Kinder mit anderen Erkrankungen eignet und sich als Screening-Assessment und Standardtestverfahren bewährt hat (Russell und Hart 2013). Bewertet werden grobmotorische Leis-

tungen in fünf Kategorien „Liegen und Drehen“, „Sitzen“, „Krabbeln und Knien“, „Stehen“, „Gehen, Rennen, Springen“ und „Gesamtwertung“. Der Test liegt in einer Version mit 66 Items und einer Version mit 88 Items vor. In der St. Mauritius Therapieklinik wird standardmäßig der GMFM-88 verwendet. Die beim Test erreichten Punkte werden in Prozent umgerechnet und als Prozentwert angegeben. Im Rahmen der Studie wurden nur die für die Fragestellung relevanten Kategorien „Stehen“, „Gehen, Rennen, Springen“ und „Gesamtwertung“ ausgewertet. Die Durchführung des GMFM wurde von dem durchführenden Therapeuten gefilmt und der Film zeitversetzt von einer Physiotherapeutin aus der Abteilung Neurologie ausgewertet. Diese Therapeutin kannte die Patienten nicht, erhielt die Filme ungeordnet und wusste jeweils nicht, ob es sich um die Ein- oder Ausgangsdiagnostik handelte.

#### Maximale Gehstrecke

Die maximale Gehstrecke wurde während des funktionellen Gangtrainings gemessen. Gemessen wurde dabei die Strecke, die ein Patient ohne Erholungspausen gehen konnte. Die Messung wurde beendet, wenn der Patient angab, nicht mehr weiter gehen zu können oder die maximale Therapiezeit (60 Minuten) erreicht war.

#### Fahrradergometer-Test Physical Working Capacity 170 (PWC 170)

Der PWC 170 ist ein Test zur Messung der motorischen Ausdauerleistung von Kindern und Jugendlichen. Auf dem Fahrradergometer wird schrittweise der Tretwiderstand erhöht, bis die Testperson eine Herzfrequenz von 170 S/Min erreicht hat. Gemessen wird die bei dieser Herzfrequenz erbrachte Leistung in Watt. Die Normwerte sind abhängig von Geschlecht und Alter (Oberger 2015). Um die Werte vergleichbar zu machen, wurde das Testergebnis im Verhältnis zur mittleren Altersnorm in % der Altersnorm angegeben.

### **3.2. Patienten**

Im Zeitraum zwischen Juni 2008 und Februar 2010 wurden insgesamt 46 Kinder und Jugendliche in die Studie aufgenommen, davon nahmen per Losverfahren 29 an der Gruppe A „Moto-Zirkus“ und 17 an der Gruppe B mit konventioneller Therapie (siehe Tabelle 4) teil. Von den 46 Teilnehmern waren 28 männlich (60,9%), 18 Teilnehmer der Studie waren weiblich (39,1%). Die Altersspanne bewegte sich zwischen 8 und 19 Jahren, das Durchschnittsalter

betrug 13,82 Jahre. Bei 39 Patienten folgte der Rehabilitationsaufenthalt im Sinne einer Anschlussheilbehandlung nach einer akuten Erkrankung oder einer aktuellen Operation bei chronischer Grunderkrankung, sieben Patienten kamen im Sinne einer Intervallrehabilitation zu einem intensiven Blocktraining von zu Hause.

Teilnehmer	Anzahl	Männlich	Weiblich
Moto-Zirkus	29	16	13
Konventionelle Therapie	17	12	5
Gesamt	46	28	18

**Tabelle 4: Studienteilnehmer**

GMFCS-Verteilung	GMFCS		
	1	2	3
Moto-Zirkus	5 (17,2%)	10 (34,5%)	14 (48,3%)
Konvent. Therapie	2 (11,8%)	9 (52,9%)	6 (35,3%)
Gesamt	7 (15,2%)	19 (41,3%)	20 (43,5%)

**Tabelle 5: Verteilung nach GMFCS**

Verteilung der Diagnosen	Moto-Zirkus	Konvent. Therapie	Gesamt
bilateral spastische CP	6 (20,7%)	5 (29,4%)	11 (23,9%)
unilaterale CP	7 (24,1%)	2 (11,8%)	9 (19,6%)
CP gesamt	13 (44,8%)	7 (41,2%)	20 (43,5%)
Traumatische Hirnblutung / Schädel-Hirn-Trauma	2 (6,9%)	0	2 (4,4%)
Nicht traumatische Hirnblutung / Schlaganfall	1 (3,4%)	1 (5,9%)	2 (4,4%)
Guillain-Barré-Syndrom	2 (6,9%)	2 (11,8%)	4 (8,7%)
Hirntumor	2 (6,9%)	1 (5,9%)	3 (6,5%)
Sonstiges	9 (31,1%)	6 (35,2%)	15 (32,6%)

**Tabelle 6: Häufigkeit der Diagnosen**

Die Verteilung der Studienteilnehmer auf die GMFCS-Gruppen ist in Tabelle 5 aufgeführt. Von den 46 Studienteilnehmern litten 20 an einer CP, davon elf Patienten an einer bilateral spastischen CP und neun Patienten an einer unilateral spastischen CP. Zwei Patienten hatten ein Schädelhirntrauma erlitten, zwei eine nicht traumatische Hirnblutung, vier ein Guillain-Barré-Syndrom und drei einen Hirntumor (siehe Tabelle 6). Weitere Diagnosen waren multiple Sklerose, hereditäre Polyneuropathie, akute demyelinisierende Enzephalomyelitis (ADEM), Neuromyelitis Optica (NMO), Meningomyelocele, spinale Tumoren, hereditäre Paraparese oder Neurofibromatose.

Von den Studienteilnehmern waren 23 (50%) in einem Zeitraum von vier Monaten vor Beginn der Rehabilitation orthopädisch operiert worden. Dies betraf nicht nur Patienten mit einer CP. Bei 12 Patienten (26,1%) war ein Elternteil während der Rehabilitation mit aufgenommen, 34 Patienten (73,9%) waren ohne Eltern aufgenommen.

### **3.3. Statistische Auswertung**

Alle für die Studie verwerteten Patientendaten wurden aus den Patientenakten extrahiert und sofort anonymisiert. Die statistische Auswertung der anonymisierten Daten erfolgte mit IBM SPSS Statistics®, Version 22. Bei der hohen Inhomogenität der Daten schien die Anwendung konservativer nichtparametrischer Verfahren sinnvoller als der Einsatz von parametrischen Tests. Die prä / post Einzelkontraste für die verschiedenen Parameter wurden durch nichtparametrische Wilcoxon Tests für verbundene Stichproben innerhalb der Gruppen berechnet. Für Zwischengruppenvergleiche wurden ebenfalls nichtparametrische Mann-Whitney-U-Tests für unverbundene Stichproben über die Zwischengruppendifferenzen berechnet.

## **4. Ergebnisse**

Es konnte nachgewiesen werden, dass sowohl in der Gruppe A „Moto-Zirkus“ als auch in der Gruppe B „konventionelle Therapie“ in den GMFM-Kategorien „Stehen“, „Gehen, Rennen, Springen“ und „Gesamtwertung“ statistisch hochsignifikante Fortschritte erreicht werden konnten. Ebenfalls konnten in beiden Gruppen statistisch hochsignifikante Fortschritte bei der Messung der maximalen Gehstrecke erreicht werden.

Tabelle 7 zeigt die ausgewertete Teilnehmerzahl (N), den statistischen Mittelwert (jeweils in Prozent) und die Standardabweichung (SD) für die Ergebnisse im GMFM zu Beginn (prä) und am Ende (post) der Studienteilnahme für die Gruppe A „Moto-Zirkus“. Tabelle 8 enthält die entsprechenden Werte und Ergebnisse für die Gruppe B „konventionelle Therapie“.

<b>Gruppe A</b> <b>Ergebnisse GMFM (%)</b>	<b>N</b>	<b>Mittel</b>	<b>SD</b>
Stehen „Prä“	29	64,452	25,8567
Stehen „Post“	29	73,212	21,9879
Gehen, Rennen, Springen „Prä“	29	46,934	32,2909
Gehen, Rennen, Springen „Post“	29	56,797	31,2553
Gesamtwertung „Prä“	29	75,4248	16,14674
Gesamtwertung „Post“	29	81,4193	14,45016

**Tabelle 7: Ergebnisse Gruppe A (Moto-Zirkus) beim GMFM**

<b>Gruppe B</b> <b>Ergebnisse GMFM (%)</b>	<b>N</b>	<b>Mittel</b>	<b>SD</b>
Stehen „Prä“	17	58,053	28,1530
Stehen „Post“	17	69,982	24,0248
Gehen, Rennen, Springen „Prä“	17	43,541	27,1093
Gehen, Rennen, Springen „Post“	17	52,694	27,3991
Gesamtwertung „Prä“	17	71,9482	16,15577
Gesamtwertung „Post“	17	78,4400	15,95466

**Tabelle 8: Ergebnisse Gruppe B (konventionelle Therapie) beim GMFM**

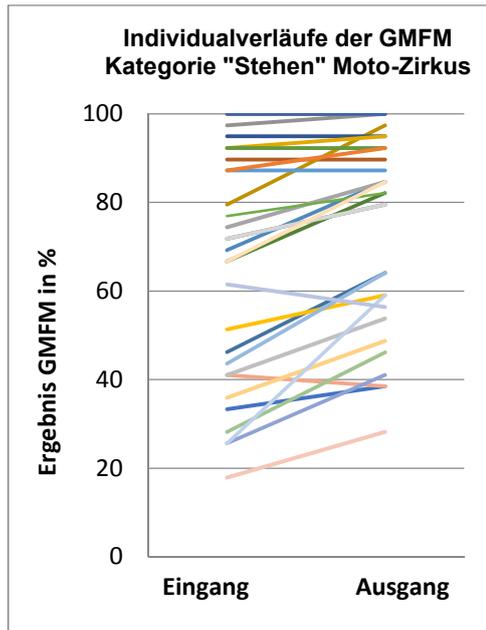


Abbildung 1a

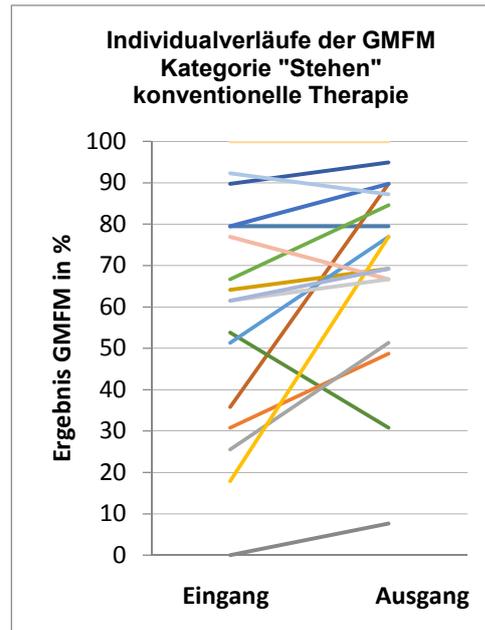
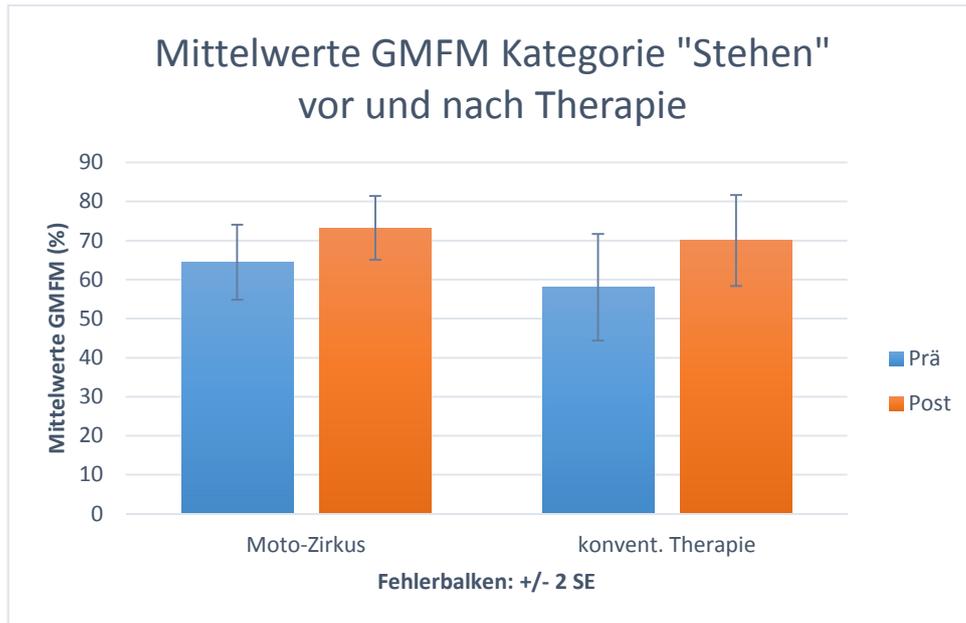


Abbildung 1b

Die Abbildungen 1a und 1b verdeutlichen die Individualverläufe der einzelnen Patienten für die GMFM-Kategorie „Stehen“ vor und nach dem Therapieintervall für die Gruppen A „Moto-Zirkus“ (1a) und B „konventionelle Therapie“ (1b). Abbildung 1c stellt die Mittelwerte der GMFM-Kategorie „Stehen“ vor und nach der Therapie in der Gruppe A „Moto-Zirkus“ und der Gruppe B „konventionelle Therapie“ unter Angabe des Standardfehlers (SE) gegenüber. Die in dieser Kategorie erreichten Verbesserungen sind in beiden Gruppen statistisch hochsignifikant. Jedoch erreicht die Gruppe „Moto-Zirkus“ ( $p = 0,000$ ) ein etwas höheres Signifikanzniveau im Vergleich zur Gruppe „konventionelle Therapie“ ( $p = 0,021$ ).



**Abbildung 1c**

Die Abbildungen 2a und 2b zeigen die Individualverläufe der einzelnen Patienten für die GMFM-Kategorie „Gehen, Rennen, Springen“ vor und nach dem Therapieintervall für die Gruppen A „Moto-Zirkus“ (2a) und B „konventionelle Therapie“ (2b). Abbildung 2c stellt die Mittelwerte dieser GMFM-Kategorie vor und nach der Therapie in der Gruppe A „Moto-Zirkus“ und der Gruppe B „konventionelle Therapie“ unter Angabe des Standardfehlers (SE) gegenüber. Die in dieser Kategorie erreichten Verbesserungen sind ebenfalls in beiden Gruppen statistisch hochsignifikant. Jedoch erreicht die Gruppe „Moto-Zirkus“ ( $p = 0,000$ ) ein etwas höheres Signifikanzniveau im Vergleich zur Gruppe „konventionelle Therapie“ ( $p = 0,017$ ). Die entsprechenden Individualverläufe sowie Mittelwerte für die Kategorie „Gesamtwertung“ finden sich in den Abbildung 3a - c. Erneut erreichen beide Gruppen statistisch hochsignifikante Verbesserung im prä-post-Vergleich („Moto-Zirkus“  $p = 0,00$ ; „konventionelle Therapie“  $p = 0,05$ ).

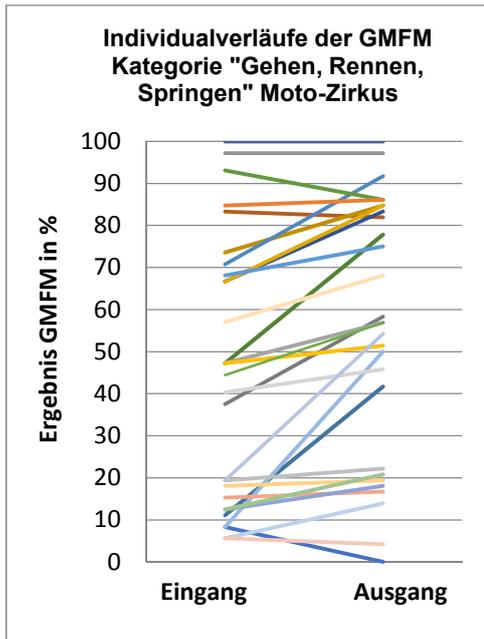


Abbildung 2a

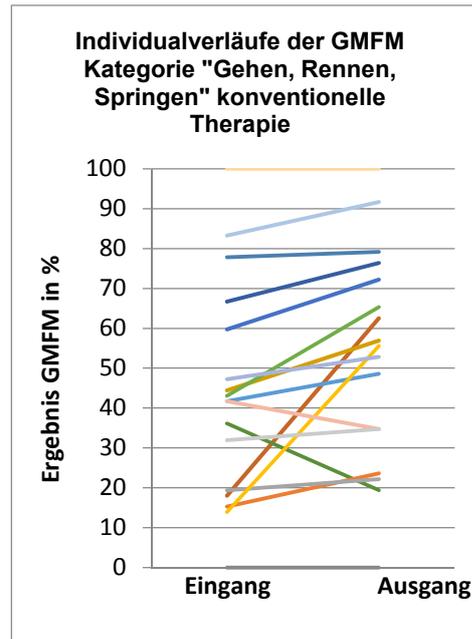


Abbildung 2b

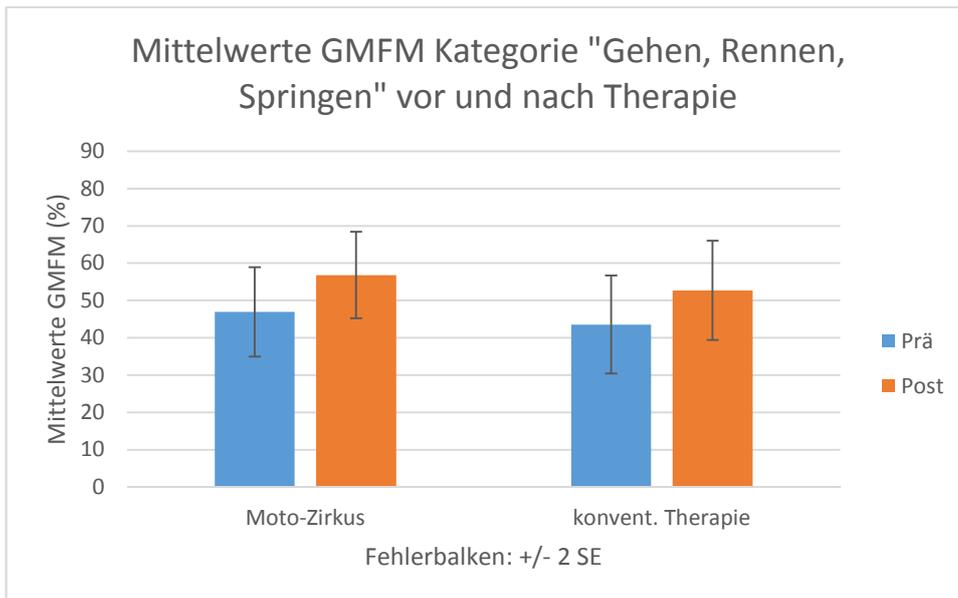


Abbildung 2c

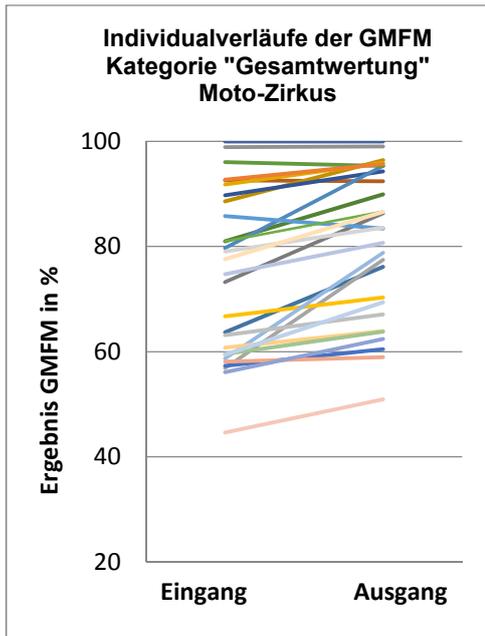


Abbildung 3a

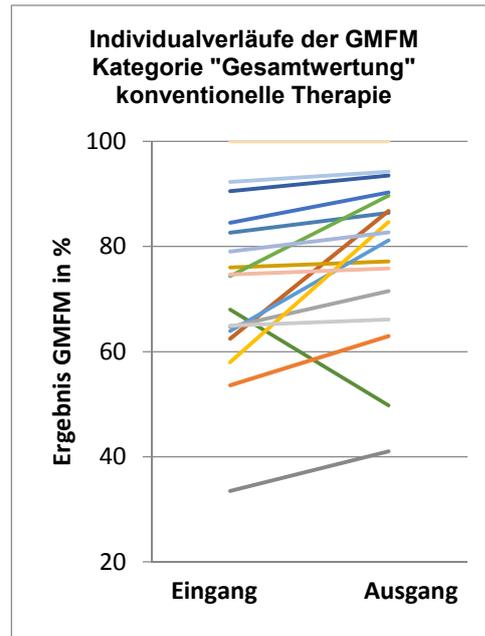


Abbildung 3b

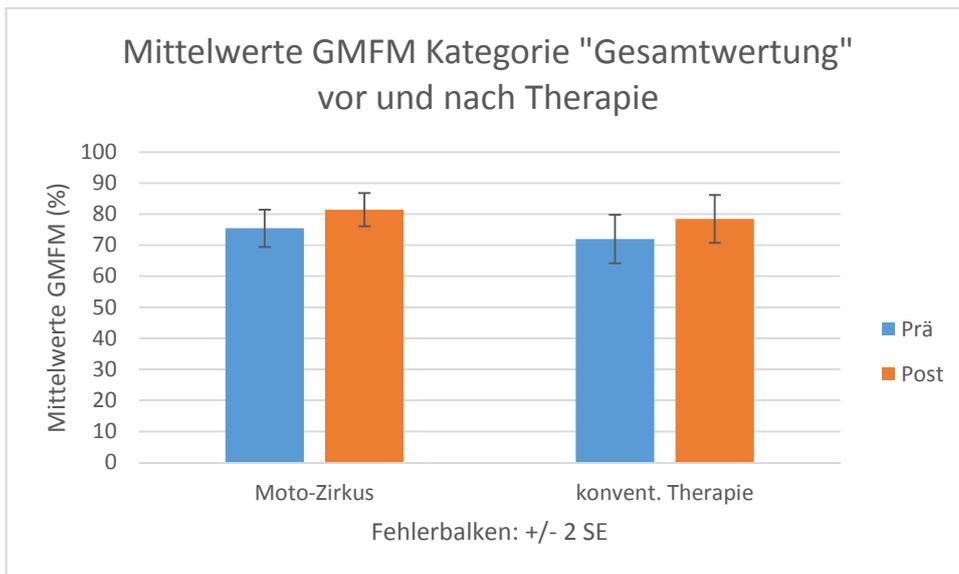


Abbildung 3c

Tabelle 9 zeigt die ausgewertete Teilnehmerzahl (N), den statistischen Mittelwert und die Standardabweichung (SD) für die Messung der maximalen Gehstrecke in Metern zu Beginn und am Ende der Studienteilnahme für die Gruppe A „Moto-Zirkus“. Tabelle 10 enthält die entsprechenden Werte und Ergebnisse für die Gruppe B „konventionelle Therapie“.

Gruppe A	N	Mittel	SD
<b>Maximale Gehstrecke (m)</b>			
Maximale Gehstrecke „Prä“	27	854,07	927,185
Maximale Gehstrecke „Post“	27	1525,19	963,664

Tabelle 9: Maximale Gehstrecke in Metern, Gruppe A „Moto-Zirkus“

Gruppe B	N	Mittel	SD
<b>Maximale Gehstrecke (m)</b>			
Max. Gehstrecke „Prä“	14	597,14	784,302
Max. Gehstrecke „Post“	15	1059,67	821,993

Tabelle 10: Maximale Gehstrecke in Metern, Gruppe B „konventionelle Therapie“

Die Abbildungen 4a und 4b beschreiben die Individualverläufe der einzelnen Patienten für die Kategorie „maximale Gehstrecke“ vor und nach dem Therapieintervall für die Gruppen A „Moto-Zirkus“ (4a) und B „konventionelle Therapie“ (4b). Abbildung 4c stellt die Mittelwerte der im Rahmen des funktionellen Gangtrainings gemessenen maximalen Gehstrecke in Metern vor und nach der Therapie in der Gruppe A „Moto-Zirkus“ und der Gruppe B „konventionelle Therapie“ unter Angabe des Standardfehlers (SE) gegenüber. Auch in diesem Falle werden in beiden Gruppen hochsignifikante Verbesserungen erreicht („Moto-Zirkus“  $p=0,00$ ; „konventionelle Therapie“  $p=0,03$ ).

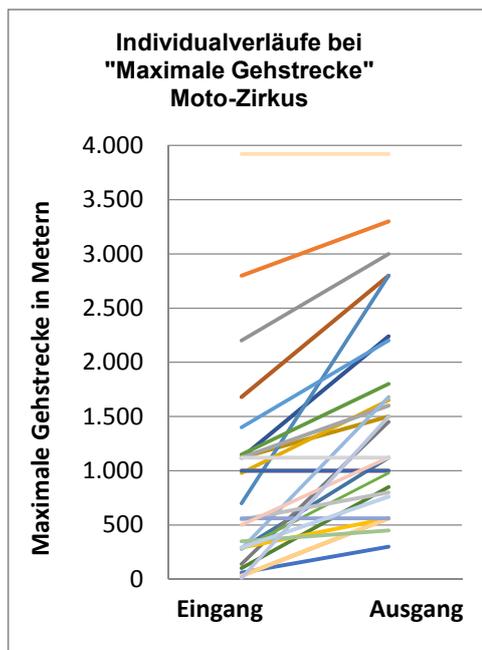


Abbildung 4a

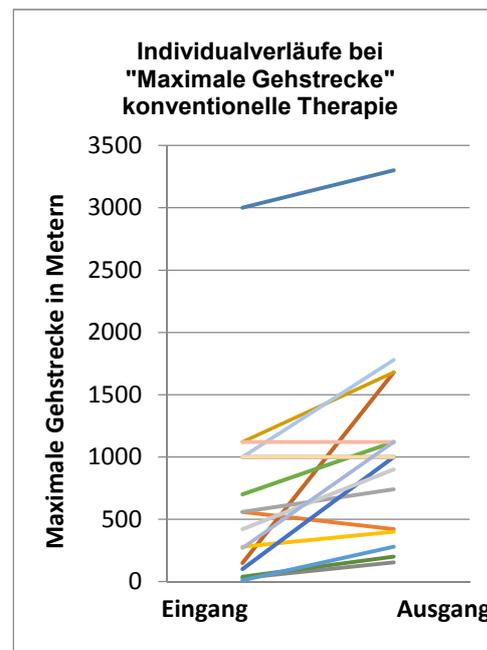


Abbildung 4b

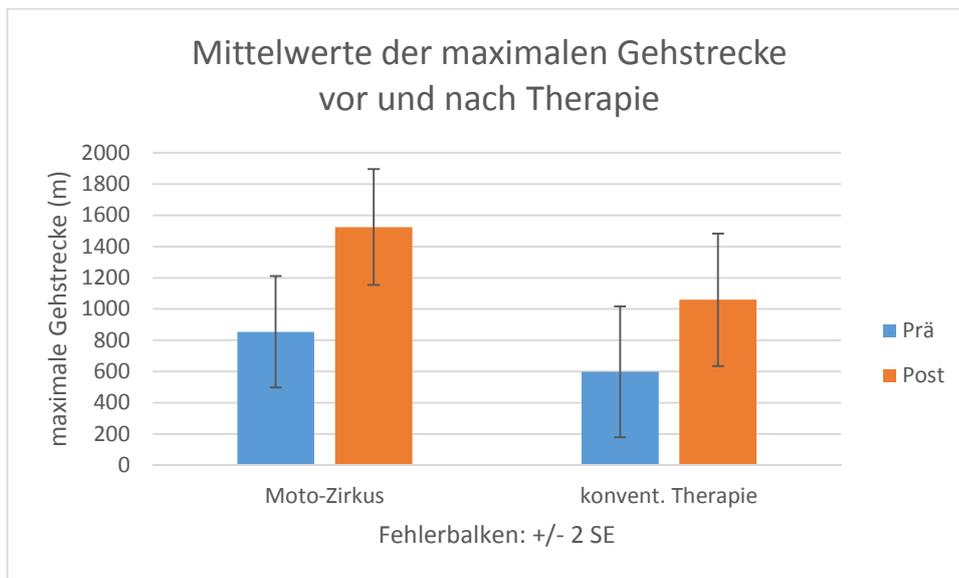


Abbildung 4c

Differenz der „Prä“- und „Post“- Mittelwerte in %		Stehen	Gehen, Rennen, Springen	Gesamtwertung
Gruppe A „Moto-Zirkus“	N	29	29	29
	Mittel	8,76	9,86	5,99
	SD	8,75	12,48	5,86
Gruppe B „konvent. Therapie“	N	17	17	17
	Mittel	11,93	9,15	6,49
	SD	18,81	13,88	8,52

Tabelle 11: Differenz der „Prä“ und „Post“ Mittelwerte in den Kategorien des GMFM (%)

Differenz der „Prä“ und „Post“ Mittelwerte in %	Maximale Gehstrecke	
Gruppe A „Moto-Zirkus“	N	27
	Mittel	671,11
	SD	502,26
Gruppe B „konvent. Therapie“	N	14
	Mittel	411,07
	SD	438,41

Tabelle 12: Differenz der „Prä“ und „Post“ Mittelwerte der maximalen Gehstrecke (m)

Die Differenz der Mittelwerte vor und nach der Therapie, also der „Prä“- und „Post“-Mittelwerte, zeigt die mittlere Verbesserung der jeweiligen motorischen Leistung in den ausgewerteten Kategorien des GMFM (siehe Tabelle 11) sowie die mittlere Verbesserung der maximalen Gehstrecke (siehe Tabelle 12).

Vergleicht man diese mittleren Verbesserungen der einzelnen Parameter (siehe Abbildung 5 und 6), so scheint sich in der GMFM-Kategorie „Stehen“ eine deutlichere Verbesserung in der Gruppe der konventionellen Therapie abzuzeichnen, während sich bei der mittleren Verbesserung der maximalen Gehstrecke eine deutlichere Verbesserung in der Gruppe „Moto-Zirkus“ erkennen lässt. Die nichtparametrischen Zwischengruppenvergleiche, durchgeführt mit dem Mann-Whitney U Test ergeben jedoch für alle vier Parameter nicht signifikante Zwischengruppenunterschiede der Differenzen. Damit findet sich statistisch kein Nachweis einer differenziellen Wirksamkeit von „Moto-Zirkus“ im Vergleich zur konventionellen Therapie bei den GMFM-Kategorien und der maximalen Gehstrecke.

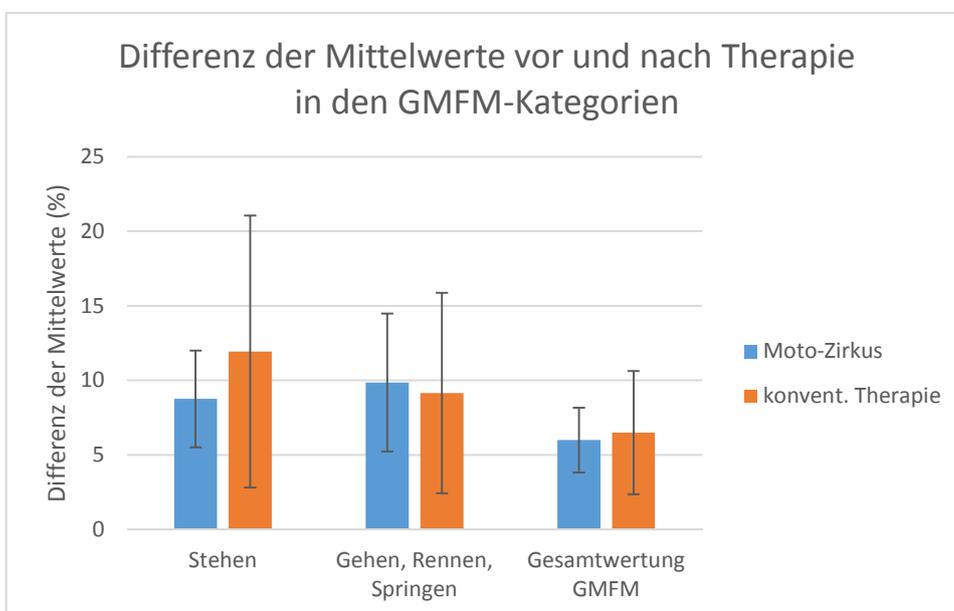


Abbildung 5

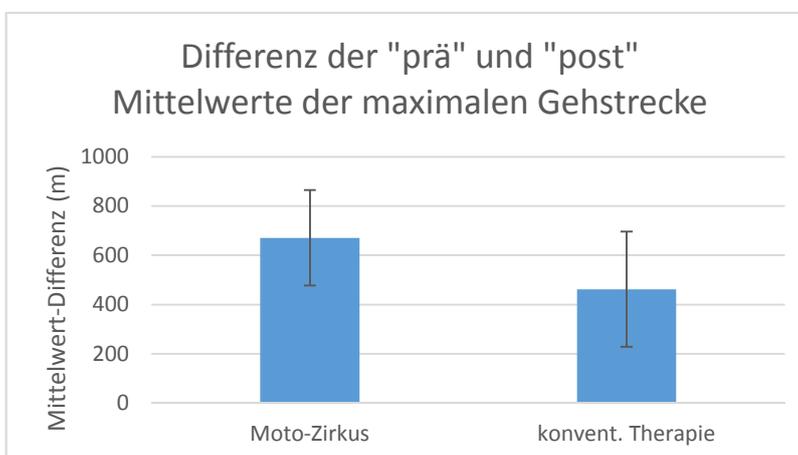


Abbildung 6

Bei der Durchführung des PWC 170 bestanden Schwierigkeiten in beiden Gruppen. Einige Patienten konnten den Test auf dem Fahrradergometer wegen zu geringer Körpergröße oder zu geringer posturaler Kontrolle nicht durchführen. Andere Patienten entwickelten während des anstrengenden Tests klinische Probleme, z. B. Schmerzen in den Beinen und mussten den Test abbrechen. Diese Patienten gingen nicht in die statistische Bewertung des Parameters „PWC 170“ ein. Von den verbleibenden Patienten brachen einige den Test wegen körperlicher Erschöpfung ab, bevor sie den Zielpuls von 170 S/Min erreichten. Diese Patienten gingen in die statische Auswertung ein. Bei Testabbruch wegen körperlicher Erschöpfung oder muskulärer Ermüdung wurde der Wert „0“ vergeben.

In der Gruppe A „Moto-Zirkus“ konnten 12 Patienten mindestens bei der Abschluss-Diagnostik nach der Therapiezeit den PWC 170 erfolgreich beenden. Sieben Patienten brachen den Test sowohl vor als auch nach der Therapiezeit ab und erreichten somit Prä- und Post-Werte von „0“. Zehn Patienten konnten den Test nicht durchführen. In der Gruppe B „konventionelle Therapie“ konnten nur zwei Patienten den Test erfolgreich beenden, fünf brachen den Eingangs- und den Ausgangstest wegen körperlicher Erschöpfung oder muskulärer Ermüdung ab und erhielten jeweils den Wert „0“ und zehn Patienten konnten den Test nicht durchführen. Die Abbildungen 7a und 7b geben die Individualverläufe der Patienten mit erfolgreich durchgeführtem PWC 170 in den Gruppen A „Moto-Zirkus“ (7a) und B „konventionelle Therapie“ (7b) wieder. Es zeigt sich dabei in der Abbildung 7a, dass beim „Moto-Zirkus“ fünf Patienten den PWC 170 in der Aufnahmediagnostik abbrechen, in der Abschlussdiagnostik jedoch erfolgreich durchführen und beenden konnten und im Hinblick auf die erreichten Endergebnisse auch gut profitierten.

Tabelle 13 gibt die Mittelwerte und Standardabweichungen zusammen mit der Anzahl der Patienten an, die den PWC 170 in den Gruppen A und B durchführten. Abbildung 7c stellt die Mittelwerte der Ergebnisse des PWC 170 vor und nach der Therapie in der Gruppe A „Moto-Zirkus“ und der Gruppe B „konventionelle Therapie“ unter Angabe des Standardfehlers (SE) gegenüber. Dabei erreichte nur die Gruppe A „Moto-Zirkus“ statistisch signifikante Verbesserungen („Moto-Zirkus“  $p=0,013$ ; „konventionelle Therapie“  $p=0,180$ ).

PWC 170 in % der Altersnorm		N	Mittel	SD
Gruppe A „Moto-Zirkus“	Eingang	19	30,00	38,666
	Ausgang	19	46,26	39,686
Gruppe B „konvent. Therapie“	Eingang	7	21,43	38,982
	Ausgang	7	24,86	40,745

Tabelle 13: PWC 170

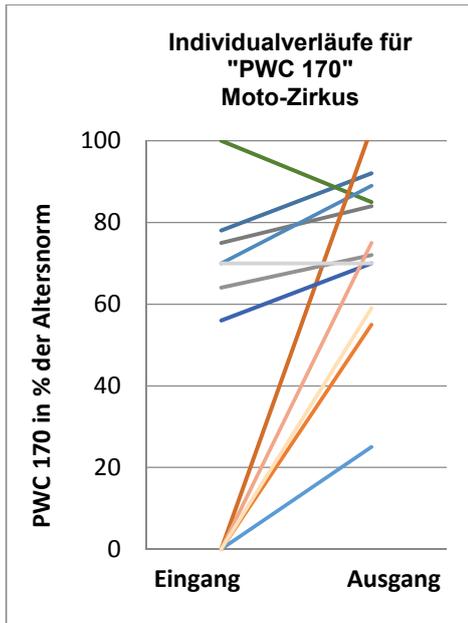


Abbildung 7a

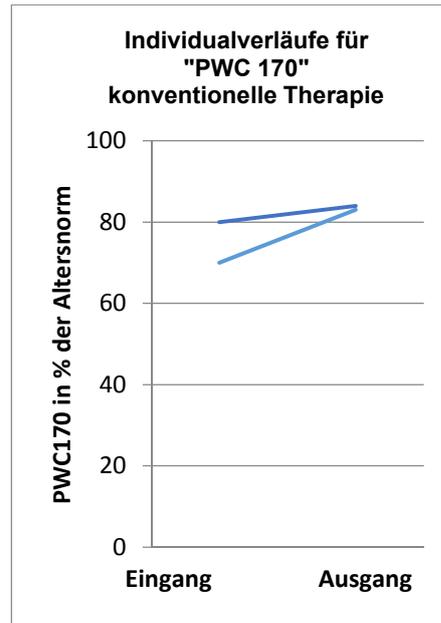


Abbildung 7b

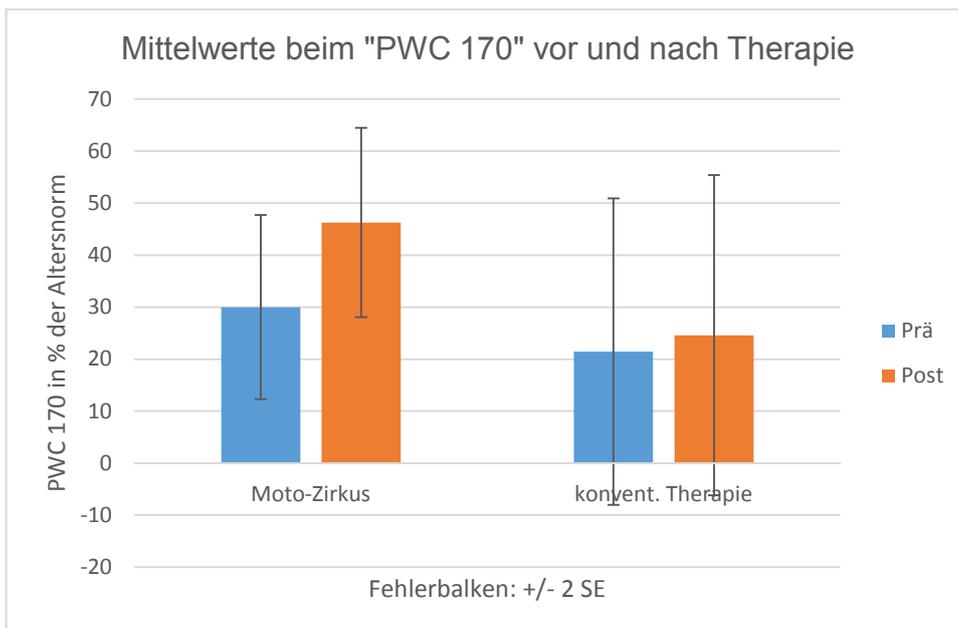
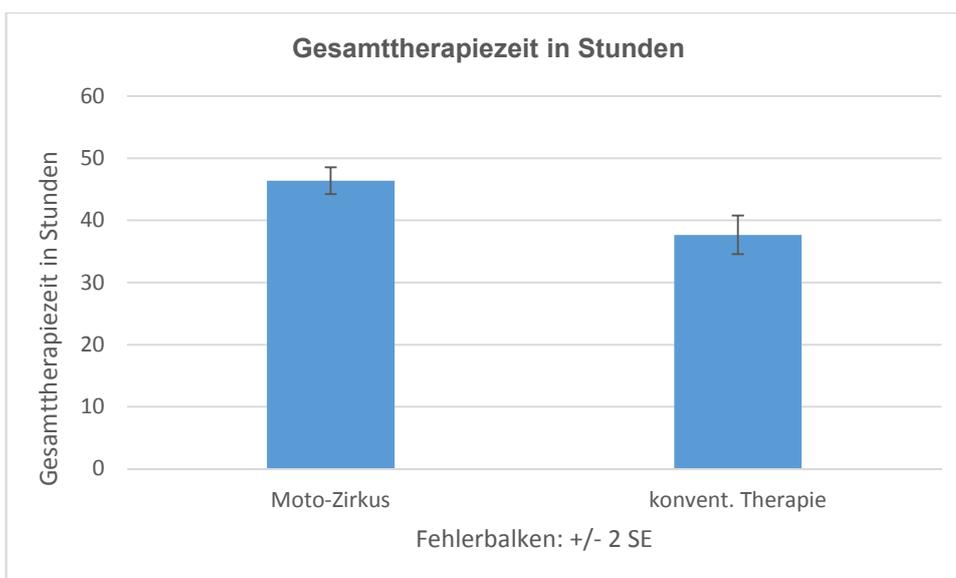


Abbildung 7c

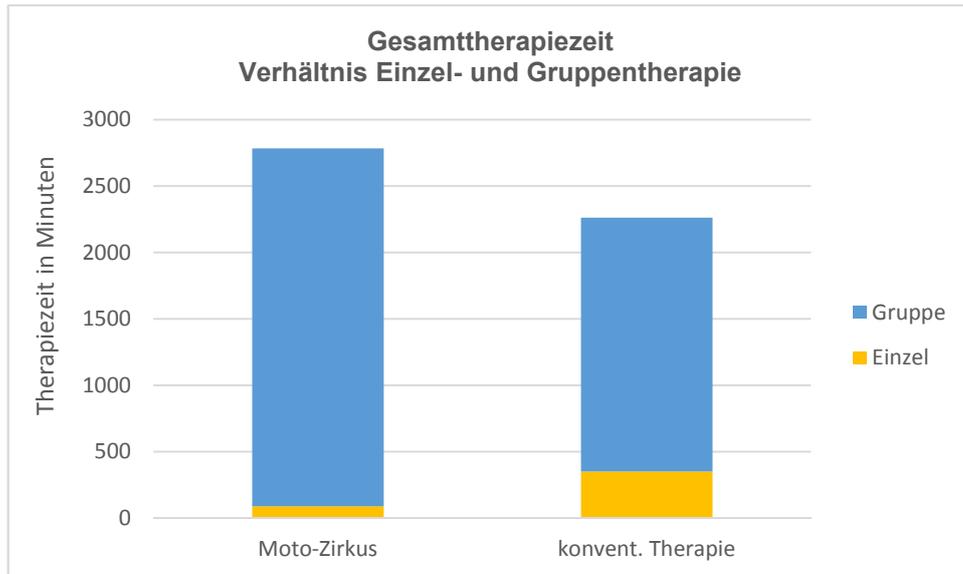
Tabelle 14 zeigt die mittlere Therapiezeit in Minuten, die die Patienten in den drei Wochen der Teilnahme an der Studie insgesamt, in Form von Gruppentherapie und als Einzeltherapie erhalten haben. Hierbei zeigt sich ein deutlicher Trend zu mehr Therapie in der Gruppe „Moto-Zirkus“. Abbildung 8 zeigt den Vergleich der mittleren Therapiezeit zwischen den beiden Gruppen in Stunden („Moto-Zirkus“ 46,39 Stunden; „konventionelle Therapie“ 37,68 Stunden). Abbildung 9 zeigt die Zusammensetzung der Gesamttherapiezeit aus Gruppen- und Einzeltherapie in Minuten. Es wird deutlich, dass beim „Moto-Zirkus“ die Gesamttherapiezeit weit überwiegend aus Gruppentherapie besteht, während bei der konventionellen Therapie deutlich mehr Einzeltherapie geleistet wird.

Mittlere Therapiezeit in Minuten		Gesamtzeit	Gruppentherapie	Einzeltherapie
Gruppe A „Moto-Zirkus“	N	29	29	29
	Mittel	2783,28	2693,275	90,000
	SD	349,710	349,709	000
Gruppe B „konvent. Therapie“	N	17	17	17
	Mittel	2261,47	1910,294	351,176
	SD	388,14	437,512	115,102

**Tabelle 14: Gesamtzeit der Therapie in Minuten**



**Abbildung 8**



**Abbildung 9**

## 5. Diskussion

Im Hinblick auf die erste Fragestellung der Studie kann festgestellt werden, dass sowohl das standardisierte Zirkeltraining „Moto-Zirkus“ als auch die „konventionelle Therapie“ mit Verordnung eines breiteren Angebotes an Einzel- und Gruppentherapien in einem überschaubaren Zeitraum von drei Wochen zu einer hochsignifikanten Verbesserung der Steh- und Gehfähigkeit führen, gemessen mit den entsprechenden Parametern des GMFM und der maximalen Gehstrecke.

Im Hinblick auf die zweite Fragestellung ist festzuhalten, dass mit Ausnahme des Parameters „PWC 170“ zwischen den beiden genannten Therapiegruppen kein statistisch signifikanter Unterschied nachgewiesen werden konnte. Beide Therapieformen scheinen im Hinblick auf die Verbesserung der Steh- und Gehfähigkeit gleichermaßen effektiv zu sein. Beim PWC 170 erreicht nur die Gruppe A „Moto-Zirkus“ eine statistisch signifikante Verbesserung. Das vergleichsweise bessere Abschneiden der Gruppe „Moto-Zirkus“ bei diesem Fahrradergometer-Test kann darin begründet sein, dass das Fahrradergometer als Trainingsgerät bei allen „Moto-Zirkus“-Patienten, die körperlich zu seiner Nutzung in der Lage waren, als Teil des Therapiezyklus regelmäßig, im Idealfall täglich genutzt wurde. In der Gruppe mit konventioneller Therapie war das Fahrradergometer bei den Patienten, die körperlich zu seiner Nutzung in

der Lage waren, nicht zwingend auch verordnet und selbst wenn, nur ein Baustein von Vielen. Man kann davon ausgehen, dass das Trainieren mit dem Fahrradergometer in der Gruppe „Moto-Zirkus“ in den drei Therapiewochen einen vergleichsweise größeren Stellenwert eingenommen hat. Dies zeigt wahrscheinlich erneut, dass man bei den Tätigkeiten besser wird, die man durchführt und somit, dass man das Üben soll, was man können will. Die Studie zeigt jedoch auch, dass der körperlich sehr anstrengende PWC 170 selbst für die Patienten, die ein Ergometer nutzen können, häufig nicht zu bewerkstelligen ist und für unsere Studienzwecke aus diesem Grund letztlich eigentlich nicht geeignet war.

Beim Vergleich der Gruppen fiel ebenfalls auf, dass die Gesamttherapiezeit beim als feste Leistungsfolge verordneten „Moto-Zirkus“ deutlich größer war, als bei der in Einzelbausteinen verordneten konventionellen Therapie. Zudem schon die Therapieform des „Moto-Zirkus“ Ressourcen bei den Einzeltherapien und bei der Therapieplanung. Andererseits ist die konventionelle Therapie mit weniger Therapiegesamtzeit gleichermaßen effektiv. Es bleibt unbeantwortet, ob dies an der vermehrten Inanspruchnahme von Einzeltherapie in der Gruppe „konventionelle Therapie“ liegt, an der Ausschöpfung des größeren Therapieangebots (mehr Variabilität auf dem Weg zum Ziel) oder an der individuelleren und damit eventuell doch passgerechteren Auswahl der einzelnen Therapien in dieser Gruppe.

Im Vergleich der Gruppen finden sich zwar bei der maximalen Gehstrecke und den ausgewerteten GMFM-Kategorien keine signifikanten Unterschiede, jedoch innerhalb jeder Therapiegruppe große interindividuelle Unterschiede der einzelnen Behandlungsverläufe. Positiv ist zu vermerken, dass es keinen Patienten gibt, der in der Gesamtbeschau der Befunde nicht von der Therapie profitiert hat. Jedoch zeigt sich in unserem Klinikalltag, dass viele, vor allem jüngere und motorisch sowie kognitiv stärker beeinträchtigte Kinder und Jugendliche eine längere Zeit der Gewöhnung an das stationäre Setting und das große Behandlungsteam benötigen. Für diese Patienten ist ein Behandlungszeitraum von 3 Wochen knapp bemessen. Hier ist kritisch zu bemerken, dass nicht alle Patienten vor Beginn der Studienteilnahme eine einheitliche Eingewöhnungsphase an die stationäre Rehabilitation hatten.

Der Versuch, die Ergebnisse dieser Studie mit internationalen wissenschaftlichen Forschungsergebnissen zu vergleichen gestaltet sich schwierig. In der neuropädiatrischen Rehabilitation wird ein großes und sehr inhomogenes Patientenkollektiv im Spannungsfeld zwischen Medizinqualität, ökonomischen Erfordernissen und individuellen Bedürfnissen und Ressourcen behandelt. Dem Wunsch der Eltern und Kinder nach gleichzeitig größtmöglicher Individualität und Intensität steht die Notwendigkeit einer ökonomischen Verantwortung gegenüber. Optimierung der Effektivität motorischer Therapie im Hinblick auf die Zielerreichung kann helfen, einen Bogen zwischen den unterschiedlichen Ansprüchen zu spannen. Die Auswahl der am besten geeigneten Therapieverfahren in einer sinnvollen Dosis zum optimalen Zeitpunkt in der effektivsten Kombination wird erschwert durch die Vielzahl von erworbenen und angeborenen neurologischen Erkrankungen bei Kindern unterschiedlichen Alters und damit – anders als bei Erwachsenen – grundlegend unterschiedlichen motorischen, sprachlichen, kognitiven und sozialen Entwicklungsstufen sowie durch die Tatsache, dass es kaum Behandlungsstandards gibt.

Anders als in vielen publizierten Therapiestudien konzentrierte sich die hier vorgelegte Studie nicht auf ein stark eingegrenztes Patientenkollektiv. Ziel der Studie war es, die Wirksamkeit der Therapien im Klinikalltag unserer Patienten zu überprüfen, also mit einem sehr variablen Patientenkollektiv.

Große Therapiestudien mit Relevanz für die neuropädiatrische Rehabilitation gibt es vor allem für Patienten mit einer Cerebralparese (z. B. Balemans et al. 2015; Goldstein 2004; Heinen et al. 2009; Novak et al. 2013; Papavasiliou 2009; Verschuren et al. 2008) sowie für Erwachsene mit Schlaganfall (siehe insbesondere ReMoS-Arbeitsgruppe 2015). Nicht selten wird in den Reviews die mäßige Qualität und fehlende Vergleichbarkeit vieler Studien beklagt. Es wird dargestellt, dass Vergleiche schon zwischen verschiedenen Varianten eines Krankheitsbildes, z. B. zwischen unilateraler und bilateraler CP nur eingeschränkt möglich sind (Balemans et al. 2015) oder dass Unterschiede in der Behandlung in verschiedenen Stadien einer Erkrankung bestehen können, z. B. beim Schlaganfall (ReMoS-Arbeitsgruppe 2015).

Eine starke Eingrenzung oder Fokussierung des Patientenkollektivs ist aber nicht allgemeingültiger Standard. Adair et al. veröffentlichten 2015 eine Studie,

die Interventionen zur Verbesserung der Teilhabe bei Kindern mit einer Behinderung untersuchte, also bei einem ebenfalls sehr variablen Patientenkollektiv. Zudem wird neben dem schwierigen Versuch der Standardisierung von Therapieverfahren durch Reviews von anderer Seite individuell angepasste Therapie für individuelle Patienten gefordert (van den Broeck et al. 2010) oder die Notwendigkeit der Veränderung der Umgebung bzw. des Kontext des Kindes zur Verbesserung der Teilhabe in den Vordergrund gestellt (Ryan 2016; Darrah et al. 2011; Law et al. 2011).

Auch die in dieser Dissertation vorgestellte Studie ist wegen der Auswahl des Patientenkollektivs und der recht großen untersuchten Altersspannbreite kaum mit anderen Studien vergleichbar. Jedoch kann trotz dieser Einschränkung insgesamt festgestellt werden, dass die Auswahl der Therapien mit den Therapieempfehlungen der großen Therapiestudien in Einklang steht. Dies wurde im Kapitel „Evidenzbasierte Medizin“ bereits ausführlich dargestellt. Auch die Organisationsform unseres Therapieangebotes als breit gefächerte Therapiekombinationen mit verschiedenen Modulen und Schwerpunkten entsprechen den Empfehlungen vieler Studien einer Kombination verschiedener Therapieformen und eines intensiven Trainings (Veerbeek et al. 2011; Damiano 2006; ReMoS-Arbeitsgruppe 2015; Wevers et al. 2009; Papavasiliou 2009; Pollock et al. 2007). Gleichzeitig kann durch Anpassung der Therapien vor Ort und im Verlauf ausreichend Flexibilität und somit eine individuelle Betreuung der Patienten durch unsere Therapeuten sichergestellt werden.

Als Kritik an der Studie kann angeführt werden, dass zwei sich letztlich an den gleichen Prinzipien orientierende und somit inhaltlich ähnliche Therapiegruppen miteinander verglichen wurden, aber nicht eine Gruppe von Patienten mit einer bestimmten Therapie einer Gruppe ohne Therapie gegenüber gestellt wurde. Ein solches Studiendesign mit einer Kontrollgruppe ohne Therapie ist aber im Rahmen einer stationären Rehabilitation nicht vorstellbar und vor Eltern und Kindern nicht vertretbar. Dieses Problem besteht häufig bei Therapiestudien (insbesondere für Kinder). Den nicht therapierten Spontanverlauf einer Erkrankung kann man aus ethischen und moralischen Gründen nicht als Vergleichsparameter heranziehen. Allenfalls lässt sich, eine Patientengruppe mit einer definierten Basistherapie mit einer Gruppe vergleichen, die dieselbe Basistherapie plus eine bestimmte Zusatztherapie erhält, um nachzuweisen,

dass durch diese Zusatztherapie ein bestimmter Vorteil erreicht wird. Dies war jedoch keine Fragestellung der hier vorgestellten Studie.

Weiterhin kann als Kritik an dieser Studie angeführt werden, dass Leistungsparameter, wie Muskelkraft oder Gleichgewicht nicht quantifiziert worden sind, obwohl sie Bestandteil des Zirkeltrainings waren. Hierzu ist festzustellen, dass die große Variabilität unseres Patientenkollektives im Hinblick auf das Alter und die Diagnosen die Auswahl der geeigneten Testparameter erschwerte (siehe PWC 170).

Die Verbesserung der Kraft einzelner Muskeln wird in der Literatur oft nicht als aussagekräftig im Hinblick auf Veränderungen der Mobilität angesehen (McNee et al. 2009; Taylor et al. 2013) und die Auswahl der untersuchten Muskeln kann offensichtlich entscheidend sein für das Ergebnis. So zeigten Balemans et al. in einer Studie, dass neben der anaeroben Fitness die wichtigste Determinante bei Kindern mit einer bilateral spastischen CP die Kraft der Kniestrecker war, wenn die Kategorien des GMFM überprüft wurden, jedoch für den 1-Minuten Gangtest die Kraft der Hüftabduktoren (Balemans et al. 2015). Zudem ist die Messung der Kraft einzelner Muskeln in der Praxis aufwendig und fehlerbehaftet. Wir haben daher auf die Messung der Muskelkraft einzelner Muskeln verzichtet.

Für die Gleichgewichtsmessung gibt es neben einfachen Tests, wie dem monopodalen Stehen, die Posturographie. Ersteres ist Bestandteil des GMFM und fließt somit indirekt in die Ergebnisse mit ein. Letztere ist nicht nur sehr aufwendig, sondern vor allem für kleine Kinder nicht durchführbar und nicht mit Normwerten validiert.

Die aerobe Fitness wird indirekt durch die Messung der maximalen Gehstrecke mit beurteilt. Die maximale Gehstrecke ist wiederum aus unserer Sicht einer der entscheidenden Parameter für die Gehfähigkeit und Mobilität im Alltag nach Ende der Rehabilitation und somit hochgradig praxisrelevant. Aerobe und anaerobe Fitness werden in einigen Studien durch Fahrradergometertests gemessen (z. B. Balemans et al. 2015), in dieser Studie mit dem PWC 170. Wie oben bereits beschreiben zeigte sich in der Praxis aber, dass ein sehr

großer Teil der Patienten körperlich nicht in der Lage war, den Test zu absolvieren, so dass er retrospektiv als wenig geeignet angesehen werden muss.

Weiterhin muss bei der Bewertung der Studienergebnisse eingeräumt werden, dass keinerlei Aussage über den Gang im Sinne der Symmetrie und Physiologie des Bewegungsablaufs getroffen wurde. Beim supervidierten funktionellen Gangtraining wird an der Verbesserung des Gangs (Gangbild) gearbeitet, das Ergebnis wird im Arztbericht beschreibend dokumentiert, ist aber im Rahmen einer Studie kaum in Zahlen darstellbar.

Zu guter Letzt wurde nicht verifiziert, ob die Verbesserung der motorischen Leistungen mit einer Verbesserung der Lebensqualität einherging oder im Anschluss an die Rehabilitation zu einer alltagrelevanten Verbesserung der Aktivität und Teilhabe der Patienten führte und falls ja, wie lange dieser Effekt anhielt.

## **6. Zusammenfassung**

Moderne neuropädiatrische Rehabilitation orientiert sich an den Prinzipien des motorischen Lernens und den Erkenntnissen der evidenzbasierten Medizin. Ziel ist es, die adaptive Plastizität nach einer Hirnschädigung durch die Therapie bestmöglich zu beeinflussen. In der vorgestellten Studie konnte nachgewiesen werden, dass die nach diesen Prinzipien und Erkenntnissen ausgerichtete Therapie der Klinik für Neuropädiatrie der St. Mauritius Therapieklinik zur Verbesserung der Steh- und Gehfähigkeit, tatsächlich zu einer effektiven Verbesserung der motorischen Leistung bei Kindern und Jugendlichen mit neurologischen Erkrankungen führt. Dazu wurden die Studienteilnehmer in zwei Behandlungsgruppen eingeteilt. Die Gruppe A nahm an einem standardisierten Zirkeltraining „Moto-Zirkus“ teil, welches weit überwiegend aus Gruppentherapie bestand und neben supervidiertem funktionellem Gangtraining ein täglich zweistündiges Zirkeltraining aus aerobem Fitnesstraining, Krafttraining, Gleichgewichtstraining, Koordinations-, Dehnungs- und Mobilisationsübungen sowie Laufbandtherapie umfasste. Die Gruppe B erhielt ein breiteres Spektrum aus Einzel- und Gruppentherapie, die „konventionell“ in Form von Einzelbausteinen verordnet wurde, sich jedoch an in unserer Klinik entwickelten Therapiemodulen orientierte.

Nach einem Therapiezeitraum von drei Wochen konnten in den untersuchten Zielparametern statistisch hochsignifikante Verbesserungen festgestellt werden. Statistisch signifikante Unterschiede in der Verbesserung der motorischen Leistung zwischen den beiden Gruppen konnten außer beim PWC 170 nicht nachgewiesen werden. Unter ökonomischen Aspekten stand weniger Einzeltherapie im Zirkeltraining „Moto-Zirkus“ und eine erhebliche Schonung von Ressourcen bei der Therapieplanung durch die Verordnung als Leistungsfolge einer im Vergleich geringeren Gesamttherapiezeit bei der konventionellen Therapie bei statistisch gesehen gleicher Effektivität gegenüber. Obwohl die vorgestellten Therapiemethoden in grundsätzlichem Einklang mit den aktuellen wissenschaftlichen Empfehlungen stehen, ist eine vergleichende Einordnung schwierig – nicht zuletzt, weil das untersuchte Patientenkollektiv hinsichtlich des Alters und der Diagnosen sehr uneinheitlich war, was wiederum dem zu untersuchenden Alltag der neuropädiatrischen Rehabilitation entspricht.

## 7. Literaturverzeichnis

- Adair, Brooke; Ullenhag, Anna; Keen, Deb; Granlund, Mats; Imms, Christine (2015): The effect of interventions aimed at improving participation outcomes for children with disabilities: a systematic review. In: *Developmental medicine and child neurology* 57 (12), S. 1093–1104. DOI: 10.1111/dmcn.12809.
- Anttila, Heidi; Suoranta, Jutta; Malmivaara, Antti; Makela, Marjukka; Autti-Ramo, Ilona (2008): Effectiveness of physiotherapy and conductive education interventions in children with cerebral palsy: a focused review. In: *American journal of physical medicine & rehabilitation / Association of Academic Physiatrists* 87 (6), S. 478–501. DOI: 10.1097/PHM.0b013e318174ebed.
- Balemans, Astrid C. J.; van Wely, Leontien; Becher, Jules G.; Dallmeijer, Annet J. (2015): Associations between fitness and mobility capacity in school-aged children with cerebral palsy: a longitudinal analysis. In: *Developmental medicine and child neurology*. DOI: 10.1111/dmcn.12677.
- Barty, Elizabeth; Caynes, Katy; Johnston, Leanne M. (2016): Development and reliability of the Functional Communication Classification System for children with cerebral palsy. In: *Developmental medicine and child neurology* 58 (10), S. 1036–1041. DOI: 10.1111/dmcn.13124.
- Bisio, Ambra; Avanzino, Laura; Gueugneau, Nicolas; Pozzo, Thierry; Ruggeri, Piero; Bove, Marco (2015): Observing and perceiving: A combined approach to induce plasticity in human motor cortex. In: *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology* 126 (6), S. 1212–1220. DOI: 10.1016/j.clinph.2014.08.024.
- Brock, Kim; Haase, Gerlinde; Rothacher, Gerhard; Cotton, Susan (2011): Does physiotherapy based on the Bobath concept, in conjunction with a task practice, achieve greater improvement in walking ability in people with stroke compared to physiotherapy focused on structured task practice alone?: a pilot randomized controlled trial. In: *Clinical rehabilitation* 25 (10), S. 903–912. DOI: 10.1177/0269215511406557.

- Brooks, Jordan; Day, Steven; Shavelle, Robert; Strauss, David (2011): Low weight, morbidity, and mortality in children with cerebral palsy: new clinical growth charts. In: *Pediatrics* 128 (2), e299-307. DOI: 10.1542/peds.2010-2801.
- Burrige, Jane H.; Hughes, Ann-Marie (2010): Potential for new technologies in clinical practice. In: *Current opinion in neurology* 23 (6), S. 671–677. DOI: 10.1097/WCO.0b013e3283402af5.
- Cramer, Steven C.; Sur, Mriganka; Dobkin, Bruce H.; O'Brien, Charles; Sanger, Terence D.; Trojanowski, John Q. et al. (2011): Harnessing neuroplasticity for clinical applications. In: *Brain : a journal of neurology* 134 (Pt 6), S. 1591–1609. DOI: 10.1093/brain/awr039.
- Damiano, Diane L. (2006): Activity, Activity, Activity. Rethinking Our Physical Therapy Approach to Cerebral Palsy. In: *Physical Therapy; Nov 2006; 86, 11; Health & Medical Complete*, zuletzt geprüft am 24.07.2016.
- Damiano, Diane L. (2014): Meaningfulness of mean group results for determining the optimal motor rehabilitation program for an individual child with cerebral palsy. In: *Developmental medicine and child neurology* 56 (12), S. 1141–1146. DOI: 10.1111/dmcn.12505.
- Damji, Omar; Keess, Jamie; Kirton, Adam (2015): Evaluating developmental motor plasticity with paired afferent stimulation. In: *Developmental medicine and child neurology* 57 (6), S. 548–555. DOI: 10.1111/dmcn.12704.
- Darrach, Johanna; Law, Mary C.; Pollock, Nancy; Wilson, Brenda; Russell, Dianne J.; Walter, Stephen D. et al. (2011): Context therapy: a new intervention approach for children with cerebral palsy. In: *Developmental medicine and child neurology* 53 (7), S. 615–620. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2011.03959.x.
- Dewar, Rosalee; Love, Sarah; Johnston, Leanne Marie (2015): Exercise interventions improve postural control in children with cerebral palsy: a systematic review. In: *Developmental medicine and child neurology* 57 (6), S. 504–520. DOI: 10.1111/dmcn.12660.
- Dinse, Hubert R.; Kattenstroth, J. Ch.; Tegenthoff, M.; Kalisch, Tobias (2011): Plastizität, motorisches Lernen und sensible Stimulation. In: Ch. Dettmers und K. M. Stephan (Hg.): *Motorische Therapie nach Schlaganfall. Von der Physiologie bis zu den Leitlinien*. Bad Honnef: Hippocampus Verl. (Neurowissenschaft aktuell), S. 3–29.
- El-Shamy, Shamekh Mohamed (2014): Effect of whole-body vibration on muscle strength and balance in diplegic cerebral palsy: a randomized controlled trial. In: *American journal of physical medicine & rehabilitation / Association of Academic Physiatrists* 93 (2), S. 114–121. DOI: 10.1097/PHM.0b013e3182a541a4.
- Fasoli, Susan E.; Ladenheim, Barbara; Mast, Joelle; Krebs, Hermano Igo (2012): New horizons for robot-assisted therapy in pediatrics. In: *American journal of physical medicine & rehabilitation / Association of Academic Physiatrists* 91 (11 Suppl 3), S280-9. DOI: 10.1097/PHM.0b013e31826bcff4.
- Ferluga, Elizabeth D.; Sathe, Nila A.; Krishnaswami, Shanthi; Mcpheeters, Melissa L. (2014): Surgical intervention for feeding and nutrition difficulties in cerebral palsy: a systematic review. In: *Developmental medicine and child neurology* 56 (1), S. 31–43. DOI: 10.1111/dmcn.12170.
- Forsyth, Rob; Basu, Anna (2015): The promotion of recovery through rehabilitation after acquired brain injury in children. In: *Developmental medicine and child neurology* 57 (1), S. 16–22. DOI: 10.1111/dmcn.12575.
- Freivogel, S. (2011): Grundkonzepte der Physiotherapie. In: Ch. Dettmers und K. M. Stephan (Hg.): *Motorische Therapie nach Schlaganfall. Von der Physiologie bis zu den Leitlinien*. Bad Honnef: Hippocampus Verl. (Neurowissenschaft aktuell), S. 106–118.
- Goldstein, Murray (2004): The Treatment of cerebral palsy. What we know, what we don't know. In: *The Journal of Pediatrics* 145 (2), S42-S46. DOI: 10.1016/j.jpeds.2004.05.022.

Granacher, Urs; Goesele, A.; Roggo, K.; Wischer, T.; Fischer, S.; Zuerny, C. et al. (2011): Effects and mechanisms of strength training in children. In: *International journal of sports medicine* 32 (5), S. 357–364. DOI: 10.1055/s-0031-1271677.

Granacher, Urs; Kriemler, S.; Gollhofer, Albert; Zahner, L. (2009): Neuromuskuläre Auswirkungen von Krafttraining im Kindes- und Jugendalter. Hinweise für die Trainingspraxis. In: *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 60 (Nr. 2 (2009)).

Greenwood, Richard (2012): Rehabilitation: advanced but not translated. In: *Current opinion in neurology* 25 (6), S. 649–650. DOI: 10.1097/WCO.0b013e32835a70be.

Grefkes, Christian; Fink, Gereon R. (2012): Disruption of motor network connectivity post-stroke and its noninvasive neuromodulation. In: *Current opinion in neurology* 25 (6), S. 670–675. DOI: 10.1097/WCO.0b013e3283598473.

Hanzel, Farzin; Grieshammer, Steven (2011): Die Spiegelneuronen und ihre Rolle in der Rehabilitation. In: Ch. Dettmers und K. M. Stephan (Hg.): *Motorische Therapie nach Schlaganfall. Von der Physiologie bis zu den Leitlinien*. Bad Honnef: Hippocampus Verl. (Neurowissenschaft aktuell).

Heinen, Florian; Desloovere, Kaat; Schroeder, A. Sebastian; Berweck, Steffen; Borggraefe, Ingo; van Campenhout, Anya et al. (2009): The updated European Consensus 2009 on the use of Botulinum toxin for children with cerebral palsy. In: *European journal of paediatric neurology : EJPN : official journal of the European Paediatric Neurology Society* 14 (1), S. 1–22. DOI: 10.1016/j.ejpn.2009.09.005.

Herskind, Anna; Ritterband-Rosenbaum, Anina; Willerslev-Olsen, Maria; Lorentzen, Jakob; Hanson, Lars; Lichtwark, Glen; Nielsen, Jens B. (2016): Muscle growth is reduced in 15-month-old children with cerebral palsy. In: *Developmental medicine and child neurology* 58 (5), S. 485–491. DOI: 10.1111/dmcn.12950.

Hidecker, Mary Jo Cooley; Paneth, Nigel; Rosenbaum, Peter L.; Kent, Raymond D.; Lillie, Janet; Eulenberg, John B. et al. (2011): Developing and validating the Communication Function Classification System for individuals with cerebral palsy. In: *Developmental medicine and child neurology* 53 (8), S. 704–710. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2011.03996.x.

Himmelmann, Kate; Horber, Veronka; La Cruz, Javier de; Horridge, Karen; Mejaski-Bosnjak, Vlatka; Hollody, Katalin; Krageloh-Mann, Ingeborg (2016): MRI classification system (MRICS) for children with cerebral palsy: development, reliability, and recommendations. In: *Developmental medicine and child neurology*. DOI: 10.1111/dmcn.13166.

Hömborg, Volker; Böhring, Dana; Krause, Helmut; Stephan, Klaus Martin (2011): Modulares Stufenkonzept für die Behandlung motorischer Störungen. In: Ch. Dettmers und K. M. Stephan (Hg.): *Motorische Therapie nach Schlaganfall. Von der Physiologie bis zu den Leitlinien*. Bad Honnef: Hippocampus Verl. (Neurowissenschaft aktuell), S. 263–270.

Hubel, D. H.; Wiesel, T. N.; LeVay, S. (1977): Plasticity of ocular dominance columns in monkey striate cortex. In: *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 278:377–409. 1977.

Johnston, Michael V. (2009): Plasticity in the developing brain: implications for rehabilitation. In: *Developmental disabilities research reviews* 15 (2), S. 94–101. DOI: 10.1002/ddr.64.

Karthikbabu, S.; Nayak, Akshatha; Vijayakumar, K.; Misri, Zk; Suresh, Bv; Ganesan, Sailakshmi; Joshua, Abraham M. (2011): Comparison of physio ball and plinth trunk exercises regimens on trunk control and functional balance in patients with acute stroke: a pilot randomized controlled trial. In: *Clinical rehabilitation* 25 (8), S. 709–719. DOI: 10.1177/0269215510397393.

Kelly, Gemma; Mobbs, Sue; Pritkin, Joshua N.; Mayston, Margaret; Mather, Michael; Rosenbaum, Peter et al. (2015): Gross Motor Function Measure-66 trajectories in

children recovering after severe acquired brain injury. In: *Developmental medicine and child neurology* 57 (3), S. 241–247. DOI: 10.1111/dmcn.12592.

Kerr, Claire; McDowell, Brona C.; Parkes, Jackie; Stevenson, Mike; Cosgrove, Aidan P. (2011): Age-related changes in energy efficiency of gait, activity, and participation in children with cerebral palsy. In: *Developmental medicine and child neurology* 53 (1), S. 61–67. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2010.03795.x.

Kim, Won Ho; Park, Eun Young (2011): Causal relation between spasticity, strength, gross motor function, and functional outcome in children with cerebral palsy: a path analysis. In: *Developmental medicine and child neurology* 53 (1), S. 68–73. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2010.03777.x.

Kleim, Jeffrey A. (2011): Neural plasticity and neurorehabilitation: teaching the new brain old tricks. In: *Journal of communication disorders* 44 (5), S. 521–528. DOI: 10.1016/j.jcomdis.2011.04.006.

Kleim, Jeffrey A.; Jones, Theresa A. (2008): Principles of Experience-Dependent Neural Plasticity: Implications for Rehabilitation after Brain Damage. In: *Journal of Speech, Language and Hearing research* (Vol. 51), S. 225–239, zuletzt geprüft am 21.07.2016.

Kollen, Boudewijn J.; Lennon, Sheila; Lyons, Bernadette; Wheatley-Smith, Laura; Scheper, Mark; Buurke, Jaap H. et al. (2009): The effectiveness of the Bobath concept in stroke rehabilitation: what is the evidence? In: *Stroke; a journal of cerebral circulation* 40 (4), e89–97. DOI: 10.1161/Strokeaha.108.533828.

Krägeloh-Mann, Ingeborg; Cans, Christine (2009): Cerebral palsy update. In: *Brain & development* 31 (7), S. 537–544. DOI: 10.1016/j.braindev.2009.03.009.

Ladda, Aija Marie; Pfannmoeller, Joerg Peter; Kalisch, Tobias; Roschka, Sybille; Platz, Thomas; Dinse, Hubert R.; Lotze, Martin (2014): Effects of combining 2 weeks of passive sensory stimulation with active hand motor training in healthy adults. In: *PloS one* 9 (1), e84402. DOI: 10.1371/journal.pone.0084402.

Law, Mary C.; Darrach, Johanna; Pollock, Nancy; Wilson, Brenda; Russell, Dianne J.; Walter, Stephen D. et al. (2011): Focus on function: a cluster, randomized controlled trial comparing child- versus context-focused intervention for young children with cerebral palsy. In: *Developmental medicine and child neurology* 53 (7), S. 621–629. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2011.03962.x.

McNee, Anne E.; Gough, Martin; Morrissey, Matt C.; Shortland, Adam P. (2009): Increases in muscle volume after plantarflexor strength training in children with spastic cerebral palsy. In: *Developmental medicine and child neurology* 51 (6), S. 429–435. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2008.03230.x.

Müller, Kristina (2007): Motorisches Lernen und die Behandlung motorischer Störungen. In: J. Pietz und D. Karch (Hg.): *Aktuelle Neuropädiatrie 2006*. Nürnberg: Novartis Pharma Verlag, S. 51–59.

Müller, Kristina (2011): Physiotherapie unter evidenz-basierten Kriterien. In: *Kinder- und Jugendarzt* 42. Jg (Nr.6), S. 352–357.

Mutlu, Akmer; Krosschell, Kristin; Spira, Deborah Gaebler (2009): Treadmill training with partial body-weight support in children with cerebral palsy: a systematic review. In: *Developmental medicine and child neurology* 51 (4), S. 268–275. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2008.03221.x.

Nelson, A. J.; Staines, W. R.; McIlroy, W. E. (2004): Tactile stimulus predictability modulates activity in a tactile-motor cortical network. In: *Experimental brain research* 154 (1), S. 22–32. DOI: 10.1007/s00221-003-1627-x.

Novak, Iona; McIntyre, Sarah; Morgan, Catherine; Campbell, Lanie; Dark, Leigha; Morton, Natalie et al. (2013): A systematic review of interventions for children with cerebral palsy: state of the evidence. In: *Developmental medicine and child neurology* 55 (10), S. 885–910. DOI: 10.1111/dmcn.12246.

- Nsenga, A. L.; Shephard, R. J.; Ahmaidi, S. (2013): Aerobic training in children with cerebral palsy. In: *International journal of sports medicine* 34 (6), S. 533–537. DOI: 10.1055/s-0032-1321803.
- Oberger, Jennifer (2015): Sportmotorische Tests im Kindes- und Jugendalter: Normwertbildung, Auswertungsstrategien, Interpretationsmöglichkeiten. Überprüfung anhand der Daten des Motorik-Moduls (MoMo). Zugl.: Karlsruhe, KIT, Diss., 2014. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing (Karlsruher sportwissenschaftliche Beiträge, 6). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.5445/KSP/1000044654>.
- Palisano, Robert; Rosenbaum, Peter; Walter, Stephen; Russell, Dianne; Wood, Ellen; Galuppi, Barbara (1997): Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. In: *Developmental Medicine & Child Neurology* 39 (4), S. 214–223. DOI: 10.1111/j.1469-8749.1997.tb07414.x.
- Papavasiliou, Antigone S. (2009): Management of motor problems in cerebral palsy: a critical update for the clinician. In: *European journal of paediatric neurology : EJPN : official journal of the European Paediatric Neurology Society* 13 (5), S. 387–396. DOI: 10.1016/j.ejpn.2008.07.009.
- Park, Eun-Young; Kim, Won-Ho (2014): Meta-analysis of the effect of strengthening interventions in individuals with cerebral palsy. In: *Research in developmental disabilities* 35 (2), S. 239–249. DOI: 10.1016/j.ridd.2013.10.021.
- Plasschaert, Frank; Jones, Kim; Forward, Malcolm (2008): The effect of simulating weight gain on the energy cost of walking in unimpaired children and children with cerebral palsy. In: *Archives of physical medicine and rehabilitation* 89 (12), S. 2302–2308. DOI: 10.1016/j.apmr.2008.05.023.
- Pollock, A.; Baer, G.; Pomeroy, V.; Langhorne, P. (2007): Physiotherapy treatment approaches for the recovery of postural control and lower limb function following stroke. In: *The Cochrane database of systematic reviews* (1), CD001920. DOI: 10.1002/14651858.CD001920.pub2.
- Potter, Heather (2007): The Definition and Classification of Cerebral Palsy. In: *Developmental Medicine & Child Neurology* 49, S. 1–44. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2007.00201.x.
- Reich, Lior; Maidenbaum, Shachar; Amedi, Amir (2012): The brain as a flexible task machine: implications for visual rehabilitation using noninvasive vs. invasive approaches. In: *Current opinion in neurology* 25 (1), S. 86–95. DOI: 10.1097/WCO.0b013e32834ed723.
- ReMoS-Arbeitsgruppe (2015): Rehabilitation der Mobilität nach Schlaganfall (ReMoS). S2e Leitlinie. In: *Neurologie & Rehabilitation* 21. Jahrgang (Sonderheft 7 / 2015).
- Rosenbaum, Peter; Paneth, Nigel; Leviton, Alan; Goldstein, Murray; Bax, Martin (2007): A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006 // The Definition and Classification of Cerebral Palsy. In: *Developmental Medicine & Child Neurology* 49, S. 1–44. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2007.00201.x.
- Ross, Sandy A.; Engsberg, Jack R. (2007): Relationships between spasticity, strength, gait, and the GMFM-66 in persons with spastic diplegia cerebral palsy. In: *Archives of physical medicine and rehabilitation* 88 (9), S. 1114–1120. DOI: 10.1016/j.apmr.2007.06.011.
- Russell, Dianne J.; Hart, Hilary M. (Hg.) (2013): Gross motor function measure (GMFM-66 & GMFM-88) user's manual. Second edition. London: Mac Keith Press (Clinics in developmental medicine). Online verfügbar unter <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=639694>.
- Ryan, Jennifer M. (2016): Activity capacity and activity performance: time to be specific? In: *Developmental medicine and child neurology* 58 (7), S. 659–660. DOI: 10.1111/dmcn.13089.

- Sackett David L; Rosenberg, William; Gray, J. A.; Haynes, R. Bryan (1996): Evidence based medicine: what it is and what it isn't. In: *BMJ* 1996; 13: 71–2.
- Sandlund, Marlene; McDonough, Suzanne; Hager-Ross, Charlotte (2009): Interactive computer play in rehabilitation of children with sensorimotor disorders: a systematic review. In: *Developmental medicine and child neurology* 51 (3), S. 173–179. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2008.03184.x.
- Schroeder, A. S.; Homburg, M.; Warken, B.; Auffermann, H.; Koerte, I.; Berweck, S. et al. (2014): Prospective controlled cohort study to evaluate changes of function, activity and participation in patients with bilateral spastic cerebral palsy after Robot-enhanced repetitive treadmill therapy. In: *European journal of paediatric neurology : EJPN : official journal of the European Paediatric Neurology Society* 18 (4), S. 502–510. DOI: 10.1016/j.ejpn.2014.04.012.
- SCPE Network (2016): Surveillance of Cerebral Palsy in Europe. Hg. v. Christine Cans. Internetwebseite. Online verfügbar unter [http://www-rheop-scpe.ujf-grenoble.fr/scpe2/site\\_scpe/index.php](http://www-rheop-scpe.ujf-grenoble.fr/scpe2/site_scpe/index.php).
- Seitz, R. J. (2011): Zerebrale Reorganisation als Grundlage der postläsionellen Gängerholung. In: Ch. Dettmers und K. M. Stephan (Hg.): *Motorische Therapie nach Schlaganfall. Von der Physiologie bis zu den Leitlinien*. Bad Honnef: Hippocampus Verl. (Neurowissenschaft aktuell), S. 56–66.
- Slaman, Jorrit; Roebroek, Marij; Dallmijer, Annet; Twisk, Jos; Stam, Henk; van den Berg-Emons, Rita (2015): Can a lifestyle intervention programme improve physical behaviour among adolescents and young adults with spastic cerebral palsy? A randomized controlled trial. In: *Developmental medicine and child neurology* 57 (2), S. 159–166. DOI: 10.1111/dmcn.12602.
- Smithers-Sheedy, Hayley; Badawi, Nadia; Blair, Eve; Cans, Christine; Himmelmann, Kate; Krageloh-Mann, Ingeborg et al. (2014): What constitutes cerebral palsy in the twenty-first century? In: *Developmental medicine and child neurology* 56 (4), S. 323–328. DOI: 10.1111/dmcn.12262.
- Staudt, Martin (2007): Reorganisation des kortiko-spinalen Systems nach frühen Hirnschädigungen. In: J. Pietz und D. Karch (Hg.): *Aktuelle Neuropädiatrie 2006*. Nürnberg: Novartis Pharma Verlag, S. 61–67.
- Steele, Katherine M.; Rozumalski, Adam; Schwartz, Michael H. (2015): Muscle synergies and complexity of neuromuscular control during gait in cerebral palsy. In: *Developmental medicine and child neurology* 57 (12), S. 1176–1182. DOI: 10.1111/dmcn.12826.
- Tal, Galit; Tirosh, Emanuel (2013): Rehabilitation of children with traumatic brain injury: a critical review. In: *Pediatric neurology* 48 (6), S. 424–431. DOI: 10.1016/j.pediatrneurol.2012.11.008.
- Tatla, Sandy K.; Sauve, Karen; Virji-Babul, Naznin; Holsti, Liisa; Butler, Charlene; Van Der Loos, Hendrik F Machiel (2013): Evidence for outcomes of motivational rehabilitation interventions for children and adolescents with cerebral palsy: an American Academy for Cerebral Palsy and Developmental Medicine systematic review. In: *Developmental medicine and child neurology* 55 (7), S. 593–601. DOI: 10.1111/dmcn.12147.
- Taylor, Nicholas F.; Dodd, Karen J.; Baker, Richard J.; Willoughby, Kate; Thomason, Pam; Graham, H. Kerr (2013): Progressive resistance training and mobility-related function in young people with cerebral palsy: a randomized controlled trial. In: *Developmental medicine and child neurology* 55 (9), S. 806–812. DOI: 10.1111/dmcn.12190.
- Taylor, Nicholas F.; Dodd, Karen J.; Damiano, Diane L. (2005): Progressive Resistance Exercise in Physical Therapy: A Summary of Systematic Reviews. In: *Physical Therapy; Nov 2005; 85, 11; Health & Medical Complete* (85, 11), S. 1208–1223.
- Uddenfeldt Wort, Ulrika; Nordmark, Eva; Wagner, Philippe; Duppe, Henrik; Westbom, Lena (2013): Fractures in children with cerebral palsy: a total population study. In:

*Developmental medicine and child neurology* 55 (9), S. 821–826. DOI: 10.1111/dmcn.12178.

Ulrich, Dale A.; Ulrich, Beverly D.; Angulo-Kinzler, Rosa M.; Yun, Joonkoo (2001): Treadmill Trainin of Infants With Down Syndrom: Evidence-Based Developmental Outcomes. In: *Pediatrics* (Vol. 108 No.5 November 2001).

van den Broeck, C.; Cat, J. de; Molenaers, G.; Franki, I.; Himpens, E.; Severijns, D.; Desloovere, K. (2010): The effect of individually defined physiotherapy in children with cerebral palsy (CP). In: *European journal of paediatric neurology : EJPN : official journal of the European Paediatric Neurology Society* 14 (6), S. 519–525. DOI: 10.1016/j.ejpn.2010.03.004.

van Praag, Henriette (2009): Exercise and the brain: something to chew on. In: *Trends in neurosciences* 32 (5), S. 283–290. DOI: 10.1016/j.tins.2008.12.007.

Veerbeek, Janne M.; Koolstra, Muriel; Ket, Johannes C. F.; van Wegen, Erwin E H; Kwakkel, Gert (2011): Effects of augmented exercise therapy on outcome of gait and gait-related activities in the first 6 months after stroke: a meta-analysis. In: *Stroke; a journal of cerebral circulation* 42 (11), S. 3311–3315. DOI: 10.1161/STROKEAHA.111.623819.

Veerbeek, Janne Marieke; van Wegen, Erwin; van Peppen, Roland; van der Wees, Philip Jan; Hendriks, Erik; Rietberg, Marc; Kwakkel, Gert (2014): What is the evidence for physical therapy poststroke? A systematic review and meta-analysis. In: *PloS one* 9 (2), e87987. DOI: 10.1371/journal.pone.0087987.

Verschuren, Olaf; Ketelaar, Marjolijn; Gorter, Jan Willem; Helders, Paul J. M.; Takken, Tim (2009): Relation between physical fitness and gross motor capacity in children and adolescents with cerebral palsy. In: *Developmental medicine and child neurology* 51 (11), S. 866–871. DOI: 10.1111/j.1469-8749.2009.03301.x.

Verschuren, Olaf; Ketelaar, Marjolijn; Takken, Tim; Helders, Paul J. M.; Gorter, Jan Willem (2008): Exercise programs for children with cerebral palsy: a systematic review of the literature. In: *American journal of physical medicine & rehabilitation / Association of Academic Physiatrists* 87 (5), S. 404–417. DOI: 10.1097/PHM.0b013e31815b2675.

Verschuren, Olaf; Peterson, Mark D. (2016): Nutrition and physical activity in people with cerebral palsy: opposite sides of the same coin. In: *Developmental medicine and child neurology* 58 (5), S. 426. DOI: 10.1111/dmcn.13107.

Verschuren, Olaf; Peterson, Mark D.; Balemans, Astrid C. J.; Hurvitz, Edward A. (2016): Exercise and physical activity recommendations for people with cerebral palsy. In: *Developmental medicine and child neurology* 58 (8), S. 798–808. DOI: 10.1111/dmcn.13053.

Wevers, Lotte; van de Port, Ingrid; Vermue, Mathijs; Mead, Gillian; Kwakkel, Gert (2009): Effects of task-oriented circuit class training on walking competency after stroke: a systematic review. In: *Stroke; a journal of cerebral circulation* 40 (7), S. 2450–2459. DOI: 10.1161/STROKEAHA.108.541946.

WHO Expert Committee on Disability Prevention and Rehabilitation (1981): Disability Prevention and Rehabilitation. WHO Technical Report 668. Geneva 1981. Online verfügbar unter [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/40896/1/WHO\\_TRS\\_668.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/40896/1/WHO_TRS_668.pdf), zuletzt geprüft am 17.07.2016.

Wolpert, Daniel M.; Diedrichsen, Jorn; Flanagan, J. Randall (2011): Principles of sensorimotor learning. In: *Nature reviews. Neuroscience* 12 (12), S. 739–751. DOI: 10.1038/nrn3112.

Wulf, G.; Lewthwaite, R. (2011): Motor Learning after stroke. Optimizing practice conditions in clinical rehabilitation. In: Ch. Dettmers und K. M. Stephan (Hg.): *Motorische Therapie nach Schlaganfall. Von der Physiologie bis zu den Leitlinien*. Bad Honnef: Hippocampus Verl. (Neurowissenschaft aktuell), S. 93–105.

Zatorre, Robert J.; Fields, R. Douglas; Johansen-Berg, Heidi (2012): Plasticity in gray and white: neuroimaging changes in brain structure during learning. In: *Nature neuroscience* 15 (4), S. 528–536. DOI: 10.1038/nn.3045.

### **Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Frau PD Dr. med. Kristina Müller, die nicht nur diese Dissertation initiiert und fachlich betreut, sondern mich darüber hinaus seit nunmehr 13 Jahren immer unterstützt und gefördert hat. Was ich über Neuropädiatrie weiß, hab ich von Ihr gelernt.

Mein Dank gilt ebenso Frau Prof. Dr. med. Bettina Westhoff für ihre beherzte Motivation, diese Dissertation auch zu Ende zu bringen.

Zudem danke ich der ZNS - Hannelore Kohl Stiftung, die mit ihrer finanziellen Förderung die gute materielle Ausstattung des „Moto-Zirkus“ und damit die Durchführung der Studie unterstützt hat.

Ich danke sehr herzlich Herrn Jens Rossmüller für die beratende Unterstützung und Nachhilfe bei der Erstellung der Statistik mit SPSS sowie Frau Dr. Bettina Studer für ihre Hilfe bei der Erstellung der Graphiken.

Ich danke allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Klinik für Neuropädiatrie, die mich bei der Erstellung der Dissertation unterstützt haben, insbesondere Frau Heike Wittenberg für ihre verblindete Auswertung der GMFM-Tests, Frau Melanie Lorenz für die Unterstützung und Organisation in der Planung der Therapien, Frau Veronika Manns und Frau Marion von der Lohe, die von therapeutischer Seite maßgeblich an der Durchführung des „Moto-Zirkus“ beteiligt waren sowie dem gesamten Motorik-Team, außerdem Frau Sabine Aretz, die mir einfach immer hilft und nicht zuletzt Herrn Hartmut Hartel für all seine Geduld, Liebe und Unterstützung.

## **Motorzirkus für Kinder und Jugendliche mit zentralmotorischen Störungen**

Liebe Eltern,

seit vielen Jahren haben wir in der Neuropädiatrie der St. Mauritius Therapieklinik Erfahrungen in der Rehabilitationsbehandlung von Kindern mit Störungen der motorischen Leistungen sammeln können. Unser Therapieangebot orientiert sich an dem aktuellen Wissen über die Funktion und Regenerationsfähigkeit des Gehirns und über die Prinzipien des motorischen Lernens. Wir freuen uns, beobachten zu können, dass unsere Patientinnen und Patienten in aller Regel von der Rehabilitationsbehandlung in sehr gutem Maße profitieren können.

Genau wie in anderen Bereichen der Medizin, sollte sich eine medizinische Behandlung an den aktuellen Qualitätsstandards orientieren. Solche allgemeinen Standards existieren allerdings für die Rehabilitationsbehandlung von Kindern noch nicht – und es wird Zeit, dies zu ändern.

Der *Motorzirkus* ist ein standardisiertes Therapieprogramm zur Verbesserung der motorischen Fähigkeiten, insbesondere im Hinblick auf die Gehfähigkeit und die Gleichgewichtsfunktion und Rumpfstabilität unserer Patienten. Dieses Therapieprogramm wurde an dieser Klinik entwickelt. Die motorischen Verbesserungen werden durch genau festgelegte Testverfahren zu Beginn und am Ende der Behandlung ermittelt und im Rahmen einer wissenschaftlichen Studie ausgewertet. Die Studie wird unterstützt von der Hannelore-Kohl-Stiftung für Unfallopfer mit Schäden des ZNS.

Ziel der Studie ist es, nachzuweisen, dass ein standardisiertes Therapieprogramm zu einer effektiven Verbesserung der motorischen Leistung führt. Zweites Ziel der Studie ist es, die Effektivität (in Form messbarer motorischer Verbesserungen) des standardisierten Therapieprogramms „Motorzirkus“ mit anderen Therapieprogrammen vergleichbar zu machen und letztlich ein optimales Therapieprogramm finden zu können, damit Kinder mit Schädigung des Zentralnervensystems in Zukunft die bestmögliche Behandlung erhalten können. Die Zuordnung der an der Studie teilnehmenden Kinder zur Gruppe „Motorzirkus“ oder zu der Vergleichsgruppe erfolgt per Losverfahren.

Die Inhalte des *Motorzirkus* entsprechen den üblichen physiotherapeutischen Behandlungsmethoden: Krankengymnastik, Dehnung, Kräftigungstherapie an Geräten, Ergometertraining, Therapie mit dem Vibrationstrainer Galileo®, Bewegungstraining mit dem Motomed®-Gerät, Balance-Übungen mit dem Posturomed® und dem MTD-Balance®, funktionelles Training von Transferbewegungen, Gehtraining und Treppentraining...

Zu den genannten Testverfahren gehört die Durchführung eines Test für die grobmotorische Leistungsfähigkeit, dem GMFM. Dieser Test wird bei jedem Kind durchgeführt, welches hier stationär behandelt wird und ist für jedes Kind gut durchführbar. Damit eine möglichst objektive Beurteilung stattfinden kann, wird der GMFM bei Ihrem Kind gefilmt und von einem fremden Physiotherapeuten ausgewertet.

Sofern Sie und Ihr Kind damit einverstanden sind, an dieser wissenschaftlichen Studie teilzunehmen, benötigen wir Ihr Einverständnis dafür, Ihr Kind bei der Durchführung des GMFM filmen zu dürfen. Die Filmaufnahmen werden nicht für Film oder gar Fernsehen verwendet. Wir würden uns allerdings freuen, wenn wir im Rahmen wissenschaftlicher Vorträge vor Kolleginnen und Kollegen auf Kongressen Videomaterial zur Veranschaulichung benutzen dürften. Selbstverständlich bleibt ihr Kind dabei anonym, wird also nicht namentlich genannt.

## **Einverständniserklärung**

Hiermit erkläre ich mich / erklären wir uns damit einverstanden, dass unsere Tochter / unser Sohn: \_\_\_\_\_, bei der Durchführung des GMFM im Rahmen der Studie „Motorzirkus“ gefilmt werden darf.

Die Filmaufnahmen dürfen für wissenschaftliche Vorträge in anonymisierter Form genutzt werden (ggfs streichen).

\_\_\_\_\_  
Name der Mutter

\_\_\_\_\_  
Name des Vaters

## Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere an Eides statt, dass die Dissertation selbständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erstellt und die hier vorgelegte Dissertation nicht von einer anderen Medizinischen Fakultät abgelehnt worden ist.

18.01.2017, Matthias Florian

**Unterschrift**