

Abschlussbericht

Auswirkungen einer stationären Rehabilitationsmaßnahme auf
das Gangbild sowie das Aktivitätsniveau von Kindern und
Jugendlichen nach onkologischer Erkrankung

September 2014

Projektleitung:

Prof. Dr. rer. soc. Dieter Rosenbaum

(Leiter des Funktionsbereichs Bewegungsanalytik, Institut für Experimentelle
Muskuloskeletale Medizin, IEMM, Universitätsklinikum Münster)

Konstantin A. Krauth

(Leitender Kinder- und Jugendarzt der Klinik Bad Oexen)

Projektdurchführung und Abschlussbericht:

Dr. rer. medic. Carsten Müller

(Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Funktionsbereichs Bewegungsanalytik, Institut für
Experimentelle Muskuloskeletale Medizin, IEMM, Universitätsklinikum Münster)

Projektunterstützung:

Andrea Kelter-Klöpping

Pascal Mailand

Kai Lindkamp

Katrin Breidenbach

(Kinder- und Jugendklinik Bad Oexen)

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
Ziel der Kooperationsstudie	5
Material und Methoden.....	7
Studiendesign und Verlauf der Forschungsarbeit.....	7
Patientenstichprobe	8
Stationäre Rehabilitationsmaßnahme	16
Untersuchungsmethoden.....	17
<i>Ganganalyse (Videoanalyse)</i>	<i>17</i>
<i>Druckverteilungsmessung</i>	<i>19</i>
<i>Einbeinstand zur Beurteilung der Gleichgewichtsfähigkeit</i>	<i>20</i>
<i>Erfassung der Alltagsaktivität (ADL).....</i>	<i>21</i>
<i>Erhebung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität (HRQoL).....</i>	<i>22</i>
Statistische Auswertung.....	23
Ergebnisse	26
Gangbild	26
<i>Unmittelbare Auswirkung der Rehabilitation auf das Gangbild</i>	<i>26</i>
<i>Unterschiede im Gangbild zwischen den Hauptdiagnosegruppen.....</i>	<i>33</i>
Diskussion	44
Ergebnisse	53
Alltagsaktivität (ADL)	53
<i>Unmittelbare Auswirkung der Rehabilitation auf die ADL</i>	<i>58</i>
<i>Nachhaltige Effekte der stationären Rehabilitation auf die ADL.....</i>	<i>60</i>
<i>Alltagsaktivitätsunterschiede zwischen den Hauptdiagnosegruppen</i>	<i>66</i>
<i>Vergleich der Alltagsaktivität der pädiatrisch onkologischen Patienten mit alters- und geschlechtsentsprechenden Referenzwerten</i>	<i>76</i>
<i>Weitere Fragestellungen</i>	<i>81</i>
Diskussion	84

Ergebnisse	97
Gesundheitsbezogene Lebensqualität (HRQoL)	97
<i>Unmittelbare Auswirkung der Rehabilitation auf die HRQoL.....</i>	<i>100</i>
<i>Nachhaltige Effekte der stationären Rehabilitation auf die HRQoL.....</i>	<i>102</i>
<i>Unterschiede in der HRQoL zwischen den Hauptdiagnosegruppen</i>	<i>105</i>
<i>Patienten mit niedrigem HRQoL-Ausgangsniveau</i>	<i>109</i>
<i>Vergleich der HRQoL zwischen pädiatrisch onkologischen Patienten und der Normstichprobe.....</i>	<i>115</i>
<i>Vergleich der HRQoL zwischen Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau und der Normstichprobe.....</i>	<i>121</i>
<i>Weitere Fragestellungen</i>	<i>124</i>
Diskussion	131
Fallbeispiele	143
14 jähriger Osteosarkompatient.....	143
13 jähriger Astrozytompatient WHO Grad II	153
Anhang.....	160
Gesundheitsbezogene Lebensqualität (HRQoL)	160
Abbildungsverzeichnis	172
Tabellenverzeichnis.....	175
Literaturverzeichnis	178
Danksagung.....	188

Zusammenfassung

Zielsetzung des vorliegenden Berichts war die Untersuchung der Auswirkungen der vierwöchigen stationären Rehabilitationsmaßnahme für krebskranke Kinder in der Klinik Bad Oexen in Bezug auf das Alltagsaktivitätsniveau und die Lebensqualität im Rahmen einer zwölfmonatigen Nachuntersuchung. Darüber hinaus wurden bei Hirntumor- und Knochentumorpatienten die Gleichgewichtsfähigkeit und das Gangbild bewegungsanalytisch untersucht. Insgesamt konnten 210 Patienten in die Studie aufgenommen werden.

Ergebnisse: In der klinischen Ganganalyse konnte in beiden Patientengruppen am Ende der Rehabilitation eine verbesserte Gangsymmetrie nachgewiesen werden. Patienten mit Knochentumoren der unteren Extremität zeigten nach ihrer Rehabilitation eine verbesserte Schrittabwicklung mit höheren Bodenreaktionskräften auf der betroffenen Seite. Die Gleichgewichtsfähigkeit verbesserte sich ebenfalls in beiden Gruppen. Die Patienten konnten am Ende der Rehabilitation signifikant länger und stabiler auf einem Bein stehen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Knochentumorpatienten in stärkerem Maße von der Rehabilitation profitieren.

Vor Beginn der Rehabilitation wurde ein generell hohes Alltagsaktivitätsniveau mit durchschnittlich 11.500 Schritten pro Tag erfasst. Während der Aktivitätsumfang in den Folgemessungen nahezu unverändert blieb, wurde eine vermehrte Alltagsaktivität in hohen Intensitätsphasen als Indikator einer verbesserten Ausdauerleistungsfähigkeit nachgewiesen. Die gesundheitsbezogene Lebensqualität von onkologisch erkrankten Kindern verbesserte sich im Verlauf der Rehabilitation, so dass zumindest für die Dauer von zwölf Monaten ein Lebensqualitätsniveau erreicht wird, das dem gleichaltriger, gesunder Kinder entspricht.

Gesonderte Analysen wurden für Patienten mit eingangs niedrigem Aktivitäts- und Lebensqualitätsniveau durchgeführt. Die Wirksamkeit der stationären Rehabilitation mit klinisch relevanten Effekten kann bei diesen Patienten als sicher angesehen werden.

Fazit: In der vorliegenden Untersuchung ist es gelungen, die Wirksamkeit der vierwöchigen stationären Rehabilitation zu belegen. Die Messergebnisse, die den Patienten auf Wunsch inklusive eines umfassenden Berichts zur Verfügung gestellt wurden, ermöglichten eine objektive Überprüfung des subjektiven Eindruckes ihres Rehabilitationsfortschritts. Auf diese Weise stehen mit Hilfe der Ganganalyse und der Aktivitätserfassung Instrumente zur Steigerung der Patientenmotivation zur Verfügung.

Ziel der Kooperationsstudie

Im Rahmen des von der Arbeitsgemeinschaft für Krebsbekämpfung im Lande Nordrhein-Westfalen (Arge Krebs NW) unterstützten Kooperationsprojekts zwischen dem Universitätsklinikum Münster (Funktionsbereich Bewegungsanalytik, IEMM) und der Kinder- und Jugendklinik Bad Oexen wurde das Ziel verfolgt, die vierwöchige stationäre Rehabilitationsmaßnahme von Kindern und Jugendlichen im Alter von vier bis 18 Jahren nach hämatologischer bzw. onkologischer Erkrankung hinsichtlich der angestrebten Verbesserung in den Bereichen Alltagsaktivität und Lebensqualität zu evaluieren. Hierfür wurden Patienten mit soliden Tumoren (Hirntumoren, Knochentumoren und Weichteilsarkome) sowie Leukämie- und Lymphompatienten in die Studie aufgenommen.

In diesem Projekt sollten sowohl die akuten, als auch die langfristigen Effekte der Therapie untersucht werden. Aus diesem Grund wurden vier Messzeitpunkte zur Erfassung der Alltagsaktivität und Lebensqualität gewählt: Vor Beginn, direkt nach Abschluss, sowie sechs und zwölf Monate nach Beendigung der Rehabilitationsmaßnahme in der Klinik Bad Oexen.

Bei Patienten mit soliden Tumoren erfolgten zusätzlich eine instrumentierte Ganganalyse mit einem zweidimensionalen Videoanalysesystem und eine Druckverteilungsmessung mit Hilfe einer mobilen Messplattform zur Beurteilung der Bewegungsqualität unter Laborbedingungen. Die Ganganalysen für Patienten mit soliden Tumoren fanden direkt nach der Anreise (Eingangsmessung, „prä“), sowie vor Beendigung der Maßnahme (Ausgangsmessung, „post1“) statt. Folgende Fragestellungen wurden untersucht:

1. Verbessern sich der funktionelle Status, das Aktivitätsniveau und die Lebensqualität von onkologisch erkrankten Kindern und Jugendlichen während und/oder nach einem stationären Rehabilitationsaufenthalt?
2. Zeigen sich in den Alltagsaktivitäten und der gesundheitsbezogenen Lebensqualität nachhaltige Effekte der Rehabilitationsmaßnahme, die auch sechs und zwölf Monate nach Ende des Aufenthalts nachgewiesen werden können?
3. Gibt es Unterschiede zwischen den Diagnosegruppen, d.h. welche Diagnosegruppen profitieren mehr, welche weniger von der Maßnahme?
4. Erreichen die Patienten wieder eine Lebensqualität und ein Aktivitätsniveau, das dem gleichaltrigen, gesunden Kinder entspricht?

Weitere Fragestellungen beziehen sich auf mögliche Zusammenhänge oder Unterschiede zwischen den Endpunkten Alltagsaktivität und Lebensqualität und den folgenden Patientencharakteristika bzw. Therapiemodalitäten:

- Alter,
- Geschlecht,
- Body-Mass-Index der Patienten (BMI, kg/m²; in Standardabweichungen von der Norm),
- Zeitdauer (in Monaten) seit Diagnosestellung (ED),
- Bestrahlung in der Akuttherapie (Strahlentherapie).

Darüber hinaus findet in den statistischen Analysen das Ausgangsniveau der Patienten Berücksichtigung, um die Frage zu beantworten, ob Kinder und Jugendliche mit initialen Einschränkungen im Gangbild, der Alltagsaktivität und der Lebensqualität in besonderem Ausmaß von der Rehabilitationsmaßnahme profitieren.

Über den Zeitraum von 24 Monaten sollten insgesamt 130 Patienten in die Studie aufgenommen werden. Die angestrebte Patientenzahl in den jeweiligen Diagnosegruppen mit 50 Leukämie- und Lymphompatienten, 60 Hirntumorpatienten sowie 20 Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten basierte auf den Erfahrungen der Klinik Bad Oexen zu den Patientenzahlen der letzten Jahre.

Einschlusskriterien für die Teilnahme an der Studie waren:

- Zustand nach Erkrankung an einem Tumor aus dem Bereich der Leukämien und Lymphome (ICD10-GM: C81 – C96), der Hirntumoren (ICD10-GM: D33 und C70 – C72) oder der Knochentumoren (ICD10-GM: C40 – C41),
- Fähigkeit und Bereitschaft zur Compliance,
- Einwilligungsfähigkeit (sprachlich und kognitiv).

Ausschlusskriterien für die Teilnahme an der Studie sind:

- andauernde Lähmungen der unteren Extremität, die kein selbständiges Gehen erlauben (für den Studienteil Ganganalyse relevant, aber nicht für den Studienteil Aktivitätsmessung),
- mangelnde Fähigkeit oder Bereitschaft zur Compliance (= initial erkennbare Probleme bezüglich der Teilnahme an den studienrelevanten Messungen),
- mangelnde Einwilligungsfähigkeit auf Grund unüberwindbarer Sprachprobleme oder kognitiver Einschränkungen.

Material und Methoden

Studiendesign und Verlauf der Forschungsarbeit

Seit September 2010 wurde das Forschungsvorhaben in Kooperation zwischen der Kinderklinik Bad Oexen und dem Universitätsklinikum Münster, Institut für Experimentelle Muskuloskelettale Medizin (IEMM), FB Bewegungsanalytik, durchgeführt. Zunächst erfolgte die Registrierung des Forschungsvorhabens im Deutschen Register Klinischer Studien:

https://drks-neu.uniklinik-freiburg.de/drks_web/navigate.do?navigationId=trial.HTML&TRIAL_ID=DRKS00000559

Die Patientenrekrutierung wurde mit der familienorientierten Rehabilitation (FOR) im September/Oktober 2010 begonnen. Im März 2012 wurde eine Verlängerung der Rekrutierungsphase und damit auch der gesamten Projektlaufzeit mit dem Ziel der Vergrößerung der Patientenstichprobe beschlossen. Die Rekrutierung wurde mit der letzten FOR im November/Dezember 2012 eingestellt.



Abb. 1: Zeitlicher Ablauf des Projekts

In diesem Zeitraum konnten insgesamt 289 Kinder und Jugendliche entsprechend der zuvor genannten Ein- und Ausschlusskriterien zur Studienteilnahme eingeladen werden. Insgesamt sprachen sich 26 Patienten bei Aufklärung gegen ihre Teilnahme an der Studie aus, wobei diese Gruppe größtenteils aus Leukämie- und Lymphompatienten bestand. Die Drop-out-Rate war in der Gruppe der Leukämie- und Lymphompatienten mit 18% (n=24) deutlich höher als in der Patientengruppe mit soliden Tumoren (5%, n=5).

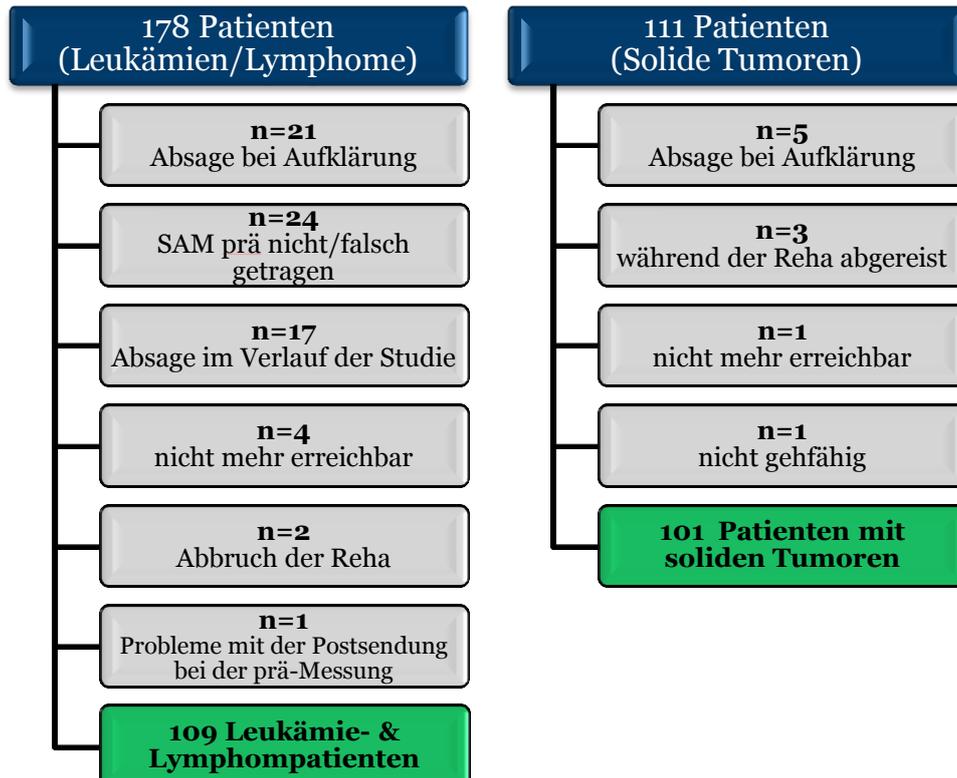


Abb. 2: Übersicht Patientenrekrutierung

Patientenstichprobe

Die im Projektantrag definierte Zielvorgabe von 130 Patienten wurde auch Dank der verlängerten Rekrutierungsphase in sämtlichen Diagnosegruppen übererfüllt. In Abbildung 3 wird dargestellt, wie sich die Summe der 210 in die Studie aufgenommenen Patienten auf die jeweiligen Diagnosegruppen aufteilt und welchen Anteil die Gruppen an der gesamten Stichprobe haben.

Die größte Patientengruppe stellten mit 52% (n=109) die Leukämie- und Lymphompatienten. Darüber hinaus konstituierte sich die Patientengruppe mit soliden

Tumoren (n=101) aus 63 Hirntumorpatienten (30%) sowie 38 Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten (18%).

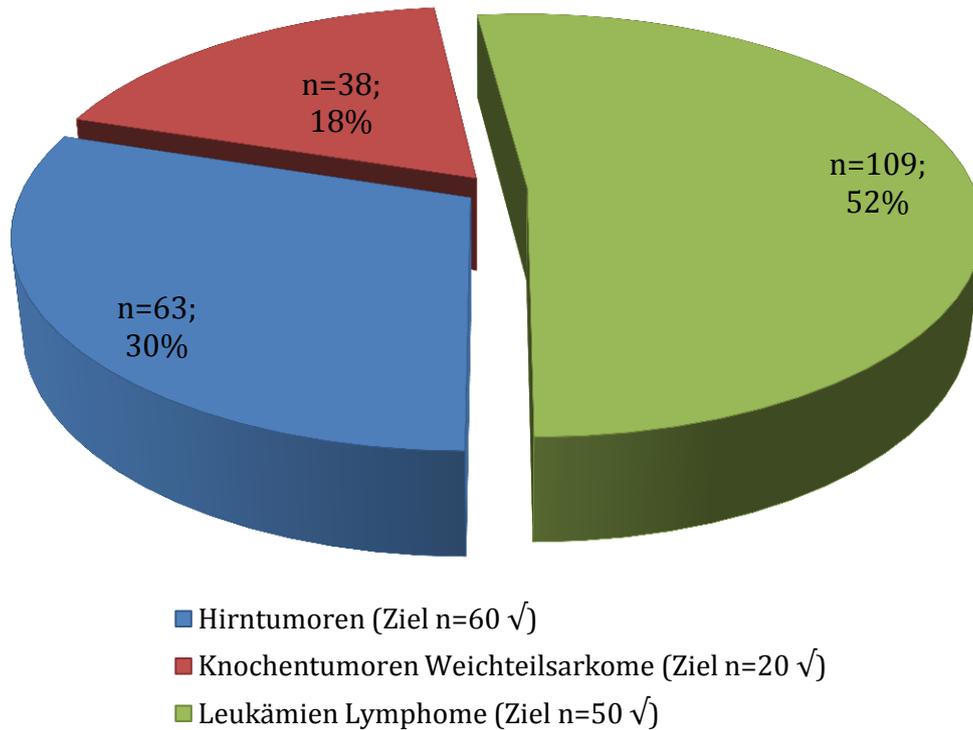


Abb. 3: Stichprobenverteilung nach Diagnose

Die Stichprobe setzt sich aus 47,1% (n=99) weiblichen und 52,9% (n=111) männlichen Patienten zusammen. Während weibliche Patienten in den Patientengruppen der Hirntumoren (56%) sowie der Knochentumoren und Weichteilsarkome (55%) den größten Anteil aufweisen, haben männliche Patienten in der Leukämie- und Lymphom-Patientengruppe den größten Anteil.

Zwischen den Geschlechtern wurden keine Unterschiede in den folgenden Variablen gefunden:

- Alter: ♂ 10,6 (±4,3) vs. ♀ 10,3 (±4,3) Jahre, $p=0,554$
- Body-Mass-Index, BMI: ♂ +0,3 (±1,1) vs. ♀ +0,2 (±1,4) Standardabweichungen von der Norm, $p=0,529$
- Zeitspanne seit Erstdiagnose: ♂ 24,7 (±24,5) vs. ♀ 23,9 (±20,2) Monate, $p=0,775$

Für die gesamte Patientenstichprobe (n=210) ergibt sich eine zweigipflige Altersverteilung: Der erste Gipfel konstituiert sich aus Patienten im frühen Kindesalter zwischen dem vierten und sechsten Lebensjahr. Diese Gruppe setzt sich zu großen Teilen aus ALL-Patienten (akute

lymphoblastische Leukämie) zusammen. Der zweite Altersgipfel liegt in der frühen Adoleszenz zwischen dem 13. und 15. Lebensjahr (Abb. 4).

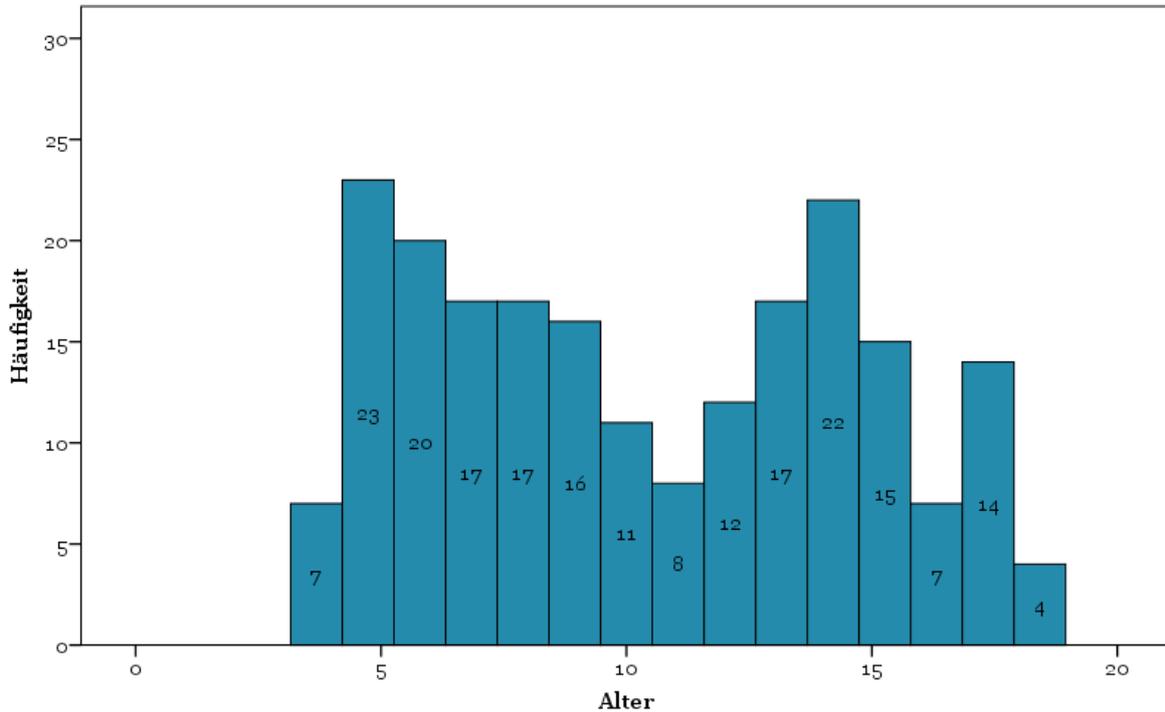


Abb. 4: Altersverteilung der Patientenstichprobe

Von den in die Studie aufgenommenen Patienten reisten die meisten Kinder und Jugendlichen etwa ein Jahr nach der Erstdiagnose (ED) und innerhalb von sechs Monaten nach Therapieende an. Die durchschnittliche Dauer der Akuttherapie lag bei $7,6 \pm 4,2$ Monaten. Der durchschnittliche Zeitraum zwischen ED und dem Beginn der Rehabilitationsmaßnahme lag bei 24 Monaten (Minimum zwei, Maximum 136 Monate). Die Diskrepanz ergibt sich aus der Tatsache, dass insgesamt 45 der 210 Patienten (21%) zum wiederholten Mal die Rehabilitationsleistungen in Anspruch nahmen.

19 Kinder und Jugendliche in der Gruppe der Hirntumorpatienten (30%), sieben in der Gruppe der Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten (18%) und 19 in der Patientengruppe der Leukämien und Lymphome (17%) absolvierten bei Studieneinschluss zum wiederholten Mal eine stationäre Rehabilitationsmaßnahme.

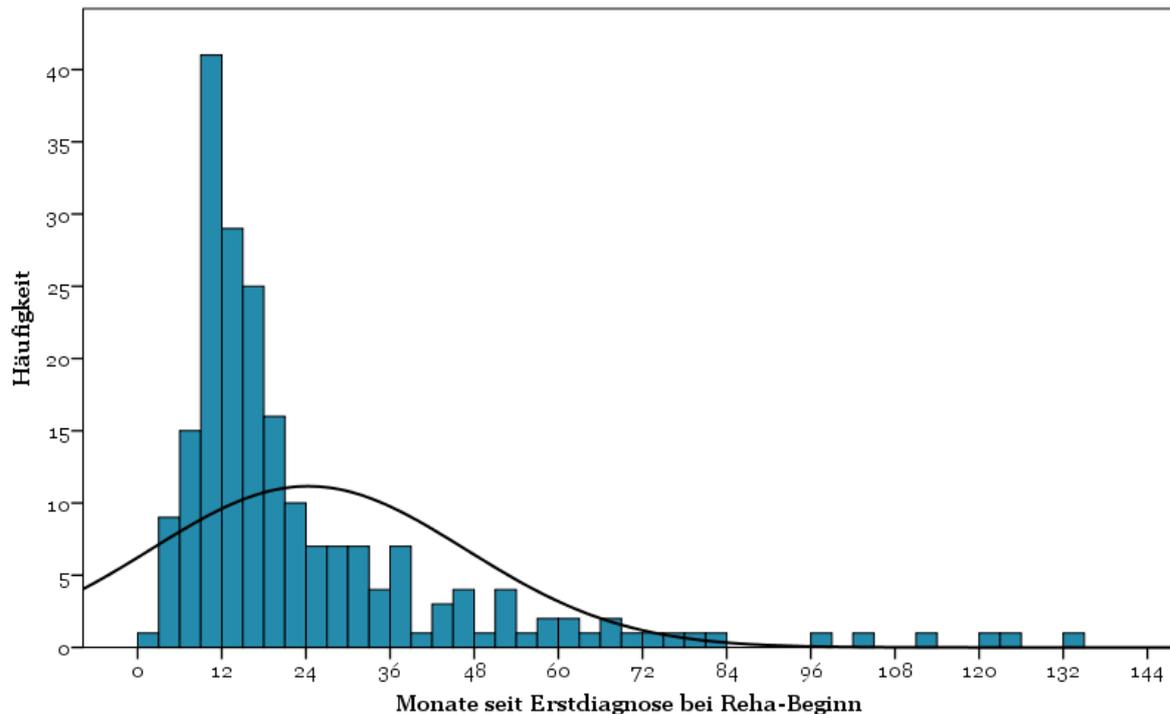


Abb. 5: Zeitdauer zwischen Erstdiagnose und Rehabilitationsmaßnahme

Bei Kindern bestehen altersabhängige Schwankungen des body-mass-index (BMI), die durch wachstumsbedingte Veränderungen des Verhältnisses von Muskel- und Knochenmasse zur Fettmasse begründet sind. Besonders deutlich wird dies beim Vergleich der BMI-Entwicklung bei Jungen und Mädchen während der Pubertät [71]. Daher sollte im Kindes- und Jugendalter die Identifikation von Unter- und Übergewicht anhand geschlechtsspezifischer Altersperzentile für den BMI erfolgen, die auf den Arbeiten der „Arbeitsgemeinschaft Adipositas im Kindes- und Jugendalter“ (AGA) mit einer Referenzstichprobe von 34.422 Jungen und Mädchen im Alter von 0-18 Jahren basieren [71].

Über die Berechnung von SDS-Werten (standard deviation score, siehe Tabellen 1-3) kann bestimmt werden, um wie viele Standardabweichungen (SD) ein individueller BMI bei gegebenem Alter und Geschlecht ober- oder unterhalb des BMI-Medianwerts liegt. Auf diese Weise kann eine Einordnung eines Individualwerts in die Verteilung der Referenzgruppe erfolgen. Ein Kind, dessen Messwert um eine Standardabweichung nach oben (+1) bzw. unten (-1) abweicht, liegt demnach im Bereich des 84. bzw. 16. Perzentils der Referenzgruppe. Weicht der Messwert um 2 Standardabweichungen nach oben (+2) bzw. nach unten (-2) ab, entspricht dieser Wert dem 97,7. bzw. 2,3. Perzentil der Referenzgruppe [71].

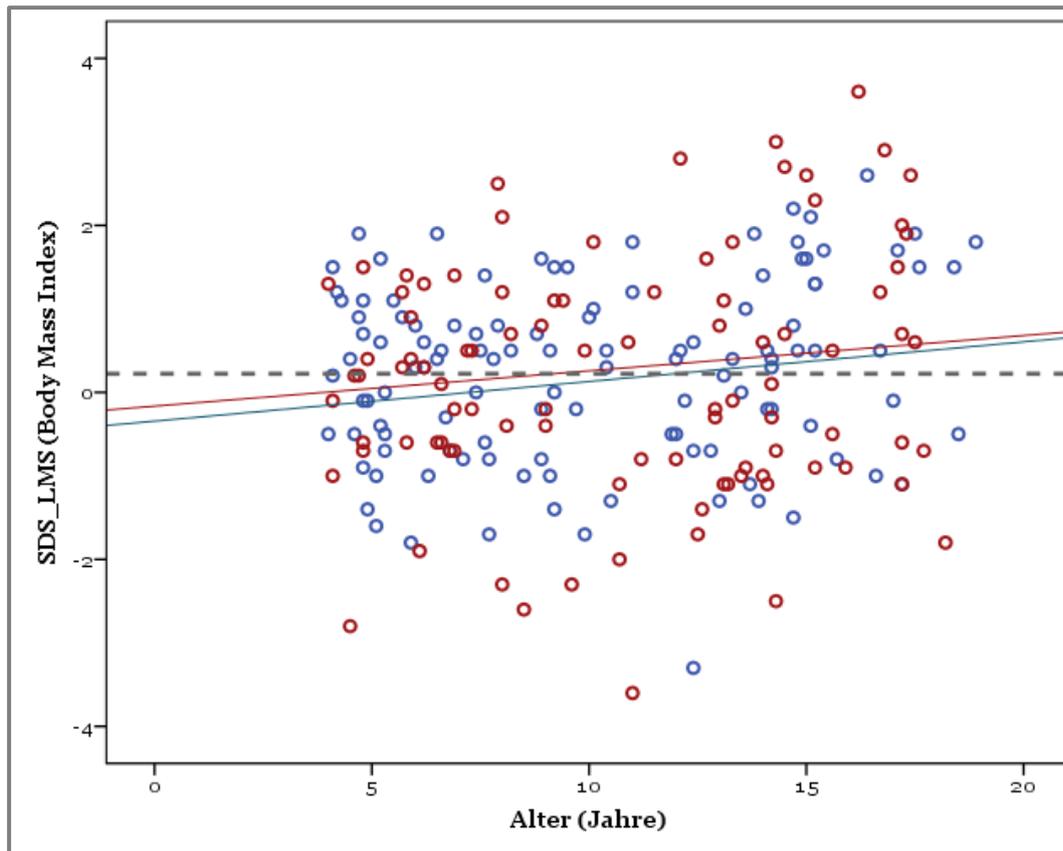


Abb. 6: Verteilung individueller alters- und geschlechtsentsprechender BMI-Werte (rote Kreise: weiblich; blaue Kreise männlich) anhand der Referenzwerte der Leitlinien der „Arbeitsgemeinschaft Adipositas im Kindes- und Jugendalter“ (AGA) sowie KROMEYER-HAUSCHILD et al. (2001) Monatsschr Kinderheilkd [71]

Der SDS-Mittelwert der gesamten Stichprobe lag bei $+0,26 (\pm 1,23)$ und somit leicht über den jeweiligen alters- und geschlechtsentsprechenden Normwerten. Abbildung 6 gibt die Verteilung normaler und auffälliger BMI-Werte in der Stichprobe wieder. 97 Patienten (46%) wiesen demnach zum Zeitpunkt der Rehabilitationsmaßnahme einen alters- und geschlechtsentsprechenden BMI auf. 40 Patienten (19%) galten zu diesem Zeitpunkt als auffällig untergewichtig, 73 Kinder und Jugendliche (35%) wurden als auffällig übergewichtig klassifiziert:

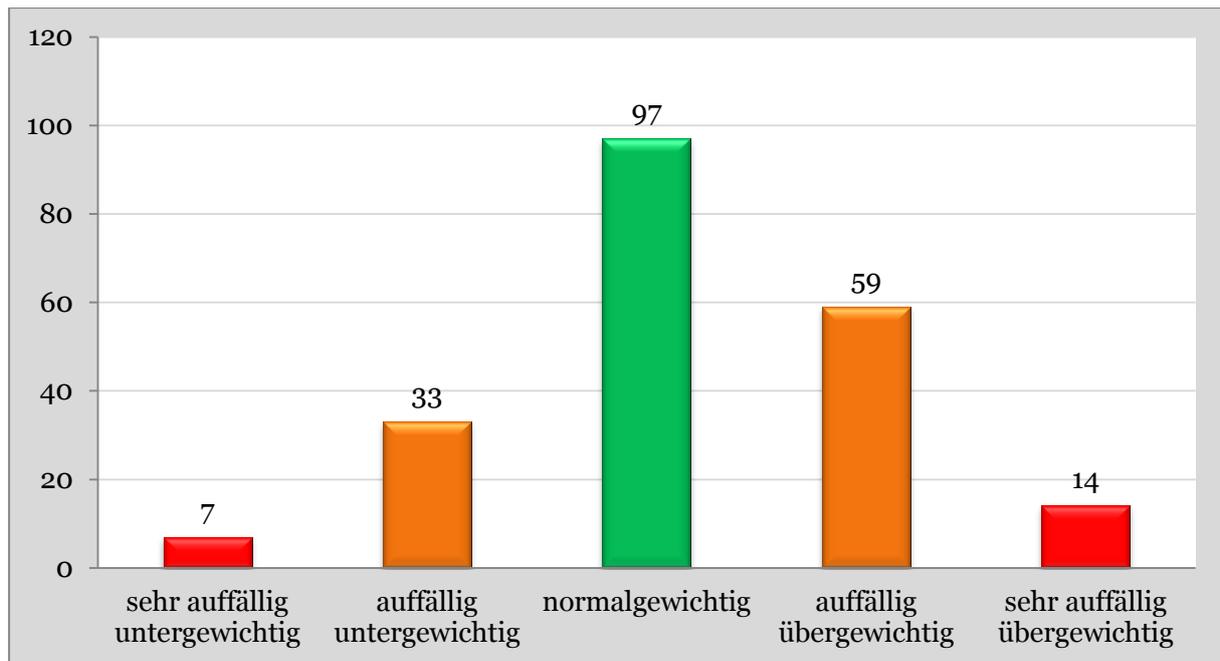


Abb. 7: Verteilung normaler, auffälliger und sehr auffälliger BMI-Werte (SDS_{LMS}) entsprechend der AGA Leitlinien

Zur detaillierteren Beschreibung der jeweiligen Patientengruppen werden in den [Tab. 1](#), [Tab. 2](#) und [Tab. 3](#) die Hauptdiagnosegruppen differenziert mit Angaben zur Häufigkeitsverteilung innerhalb der jeweiligen Diagnosegruppe, dem durchschnittlichen Alter sowie dem BMI und der Dauer seit Erstdiagnose (in Monaten) beschrieben.

Diagnose	N (%)	Alter (Jahre \pm SD)	BMI SDS_{LMS}	Monate seit ED
Hirntumoren	63 (100)	10,3 \pm 3,7	0,09 \pm 1,24	33,6 \pm 27,3
Medulloblastom	20 (31,7)	10,5 \pm 3,3	-0,91 \pm 1,09	28,9 \pm 23,4
Astrozytom	19 (30,2)	10,2 \pm 3,9	0,76 \pm 1,01	35,9 \pm 28,8
Ependymom	10 (15,9)	9,6 \pm 3,7	0,60 \pm 1,08	39,4 \pm 25,0
ATRT	3 (4,8)	7,8 \pm 2,7	0,42 \pm 0,61	13,5 \pm 2,1
Kraniopharyngeom	3 (4,8)	13,4 \pm 5,4	0,60 \pm 1,20	40,2 \pm 25,0
PNET	3 (4,8)	13,1 \pm 4,2	0,85 \pm 0,24	73,1 \pm 51,4
Sonstige	5 (7,9)	8,2 \pm 1,9	-0,41 \pm 1,49	13,1 \pm 5,2

Tab. 1: Beschreibung der Patienten mit Hirntumoren

43 der insgesamt 63 Hirntumorpatienten (68%) erhielten im Rahmen ihrer Akuttherapie eine Strahlentherapie, 17 Hirntumorpatienten (27%) wurden nicht bestrahlt. Bei drei Patienten (5%) lagen keine Informationen zur Strahlentherapie vor.

Diagnose	N (%)	Alter (Jahre ± SD)	BMI SDS _{LMS}	Monate seit ED
Knochtumoren Weichteilsarkome	38 (100)	13,4 ± 3,5	0,18 ± 1,37	22,9 ± 25,7
Knochtumor	31 (81,6)	13,1 ± 3,4	0,18 ± 1,41	24,6 ± 28,2
Osteosarkom	19 (50,0)	13,9 ± 2,8	0,41 ± 1,61	24,6 ± 30,0
Ewing Sarkom	12 (31,6)	11,9 ± 4,0	-0,20 ± 0,98	24,7 ± 26,4
Weichteilsarkom	7 (18,4)	14,6 ± 4,3	0,19 ± 1,25	15,3 ± 4,3
Rhabdomyosarkom	3 (7,9)	14,3 ± 4,8	0,12 ± 1,73	14,8 ± 3,4
Sonstige	4 (10,5)	14,8 ± 4,7	0,03 ± 1,09	13,1 ± 4,8
Lokalisation				
Untere Extremität	29 (76,3)	13,4 ± 3,5	0,13 ± 1,46	22,5 ± 25,6
Obere Extremität (inkl. Kopf, Rumpf)	9 (23,7)	13,4 ± 3,8	0,32 ± 1,08	24,2 ± 27,6

Tab. 2: Beschreibung der Patienten mit Knochtumoren oder Weichteilsarkomen

Diagnose	N (%)	Alter (Jahre ± SD)	BMI SDS _{LMS}	Monate seit ED
Leukämien Lymphome	109 (100)	9,6 ± 4,4	0,39 ± 1,16	19,5 ± 15,9
Leukämie	73 (67,0)	8,3 ± 3,9	0,25 ± 1,10	21,1 ± 17,7
ALL	53 (48,6)	7,7 ± 3,6	0,33 ± 1,09	22,7 ± 19,2
C-ALL	8 (7,3)	9,9 ± 4,9	-0,20 ± 0,83	20,8 ± 18,0
B-ALL	4 (3,7)	8,7 ± 4,1	-0,24 ± 1,02	13,7 ± 9,0
Myelodysplastisches Syndrom	3 (2,8)	12,6 ± 2,7	-0,32 ± 2,31	16,6 ± 9,0
Sonstige	5 (4,6)	9,1 ± 5,2	0,87 ± 0,53	12,7 ± 3,2
Lymphom	36 (33,0)	12,2 ± 4,2	0,67 ± 1,24	16,3 ± 11,0
Mb. Hodgkin	19 (17,4)	13,7 ± 3,2	0,95 ± 1,26	19,7 ± 11,4
Non Hodgkin Lymphom	9 (8,3)	13,2 ± 4,6	0,46 ± 1,47	14,5 ± 12,2
Burkitt Lymphom	3 (2,8)	8,6 ± 0,8	0,18 ± 1,20	7,7 ± 1,8
Sonstige	5 (4,6)	6,6 ± 1,8	0,30 ± 0,68	11,6 ± 5,5

Tab. 3: Beschreibung der Patienten mit Leukämien oder Lymphome

Neun der 38 Knochtumor- und Weichteilsarkompatienten (24%) wurden im Rahmen ihrer Therapie bestrahlt, 76% wurden nicht bestrahlt. Die Gruppe der Knochtumor- und Weichteilsarkompatienten war zu Beginn der Rehabilitationsmaßnahme im Durchschnitt drei Jahre älter als die Gruppe der Hirntumorpatienten ($p < 0,001$) und vier Jahre älter als die Gruppe der Leukämie- und Lymphompatienten ($p < 0,001$). Im Durchschnitt begannen die

Hirntumorpatienten ihre Rehabilitation 34 Monate nach der Erstdiagnose. Damit ergibt sich eine signifikant größere Zeitspanne im Vergleich zur Patientengruppe der Knochen- und Weichteiltumoren mit 23 Monaten ($p=0,002$) sowie Leukämie- und Lymphompatienten mit durchschnittlich 20 Monaten Abstand ($p<0,001$). Für den BMI wurde kein statistisch signifikanter Gruppenunterschied gefunden (ANOVA: $p=0,284$).

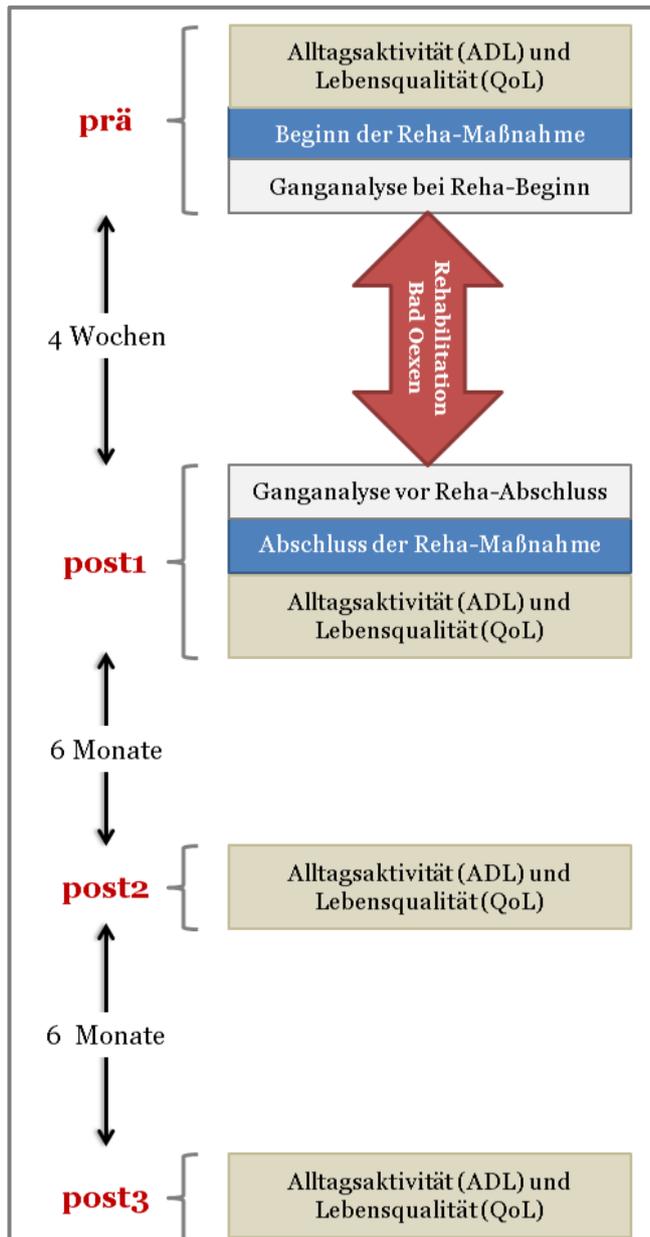


Abb. 8: Studiendesign

Die Patienten wurden vor ihrer Anreise zur stationären Rehabilitation in der Kinder- und Jugendklinik Bad Oexen über das Studienvorhaben aufgeklärt. Bei vorliegendem Einverständnis zur Studienteilnahme erhielten die Patienten über den Postweg in der Woche vor ihrer Anreise den Aktivitätsmonitor zur initialen Erfassung der Alltagsaktivität (activities of daily life, ADL) und einen Fragebogen zur Bestimmung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität (quality of life, QoL; prä-Messungen).

Die Ergebnisse dienen als Ausgangswert für den Vergleich mit den Follow-up-Messungen direkt nach Abschluss der Maßnahme (post1), sowie nach sechs (post2) und zwölf Monaten (post3).

Sämtliche Messungen der Alltagsaktivität und Lebensqualität sollten im häuslichen Umfeld stattfinden. Lediglich die ganganalytischen Untersuchungen fanden im Rahmen der Rehabilitationsmaßnahme in Bad Oexen statt.

Stationäre Rehabilitationsmaßnahme

Die stationäre Rehabilitationsmaßnahme in der Kinderklinik Bad Oexen umfasst dreieinhalb Wochen exklusive An- und Abreise. Innerhalb dieses Zeitraums wurde den Kindern und Jugendlichen im Rahmen der familienorientierten Rehabilitation (FOR) und der Jugend-Reha ein breites Spektrum an therapeutischen Maßnahmen angeboten, das sich an den Voraussetzungen der Patienten orientiert und in Absprache mit den Familien individuell zusammengestellt wird.

In dieser Studie liegt der Fokus auf der Evaluation der Effektivität bewegungstherapeutischer Maßnahmen hinsichtlich der Entwicklung des Gangbilds, der Alltagsaktivität und der Lebensqualität. Während des regulären Aufenthalts in Bad Oexen wurden den Kindern und Jugendlichen im somatischen Bereich durchschnittlich 22 Gruppentherapien und 17 Einzeltherapien verordnet. Die Einzeltherapien verteilten sich auf durchschnittlich sieben Einheiten Einzel-Krankengymnastik, sechs Einheiten Hippotherapie und vier Einheiten Krankengymnastik im Wasser.

Die Therapiepläne, die sich für Hirntumor- und Knochen-/Weichteilsarkompatienten kaum unterscheiden, sind detailliert hinsichtlich der Therapiehäufigkeiten in [Abb. 9](#) dargestellt. Das Therapieangebot der Leukämie-/ Lymphompatienten sieht im Vergleich zu den beiden anderen Diagnosegruppen weniger Einzel-, aber deutlich mehr Gruppentherapien vor:

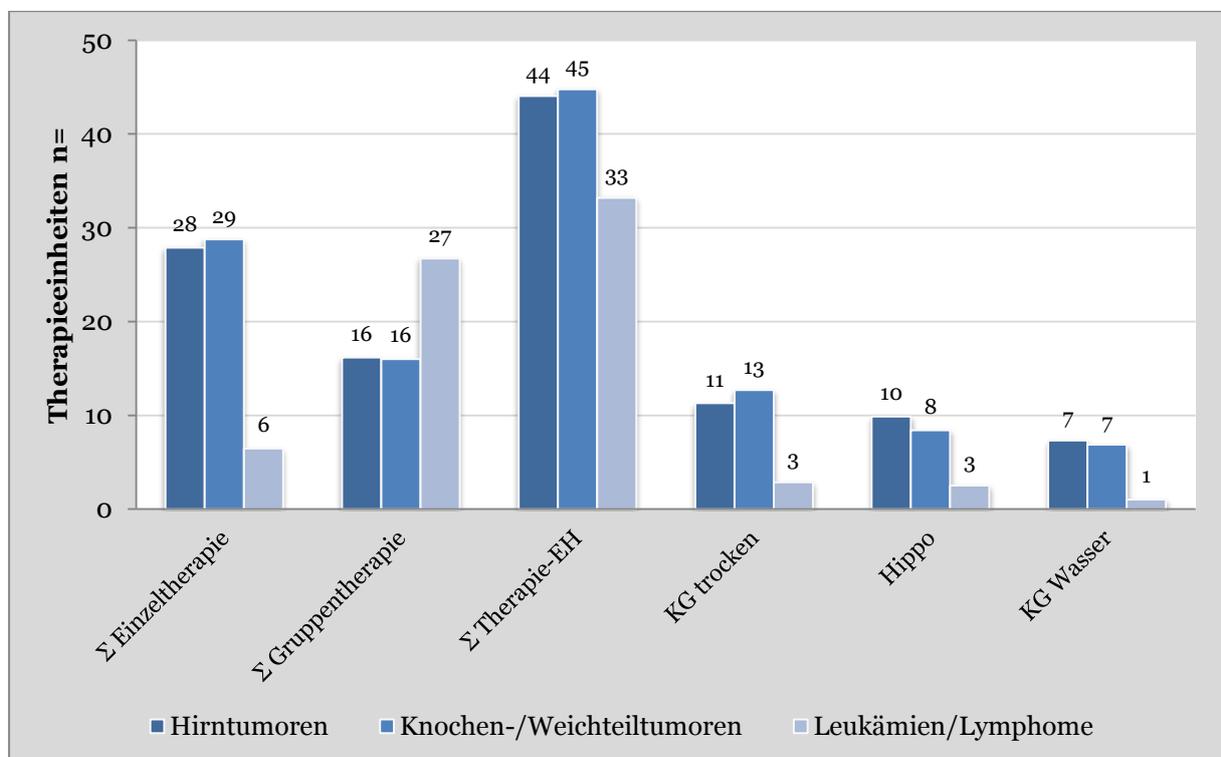


Abb. 9: Anzahl der bewegungstherapeutischen Verordnungen

Untersuchungsmethoden

Motorische Einschränkungen und Beeinträchtigungen im Gangbild wurden in früheren Studien bei Patienten nach einer Hirntumor- [46,68,126] oder Knochentumorerkrankung [12,28,66,95] beschrieben. Derartige funktionelle Beeinträchtigungen können bereits zum Zeitpunkt Diagnosestellung, aber auch später während und nach Abschluss der Akuttherapie, oder als Langzeitfolge der Erkrankung in Erscheinung treten, wobei die Auftretenswahrscheinlichkeit mit zunehmendem Alter ansteigt [91,125]. Knochentumorpatienten (Osteosarkom, Ewing Sarkom) weisen aufgrund tumorchirurgischer Eingriffe am Bewegungsapparat – insbesondere im Bereich der unteren Extremität – ebenso wie Patienten mit Tumoren des zentralen Nervensystems mit Beteiligung des Kleinhirns die größten motorischen Einschränkungen auf [91], die sich in einem unphysiologischen Gangbild der Patienten widerspiegeln können [29,46,138].

Darüber hinaus wurde in beiden Patientengruppen eine Verschlechterung der Gleichgewichtsfähigkeit [37,100,134] ebenso wie Muskelschwächen und eine eingeschränkte Belastbarkeit [49,92] nachgewiesen. Derartige Funktionseinschränkungen werden gewohnte Alltagsaktivitäten ebenso beeinflussen wie die Teilhabe im familiären/häuslichen Umfeld, in der Schule und auch in der Gruppe von Freunden und Gleichaltrigen [23,92].

Mit Hilfe der im Folgenden beschriebenen Verfahren zur Bestimmung des Gangbilds, der Alltagsaktivität und der Lebensqualität sollte die vierwöchige stationäre Rehabilitation hinsichtlich der Verbesserung des Gangbilds, der Alltagsaktivität und der gesundheitsbezogenen Lebensqualität evaluiert werden.

Ganganalyse (Videoanalyse)

Mit Hilfe der in diesem Projekt eingesetzten zweidimensionalen Videoanalyse (Firma Contemplas, Deutschland) wurde das Gangbild der Patienten mit soliden Tumoren (Hirn- und Knochentumoren sowie Weichteilsarkomen) unter Laborbedingungen barfuß auf einer zehn Meter langen Gehstrecke beurteilt. Für die Videoaufnahmen wurden zwei HDV-Kameras (Canon, Legria HV40) für die seitliche und vordere bzw. hintere Ansicht mit einer Frequenz von 50 Hertz verwendet. Die folgenden Parameter wurden mit der integrierten Ganganalyse-Software TEMPLO Version 6.0 ermittelt:

- Kadenz
 - Kadenz steht für die Anzahl der absolvierten Schritte pro Minute. In Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Beinlänge ergibt sich ein Normwert

von 100-130 Schritten pro Minute, der bei Kindern höher liegt und im Alter von sieben Jahren etwa 140 Schritte pro Minute betragen kann.

- (Doppel-)Schrittlänge

- Doppelschrittlänge (DSL) normiert nach dem Modell von HOF [59]:

$$DSL_{\text{normiert}} = \frac{DSL \text{ (cm)}}{\text{Körpergröße (cm)}}$$

- Standphasen

- Im Gangzyklus (Doppelschritt) entfallen 60% der Zeit auf die Standphase und 40% auf die Schwungphase (Abb. 8). Die bipedalen Standphasen betragen jeweils 10%, während die monopedale Standphase 40% des Gangzyklus beträgt, wobei der monopedalen Standphase des einen Beines die Schwungphase des anderen Beines entspricht, da beide gleichzeitig erfolgen.

- Standphase (60%)
- Schwungphase (40%)
- Einbeinige/monopedale Standphase (40%)

- Maximaler Kniebeugewinkel (°, Abb. 9)

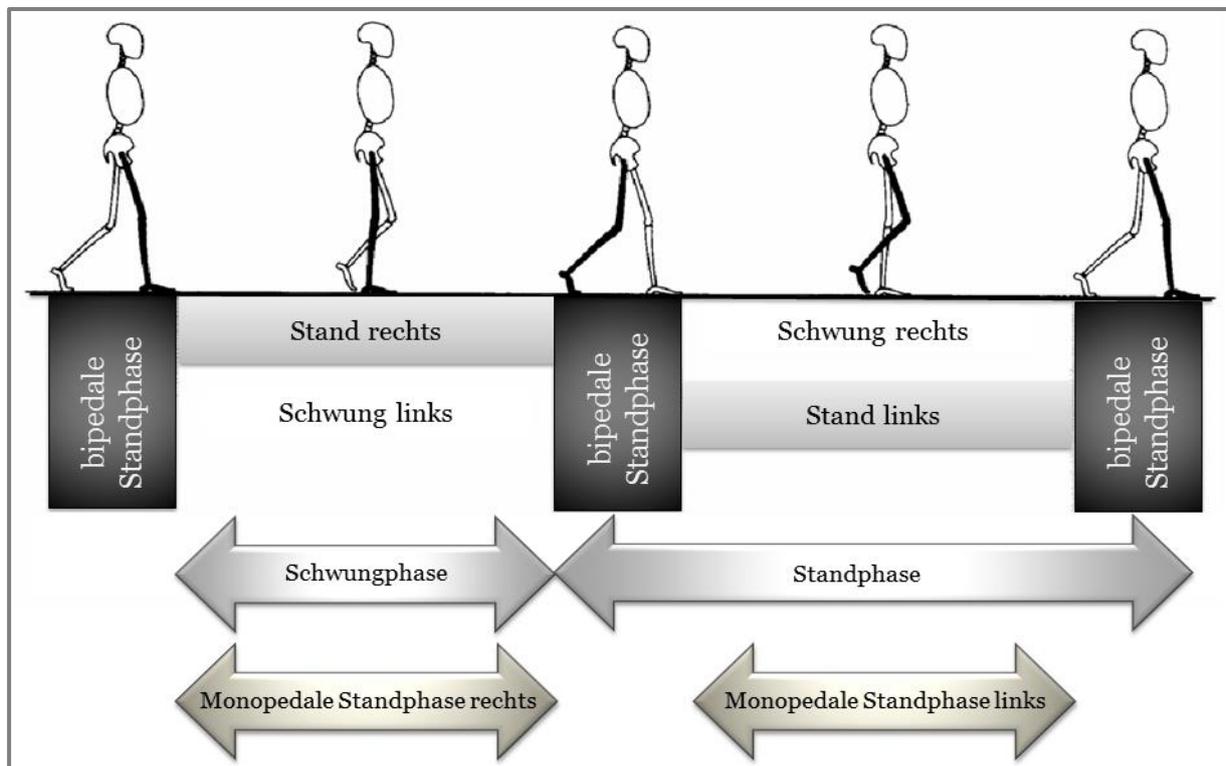


Abb. 10: Anteil von Stand- und Schwungphasen innerhalb eines Gangzyklus

Für den Parameter „maximaler Kniebeugewinkel“ wurden reflektierende Marker beidseits auf dem Außenknöchel (Malleolen), Kniegelenk (Kondylen) und Hüftgelenk (Trochanter major) angebracht. Das Tempo in den einzelnen Versuchen wurde nicht vorgegeben. Die selbst gewählte Geschwindigkeit der Patienten sollte dem normalen Gangtempo entsprechen.

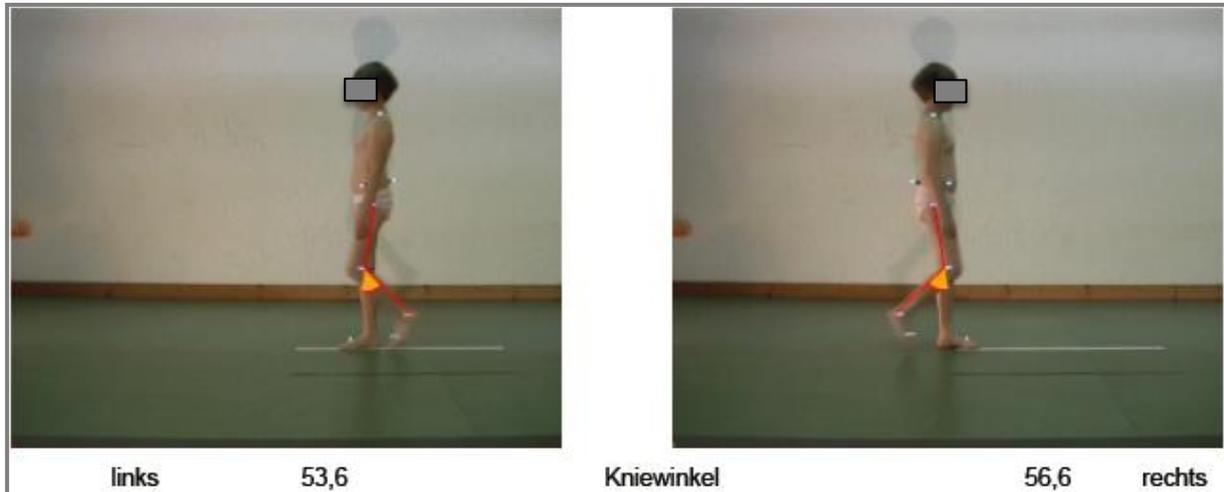


Abb. 11: Videobasierte Ganganalyse

(Beispiel: Bestimmung des maximalen Kniegelenkwinkels in der lateralen Ansicht, Fa. Contemphas)

Druckverteilungsmessung

Die Druckverteilungsmessungen zur Beurteilung der Fußbelastung und des Abrollvorgangs wurden mit einer in einen mobilen Laufsteg eingebetteten kapazitiven Messplattform durchgeführt (emed[®]-m/R, Firma Novel, Deutschland; vier Sensoren pro cm², 50 Hertz).

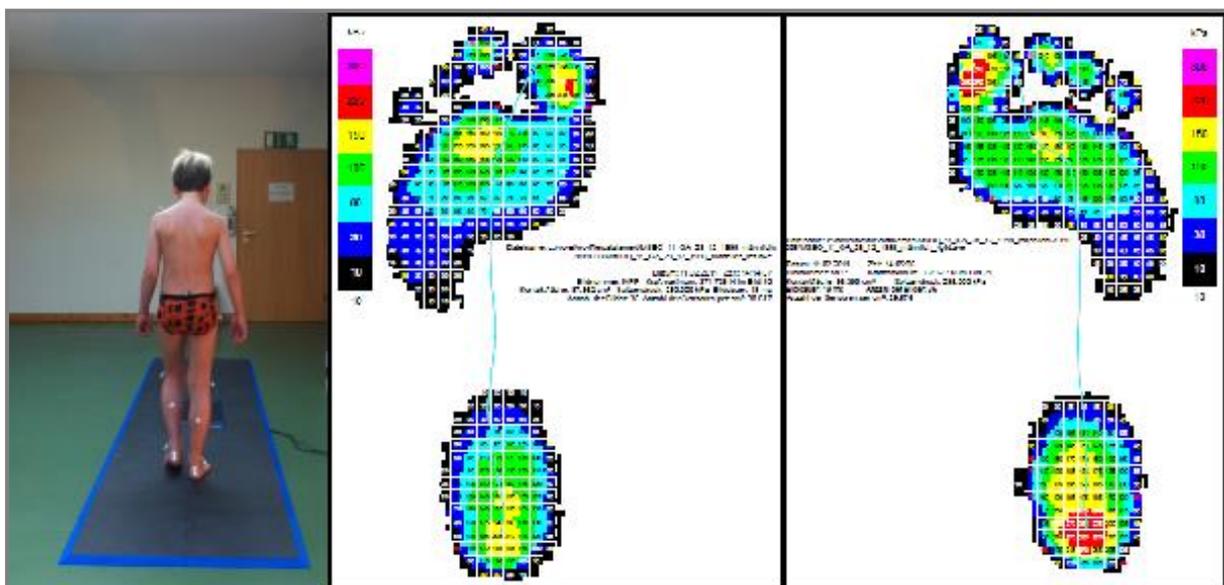


Abb. 12: Druckverteilungsmessung

(DVM) mit mobiler Messplattform sowie grafische Darstellung der gemittelten Messungen (fünf pro Seite) inklusive der Ganglinien (Fa. Novel)

Es wurden keine Vorgaben zum Gangtempo gemacht. Die Patienten konnten daher ihre Bewegungsgeschwindigkeit frei wählen. Es wurde lediglich darauf hingewiesen, ein normales Tempo zu wählen, um ein möglichst natürliches Gangbild zu gewährleisten. Folgende Parameter wurden bestimmt:

- Kontaktfläche (contact area, CA),
- Kontaktzeit (contact time, CT),
- Kraftmaximum (maximum force, MF),
- Spitzendruck (peak pressure, PP),
- Kraft-Zeit-Integral (force-time-integral, FTI).

Zu Beginn wurden mit jedem Patienten zwei bis drei Testversuche zur Eingewöhnung und Bestimmung des Anlaufs durchgeführt, da ein gültiger Versuch das Treffen der Plattform mit dem ganzen Fuß aus dem normalen Gang heraus voraussetzt. Insgesamt wurden fünf gültige Versuche auf beiden Seiten aufgezeichnet.

Einbeinstand zur Beurteilung der Gleichgewichtsfähigkeit

Zur Beurteilung der Gleichgewichtsfähigkeit wurden die Patienten angewiesen, 15 Sekunden im Einbeinstand auf der Druckverteilungsmessplattform zu stehen, während die Zeit gestoppt wurde. Wenn ein Patient 15 Sekunden auf einem Bein stehen konnte, wurde nach Ablauf der Zeit ein Zeichen gegeben, den Versuch zu beenden.

In dieser Analyse waren zwei Parameter von Interesse:

- die Dauer des Einbeinstands (Sekunden)
- die Schwankung bzw. Auslenkung des Kraftangriffspunktes (center of pressure, CoP) als Ergebnis von Weg (cm) und Zeit (s)

Die Geschwindigkeit der Verlagerung des Kraftangriffspunktes gilt als Indikator für die Gleichgewichtsfähigkeit und wurde über die zurückgelegte Strecke des CoP (in Zentimeter) geteilt durch die Zeit (in Sekunden) im Einbeinstand über die integrierte emed / R-Software berechnet: $V_{CoP} = \text{cm} / \text{s}$. Es wurden drei Versuche auf jeder Seite durchgeführt. Jeder Versuch begann in dem Moment des Abhebens des Spielbeins vom Boden und endete im erfolgreichen Versuch nach 15 Sekunden oder sobald bei Verlust des Gleichgewichts dieser Fuß den Boden wieder berührte.

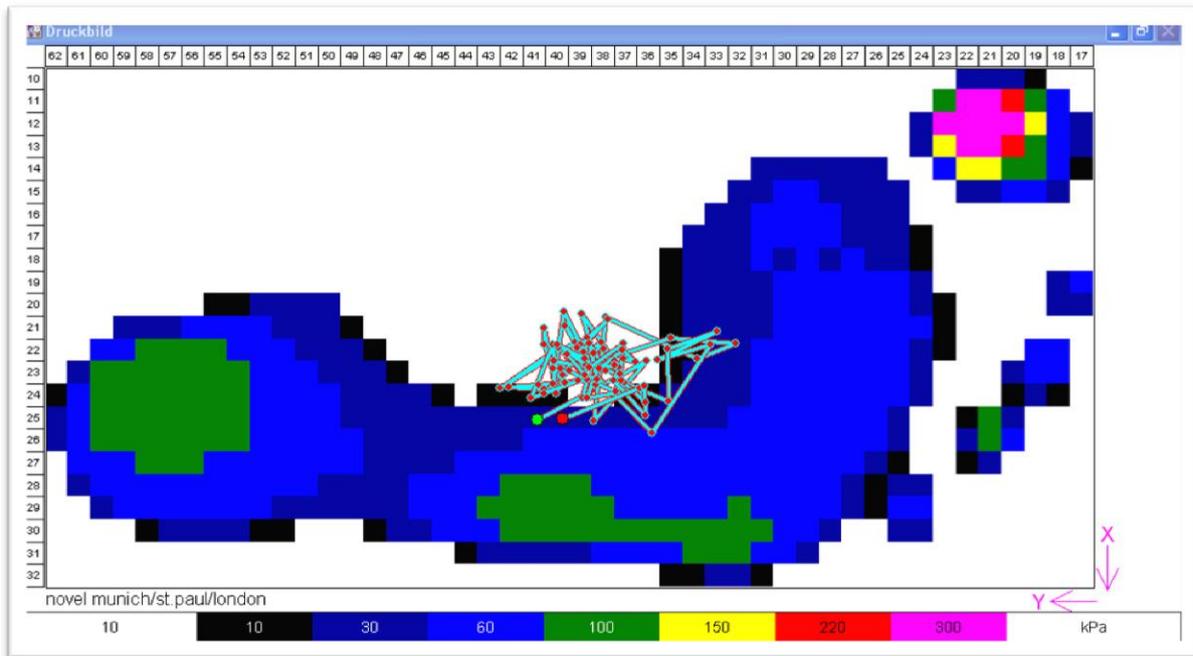


Abb. 13: Darstellung des Verlaufs des Kraftangriffspunkts während des Einbeinstands

Erfassung der Alltagsaktivität (ADL)

Unter körperlicher Aktivität werden alle körperlichen Bewegungen verstanden, die durch die Skelettmuskulatur hervorgerufen werden und einen substanziellen Energieverbrauch zur Folge haben [30]. Während körperliche Aktivität im Alltag für Kinder und Jugendliche als essentiell für die motorische Entwicklung anzusehen ist und positive Zusammenhänge zwischen körperlicher Aktivität und psychischer sowie physischer Gesundheit bestehen [72], weisen Kinder und Jugendliche während und nach der Akuttherapie einer Krebserkrankung aufgrund der umfangreichen Chemotherapie sowie eventuell Bestrahlung und Operation ein deutlich reduziertes Alltagsaktivitätsniveau auf [139,140]. Hirn- und Knochentumorpatienten weisen im Vergleich zu gesunden Vergleichspersonen, aber auch im Vergleich zu Patienten anderer Entitäten wie Leukämien und Lymphomen ein erhöhtes Risiko für Einschränkungen in ihrer körperlichen Leistungsfähigkeit auf [91].

Vor diesem Hintergrund wurden in den letzten Jahren vermehrt Interventionen zur Förderung der körperlichen Aktivität bereits während der Akuttherapie im Sinne einer Frührehabilitation durchgeführt [58,78,89,112,113,142]. Darüber hinaus werden betroffene Kinder und Jugendliche in spezialisierten Einrichtungen wie der Kinderklinik in Bad Oexen im Rahmen der stationären Rehabilitation nach ärztlicher Indikation durch physio- und psychotherapeutische Maßnahmen behandelt, um individuell auf die negativen Auswirkungen der langwierigen Therapie einzugehen.

Um die Effektivität einer Intervention wie der stationären Rehabilitationsmaßnahme auf die Entwicklung der Alltagsaktivität zu evaluieren, können je nach Fragestellung und Untersuchungsdesign subjektive und objektive Messmethoden zur Erfassung körperlicher Aktivitäten im Alltag eingesetzt werden [87]. Subjektive Messmethoden umfassen Fragebögen, Tagebücher oder Interviews, deren Hauptkritikpunkt der sogenannte „*recall bias*“ darstellt. Aufgrund ihres sehr unregelmäßigen Bewegungsmusters [5] können Kinder und Jugendliche keine präzisen Angaben zu ihrer Alltagsaktivität liefern [82]. Alternativ können umfassendere, quantitative Aussagen zum Bewegungsverhalten durch objektive Messmethoden getroffen werden. Hierbei handelt es sich um Aktivitätsaufnehmer wie Schrittzähler (Pedometer) oder Beschleunigungssensoren (Akzelerometer), welche die körperliche Aktivität im Alltag beispielsweise über die Anzahl der Schritte oder den Energieverbrauch quantifizieren.

In dieser Studie wurde der StepWatch 3 Activity Monitor (SAM, Firma Orthocare Innovations, USA) eingesetzt. Es handelt sich um einen uniaxialen Beschleunigungsaufnehmer, der am Sprunggelenk getragen wird und in Intervallen von einer Minute die Schritttätigkeit der Kinder und Jugendlichen mit hoher Präzision aufzeichnet [80,87,88,114].

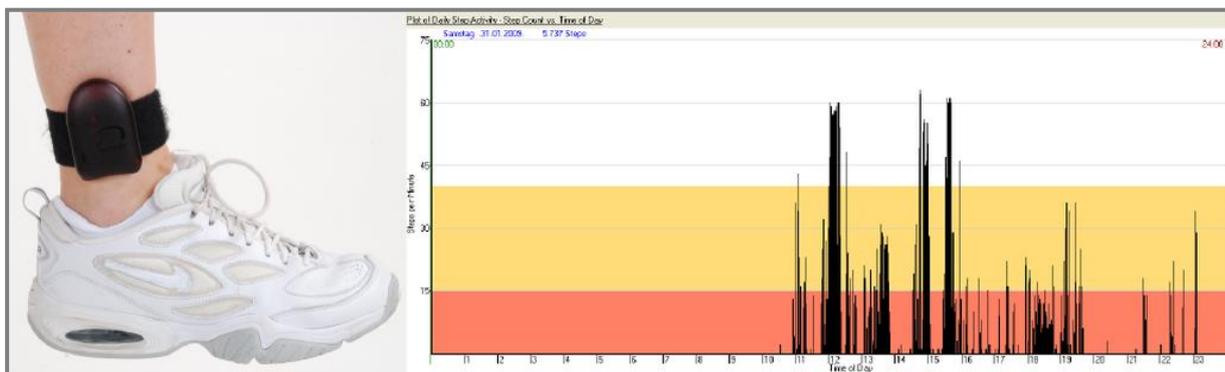


Abb. 14: Positionierung des Aktivitätsmonitors (SAM) oberhalb des Sprunggelenks
Rechts ist beispielhaft die grafische Auswertung der Aktivität eines Tages dargestellt

Erhebung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität (HRQoL)

Die subjektiv wahrgenommene Gesundheit, auch als gesundheitsbezogene Lebensqualität (health related quality of life, HRQoL) bezeichnet, gilt als wichtiges Beurteilungskriterium für die Evaluation medizinischer Interventionen. Während sich die Lebensqualitätsforschung bei Erwachsenen zur Bewertung klinischer Effekte unterschiedlicher Therapien in den letzten Jahrzehnten etabliert hat, steckt sie bei Kindern und Jugendlichen noch in der Entwicklung [25]. Die HRQoL beinhaltet die Sichtweise der Kinder und Jugendlichen hinsichtlich ihrer

körperlichen Funktionsfähigkeit und ihres psychischen Wohlergehens. Es schließt körperliche, emotionale, mentale, soziale und behaviorale Aspekte des Wohlbefindens und der Funktionsfähigkeit ein und beschreibt somit die „erlebte Gesundheit“. Insbesondere für Kinder und Jugendliche sind Dimensionen wie Selbstwert, die Qualität der Beziehung zu Eltern und Freunden sowie das schulische Wohlbefinden neben der physisch-körperlichen Dimension von zentraler Bedeutung. Die gesundheitsbezogene Lebensqualität trägt dazu bei, die mit Erkrankungen oder Behinderungen verbundenen Belastungen zu bestimmen [101].

Im Rahmen der KiGGS-Langzeitstudie des Robert Koch-Instituts zur gesundheitlichen Lage der Kinder und Jugendlichen in Deutschland (Kinder- und Jugendgesundheitsurvey) zwischen Mai 2003 und Mai 2006 wurden umfassende und bundesweit repräsentative Daten zum Gesundheitszustand von insgesamt 14.836 Kindern und Jugendlichen im Alter von 3-17 Jahren aus 167 für die Bundesrepublik repräsentativen Städten und Gemeinden erhoben. Hierzu wurde der krankheitsübergreifende KINDL®-Fragebogen zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität eingesetzt, der sowohl bei gesunden Kindern und Jugendlichen, als auch bei klinischen Populationen eingesetzt werden kann. Er besteht aus 24 likert-skalierten Items und erfasst mit jeweils vier Fragen die folgenden sechs Dimensionen der Lebensqualität: „körperliches Wohlbefinden“, „emotionales Wohlbefinden“, „Selbstwert“, „Wohlbefinden in der Familie“, „Wohlbefinden in Bezug auf Freunde/Gleichaltrige (*peer group*)“ und „schulisches Wohlbefinden“.

Kindliche Entwicklungsfortschritte werden im Fragebogen mit unterschiedlichen Versionen für verschiedene Altersgruppen berücksichtigt (4-7 Jahre → Elternangaben), 8-11 Jahre, 12-16 Jahre). Die Items werden über fünfstufige Antwortkategorien (nie, selten, manchmal, oft, immer) beantwortet. Darüber hinaus wird ein übergreifender Messwert (SUMME) der gesundheitsbezogenen Lebensqualität aus allen 24 Items berechnet. Die Messwerte werden auf Skalen von 0-100 angegeben, wobei höhere Werte eine bessere Lebensqualität bezeichnen. Insgesamt weist der KINDL®-Fragebogen eine gute Akzeptanz, ausreichende psychometrische Güte und brauchbare Validität auf und zeigt somit die Eignung zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität von Kindern und Jugendlichen auf.

Statistische Auswertung

Die deskriptive Statistik schließt die Angabe von Mittelwerten, Standardabweichung, 95% Konfidenzintervall sowie Minima und Maxima (Spanne) ein. Zusätzlich wird bei der Analyse des Gangbilds der Absolute-Symmetrie-Index zur Bestimmung der Gangsymmetrie angegeben:

$$\text{angegeben: } \text{ASI} = \frac{|XL - XR|}{\frac{1}{2} * (XL + XR)} * 100\%$$

Im Rahmen der Inferenzstatistik (IBM SPSS Statistics 22.0) wurde das Signifikanzniveau auf $\alpha=0,05$ festgelegt. Nach initialer Prüfung der Daten auf Normalverteilung mittels Shapiro-Wilk-Test und Homoskedastizität mittels Levene-Test erfolgte die inferenzstatistische Analyse über den t -Test für verbundene oder unabhängige Stichproben oder über varianzanalytische Verfahren (AN(C)OVA), sofern die Bedingung der Normalverteilung und gleichen Varianzen gegeben war. Bei signifikantem Ergebnis im Mauchley-Test auf Sphärizität erfolgte eine Anpassung über die Greenhouse-Geisser Korrektur.

Bei Variablen, bei denen die Bedingung der Normalverteilung und Gleichheit der Varianzen nicht gegeben war, wurde über eine logarithmische oder Quadratwurzel-Transformation der Versuch unternommen, den jeweiligen Datensatz an die Voraussetzungen des t -Tests oder der Varianzanalyse anzugleichen [3]. In Fällen, in denen dieses Verfahren nicht erfolgreich war, kamen die mit einer geringeren Teststärke verbundenen nicht-parametrischen Verfahren (Kruskal-Wallis-H Test und Mann-Whitney U -Test für unabhängige Stichproben sowie Friedman-Test und Wilcoxon Rangsummentest für abhängige Stichproben) zum Einsatz. Bei Mehrfachvergleichen erfolgte zur Vermeidung einer α -Fehler-Kumulierung die Anpassung des Signifikanzniveaus über die Bonferroni Korrektur.

Mittels Korrelationsanalysen erfolgt die quantitative Beschreibung von Zusammenhängen zwischen den unabhängigen Variablen wie Geschlecht, Alter, BMI, aber auch Dauer der Akuttherapie, Zeitspanne zwischen Akuttherapie und Rehabilitation, oder Therapieangebot in Bad Oexen und den abhängigen Variablen Entwicklung des Gangbilds, der Alltagsaktivität und der Lebensqualität.

Da die alleinige Angabe von Konfidenzintervall und/oder statistischem p -Wert die Frage nach der klinischen Bedeutung eines Ergebnisses nicht ausreichend beantwortet, erfolgt die Effektstärkenberechnung nach dem Modell von *Batterham & Hopkins* [8,60], in dem die Wahrscheinlichkeiten eines negativen, trivialen oder positiven Effekts anhand der folgenden Kategorisierung bestimmt werden (Abb. 15):

- $<0,5\%$, höchst unwahrscheinlich,
- $0,5-5,0\%$, sehr unwahrscheinlich,
- $5,1-25,0\%$, unwahrscheinlich,
- $25,1-75,0\%$, möglich,
- $75,1-95,0\%$, wahrscheinlich,
- $95,1-99,5\%$, sehr wahrscheinlich,
- $>99,5\%$, höchst wahrscheinlich, nahezu sicher.

Zur Unterscheidung zwischen positiven und negativen Effekten wurde als Schwellenwert $d=0,2$ (kleiner Effekt, siehe Tab. 4) der Standardabweichung ($= 0,2 * SD$) als Maß für den minimalen klinisch relevanten Unterschied (minimal clinically important difference, MCID) herangezogen [34]. Dieser Bereich ist in Abb. 15 blau markiert. Eine entsprechende Excel-Kalkulationstabelle steht auf der Seite www.sportsci.org zur Verfügung.

In solchen Fällen, in denen das Konfidenzintervall die Grenze eines positiven oder negativen Effektes um 5% überschreitet, ist die Richtung des Effektes unklar und wird in der entsprechenden Tabelle mit einem Fragezeichen gekennzeichnet.

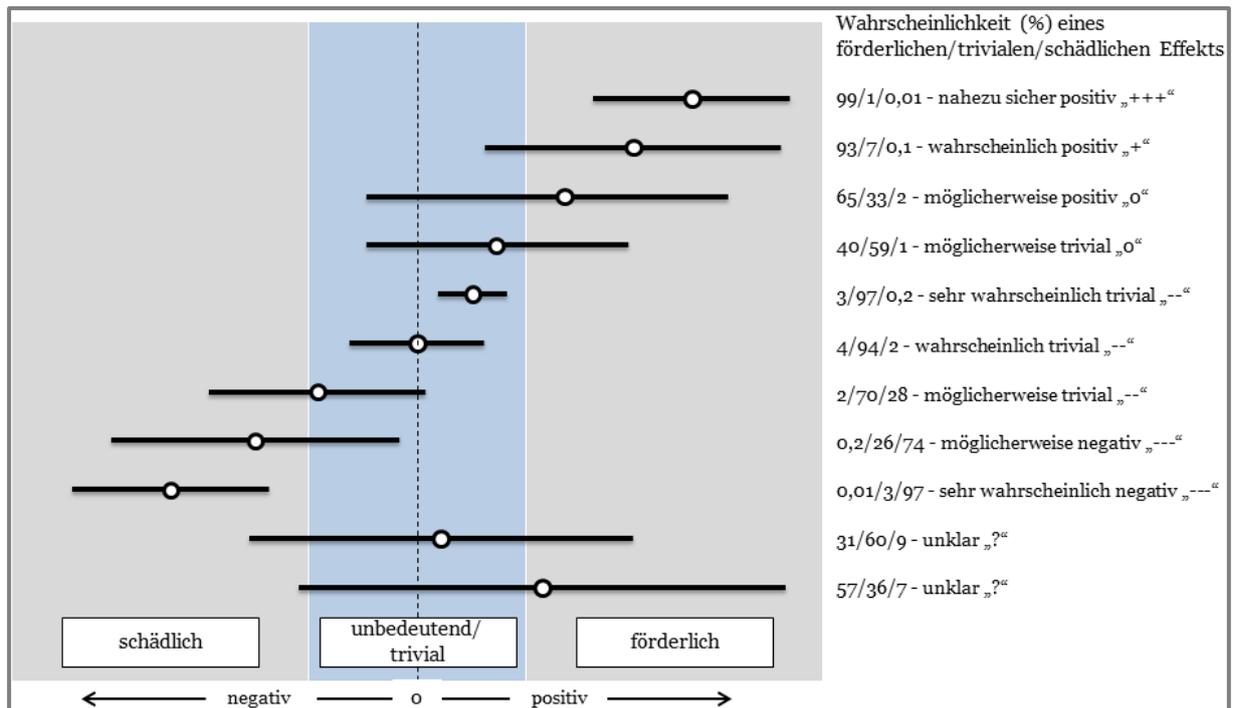


Abb. 15: Effektstärkenberechnung nach Batterham & Hopkins [8]

Darüber hinaus wurden **Effektgrößen** (Cohen's d , partielles eta Quadrat η_p^2) nach den folgenden Richtlinien zur Einschätzung der Größe eines Effekts bestimmt [32]:

Größe des Effekts	Cohen's d	Produkt-Moment-Korrelation r	partielles eta Quadrat η_p^2	Erklärte Varianz
Klein	0,2	0,1	0,01	1% 6% 14%
Mittel	0,5	0,3	0,06	
Groß	0,8	0,5	0,14	

Tab. 4: Richtlinien zur Einschätzung der Größe eines Effekts

Ergebnisse

Gangbild

Unmittelbare Auswirkung der Rehabilitation auf das Gangbild

Frage 1:

Verbessert sich das Gangbild von onkologisch erkrankten Kindern und Jugendlichen während und direkt nach dem vierwöchigen stationären Rehabilitationsaufenthalt?

Zur Beurteilung des Gangbilds wurden die klinische Ganganalyse und die plantare Druckverteilungsmessung eingesetzt, sowie zusätzlich eine Einbeinstandmessung auf der Druckmessplattform durchgeführt. Insgesamt liegen von 95 Patienten Datensätze zur Beurteilung des Gangbilds vor. In der Hirntumorpatientengruppe konnten die Messversuche von vier Probanden aufgrund eines zu stark eingeschränkten Gangbilds in der Eingangs- und Abschlussmessung nicht in die Endauswertung eingehen. Bei den Knochentumorpatienten waren die Druckverteilungsmessungen und Ganganalysen von zwei Patienten nicht verwertbar.

Darüber hinaus war die Videoanalyse bei drei weiteren Hirntumorpatienten aufgrund eines Kameradefekts in der Abschlussmessung nicht möglich, die Druckverteilungsmessung hingegen fand für diese Patienten wie geplant statt. Eine junge Hirntumorpatientin hatte nur an der Druckverteilungsmessung, nicht jedoch an der klinischen Ganganalyse teilgenommen. Der Einbeinstand wurde von 53 Hirntumorpatienten und 30 Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten durchgeführt.

Darüber hinaus nutzten neun Patienten im Rahmen der klinischen Ganganalyse Unterarmgehstützen (UAGST). Da diese einen signifikanten Einfluss auf das Gangbild der Patienten aufweisen, wurden die Ganganalysen dieser Patienten zunächst nicht in der statistischen Analyse berücksichtigt, um die Ergebnisse nicht zu verfälschen¹. Die Ergebnisse dieser Patienten werden am Ende dieses Kapitels gesondert dargestellt. Dadurch reduziert sich die Anzahl verwertbarer Ganganalysen auf n=29 in der Gruppe der Knochentumoren und Weichteilsarkome.

Zunächst werden die Ergebnisse der **klinischen Ganganalyse** präsentiert. In der Eingangsmessung lag die durchschnittliche Kadenz der gesamten Patientengruppe (n=84)

¹ Positive Entwicklungen im Gangbild eines Patienten, der am Ende der Rehabilitation aufgrund der Fortschritte besser ohne UAGST gehen könnte, aber aufgrund identischer Bedingungen zur Eingangsmessung mit UAGST gehen soll, bleiben verborgen.

bei 116,7 ($\pm 14,5$) Schritten pro Minute (Spanne 88-167). Dieser Wert reduzierte sich zur Abschlussmessung auf 114,6 ($\pm 13,3$) Schritte pro Minute (Spanne 78-143). Dieser Unterschied war nicht signifikant (Wilcoxon-Test, $p=0,258$). Im Vergleich zu den Daten einer aktuellen Veröffentlichung mit gesunden Kindern und Jugendlichen gleichen Alters [41], die durchschnittlich 134,3 Schritte pro Minute bei selbstgewählter Geschwindigkeit erreichten, ergibt sich zu beiden Messzeitpunkten eine signifikant reduzierte Kadenz der Patienten ($p < 0,001$).

Die Analyse der Stand- und Schwungphasen innerhalb des Gangzyklus erfolgte für die gesamte Patientengruppe zunächst über den Mittelwert der linken und rechten Extremität. **Abb. 16** fasst die Ergebnisse der Eingangs- und Abschlussmessung zusammen. Für keine der drei Variablen wurden statistisch signifikante Unterschiede zwischen beiden Messzeitpunkten ermittelt (Wilcoxon-Test, $p > 0,05$). Im Vergleich zu den Normwerten war die einbeinige Standphase verkürzt und die gesamte Stützphase verlängert.

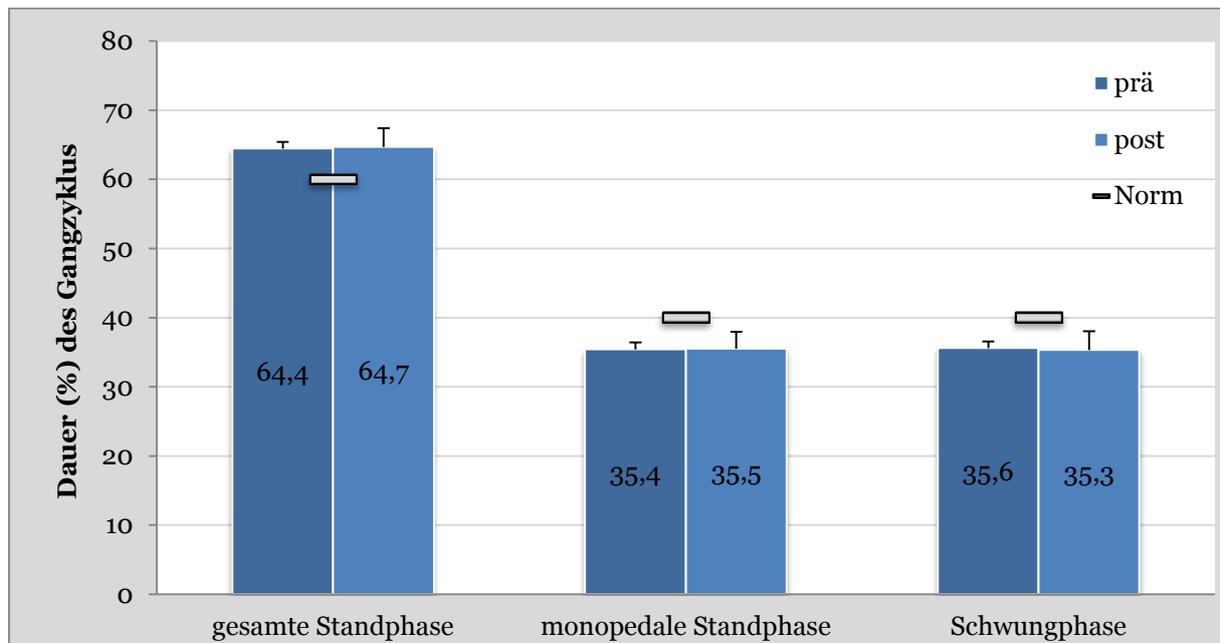


Abb. 16: Vergleich der Unterphasen des Gangzyklus zwischen Eingangs- und Abschlussmessung

Die drei Phasen des Gangzyklus wurden zusätzlich im Hinblick auf die Symmetrie zwischen linker und rechter Extremität untersucht. Die Ergebnisse zur Symmetrie in den drei Unterphasen werden in **Abb. 17** dargestellt. Deutlich erkennbar ist ein Rückgang der Asymmetrie, der lediglich für die monopedale Standphase keine statistische Signifikanz aufweist. Die Effektgröße liegen für die gesamte Standphase bei $d=0,22$, für die monopedale Standphase bei $d=0,09$ und für die Schwungphase bei $d=0,21$.

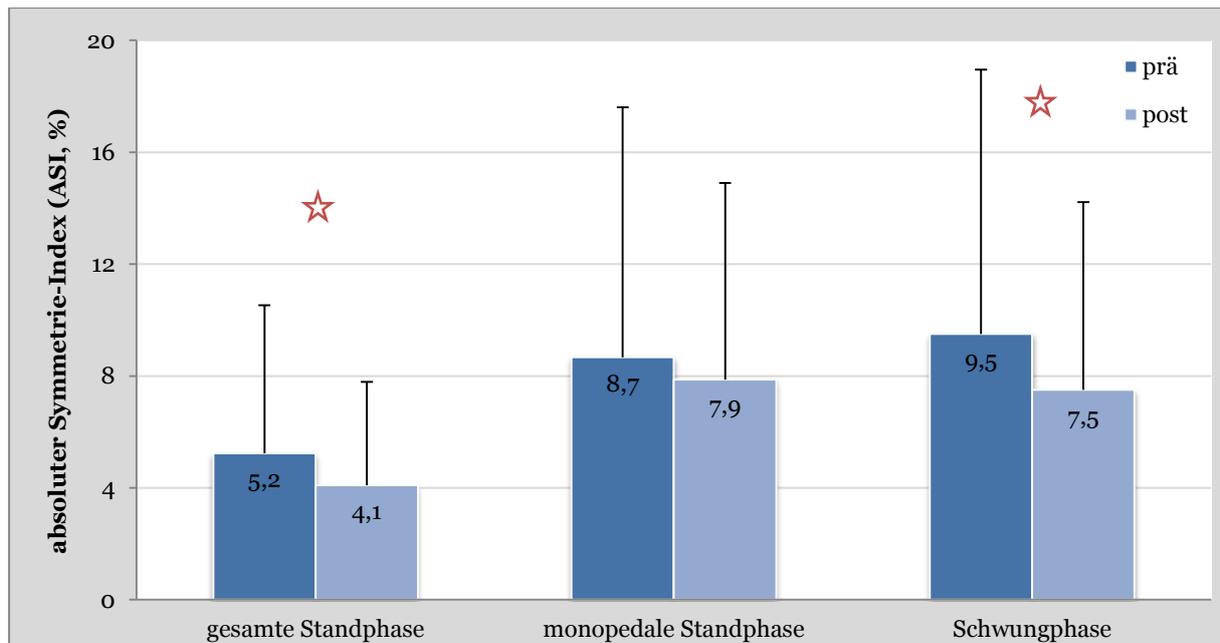


Abb. 17: Vergleich der Symmetrie in den Unterphasen des Gangzyklus zwischen Eingangs- und Abschlussmessung.

Gesamte Standphase: $p=0,043$ (t -Test nach Wurzeltransformation), Schwungphase: $p=0,013$ (t -Test)

Die durchschnittliche Schrittlänge vergrößerte sich zwischen den Messzeitpunkten von eingangs 54,1 ($\pm 9,5$) auf 54,5 ($\pm 9,7$) Zentimeter in der Abschlussmessung (Abb. 18). Dieser Unterschied war nicht signifikant (Wilcoxon Test, $p=0,502$). Der maximale Kniebeugewinkel vergrößerte sich in der gesamten Stichprobe zwischen Eingangs- und Abschlussmessung statistisch signifikant um $1,8^\circ$ ($\pm 5,3$) (t -Test, $p=0,001$).

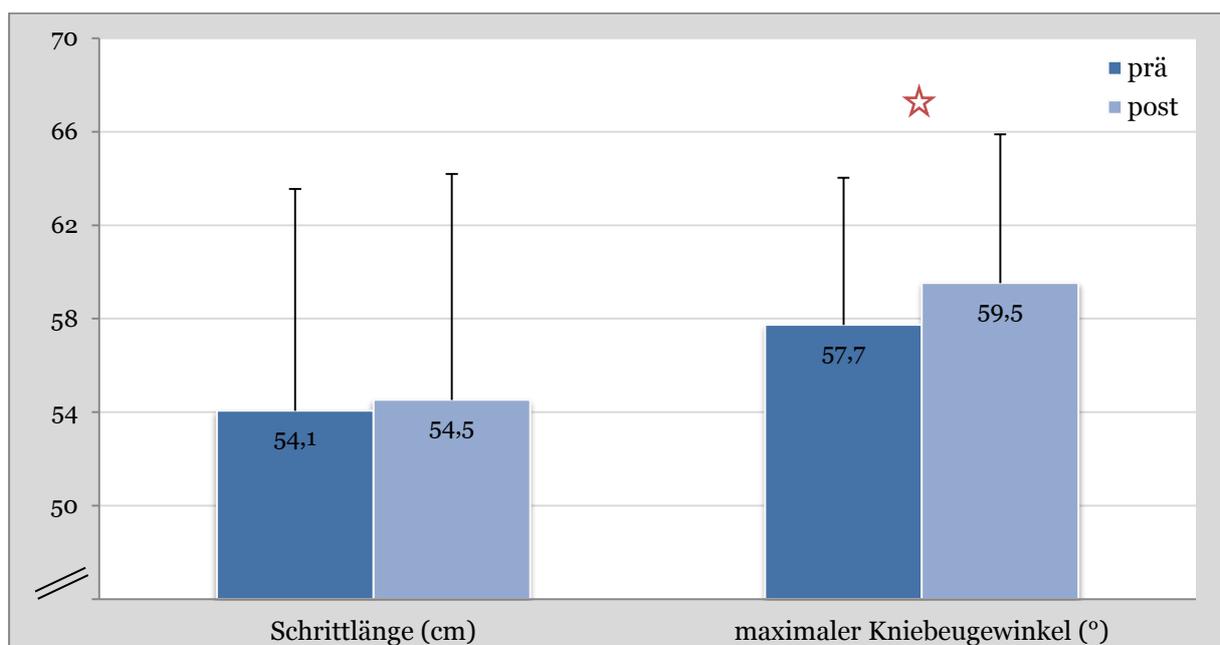


Abb. 18: Vergleich der Schrittlänge und des maximalen Kniebeugewinkels zwischen Eingangs- und Abschlussmessung

Abb. 19 fasst die Analyse des absoluten Symmetrie-Index der beiden Variablen Schrittlänge und maximaler Kniebeugewinkel zusammen. Auch hier zeigt sich eine deutliche Reduzierung der Seitendifferenzen, die für die Variable Schrittlänge statistisch hoch signifikant ist.

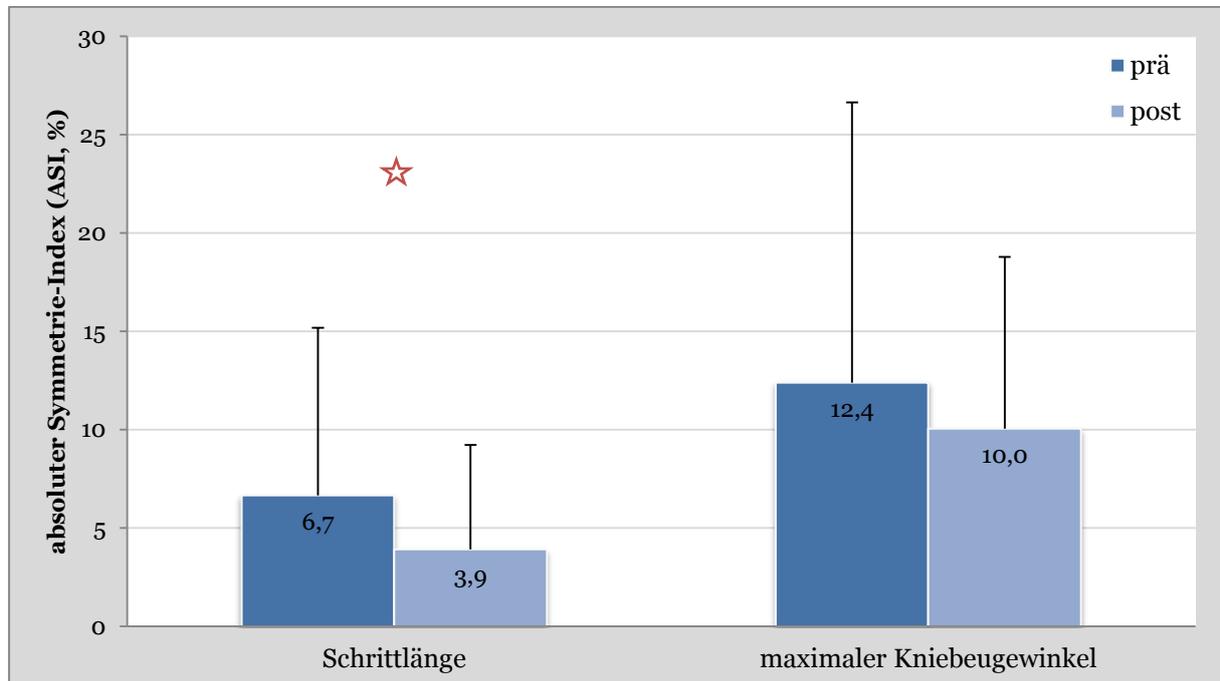


Abb. 19: Vergleich der Symmetrie von Schrittlänge und maximalem Kniebeugewinkel zwischen Eingangs- und Abschlussmessung

★ *t*-Test nach log.-Transformation: Schrittlänge: $p < 0,001$, maximaler Kniebeugewinkel: $p = 0,374$

Im Rahmen der **plantaren Druckverteilungsmessung** erfolgte die Analyse der Bodenreaktionskräfte bei der Schrittabwicklung anhand der Parameter

- Kontaktfläche (CA, cm²),
- Kontaktzeit (CT, ms),
- Kraftmaximum (MF, N, bezogen auf das Körpergewicht → %KG),
- Spitzendruck (PP, kPa) und
- Kraft-Zeit-Integral (FTI, N*s, bezogen auf das Körpergewicht → %KG).

Um das Abrollverhalten beurteilen zu können, wird der Fuß mit einer Maske in vier Regionen unterteilt: Ferse, Mittelfuß, Vorfuß und Zehen:

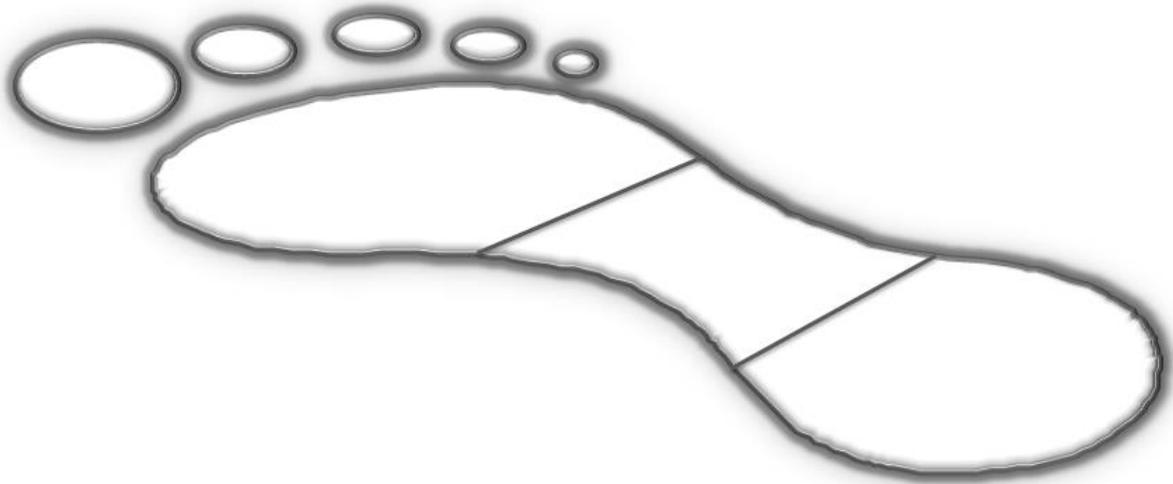


Abb. 20: Maske mit vier Fußregionen

Tab. 5 fasst die Ergebnisse der Druckverteilungsmessung des gesamten Fußes und in den vier Fußregionen für die Eingangs- und Abschlussmessung zusammen:

	Gesamter Fuß		Ferse		Mittelfuß		Vorfuß		Zehen	
	prä	post	prä	post	prä	post	prä	post	prä	post
CA	89 (±24)	90 (±25)	24 (±7)	25[†] (±7)	15 (±7)	16 (±7)	37 (±10)	37 (±10)	13 (±5)	12 (±5)
CT	740 (±178)	747 (±181)	424 (±132)	425 (±142)	430 (±127)	436 (±145)	587 (±143)	593 (±153)	407 (±147)	407 (±154)
MF	469 (±224)	473 (±228)	301 (±136)	307 (±142)	69 (±53)	70 (±59)	378 (±190)	385[†] (±199)	106 (±66)	107 (±67)
PP	505 (±194)	509 (±197)	332 (±107)	342 (±109)	98 (±46)	97 (±49)	209 (±80)	213 (±83)	182 (±92)	184 (±102)
FTI	247 (±139)	251 (±139)	76 (±50)	80 (±52)	18 (±19)	19 (±21)	127 (±75)	128 (±73)	25 (±19)	25 (±19)

Tab. 5: Zusammenfassung der Ergebnisse der Druckverteilungsmessung zur Eingangs- (prä) und Abschlussmessung (post), n=94
statistisch signifikanter Unterschied im prä-post-Vergleich: [†] Wilcoxon-Test ($p < 0,05$)

Für die gesamte Patientenstichprobe lassen sich geringe Unterschiede im prä-post-Vergleich erkennen. Die Daten deuten auf eine leichte Zunahme der Bodenreaktionskräfte hin, die im Rückfußbereich am deutlichsten erkennbar wird. Die Ergebnisse der Symmetrie-Werte werden für den Fuß in **Abb. 21** und für die vier Fußregionen in **Tab. 6** zusammengefasst:

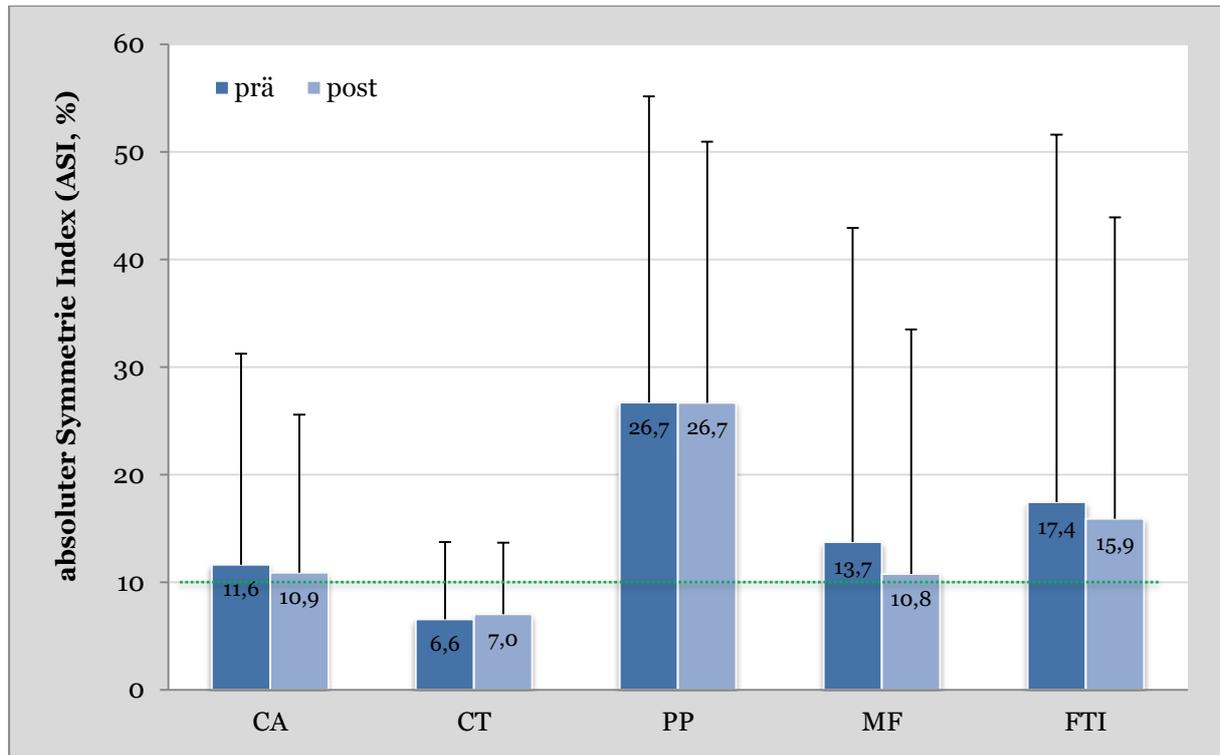


Abb. 21: Absoluter Symmetrie-Index (ASI) des gesamten Fußes im prä-post-Vergleich

..... Grenzwert 10%

ASI	Ferse		Mittelfuß		Vorfuß		Zehen	
	prä	post	prä	post	prä	post	prä	post
CA	10,8 (±27,6)	8,2 (±17,2)	36,6 (±44,5)	36,4 (±43,5)	9,4 (±16,5)	8,2 (±12,0)	25,8 (±29,8)	24,5 (±31,7)
CT	20,0 (±30,2)	18,3 (±27,0)	20,7 (±36,7)	19,3 (±32,6)	10,1 (±14,8)	9,6 (±11,8)	30,7 (±36,7)	33,1 (±39,8)
MF	23,5 (±36,4)	17,9[†] (±26,7)	48,7 (±49,0)	46,9 (±49,9)	20,7 (±33,7)	18,1 (±30,4)	45,7 (±40,8)	43,1 (±42,1)
PP	32,6 (±34,7)	25,2[‡] (±29,7)	32,3 (±38,6)	27,6 (±34,1)	24,7 (±29,4)	22,9 (±27,6)	42,1 (±38,0)	41,6 (±39,4)
FTI	35,1 (±43,4)	27,6[‡] (±37,6)	53,6 (±50,4)	53,6 (±50,8)	24,3 (±36,6)	24,2 (±35,6)	57,2 (±51,1)	54,3 (±51,0)

Tab. 6: Absoluter Symmetrie-Index (ASI) in den vier Fußregionen zur Eingangs- und Abschlussmessung

statistisch signifikanter Unterschied im prä-post-Vergleich: [†] Wilcoxon-Test, [‡] t-Test ($p < 0,05$)

Die Analyse des gesamten Fußes wies für die Kontaktzeit (CT) die geringsten Seitendifferenzen zu beiden Messzeitpunkten auf. Die Bodenkontaktzeit war gleichzeitig die einzige Variable, in der sich die Seitendifferenzen im Verlauf der Rehabilitation leicht von 6,6% auf 7,0% erhöhten (nicht signifikant). Die größten Differenzen des gesamten Fußes wurden für den Spitzendruck (PP) ermittelt. Die restlichen Parameter wiesen zwischen Eingangs- und Abschlussmessung einen Rückgang der Asymmetrie im Seitenvergleich auf, ohne dass die Unterschiede statistische Signifikanz aufwiesen. Bei Betrachtung der Ergebnisse in den vier Fußregionen (Tab. 6) fällt auf, dass der größte Rückgang der Asymmetrie im Fersenbereich auftrat. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen Eingangs- und Abschlussmessung wurden für die Parameter Kraftmaximum, Spitzendruck und Impuls gefunden.

Die Ergebnisse des **Einbeinstands** auf der Druckmessplatte sind in Abb. 22 aufgeführt. Es werden Mittelwerte mit Standardabweichungen für die Standdauer und die Schwankung (Geschwindigkeit des Kraftangriffspunkts) dargestellt. Standdauer und Schwankung ergeben sich aus dem Mittelwert des rechten und linken Beins (je drei Versuche). In Fällen, in denen ein Patient länger als 15 Sekunden einbeinig stehen konnte, wurden nur die ersten 15 Sekunden gewertet und analysiert.

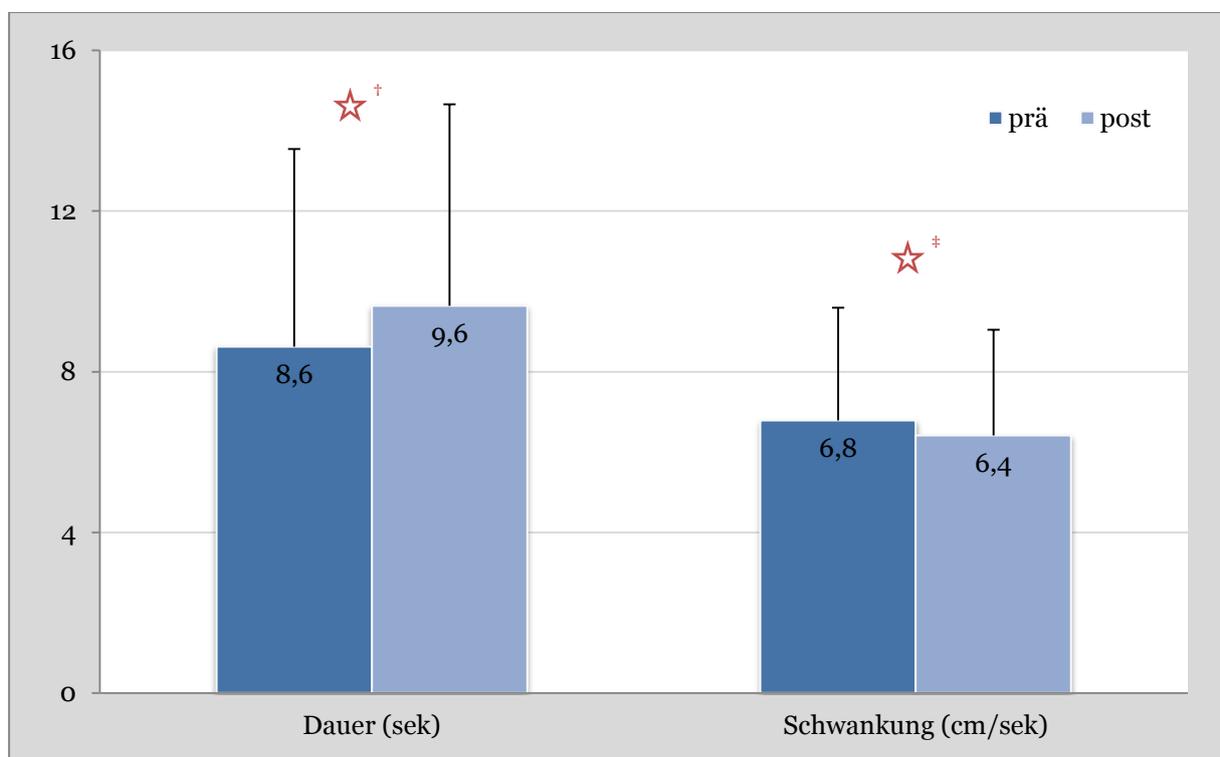


Abb. 22: Veränderung von Standdauer und Schwankung im Einbeinstand zwischen Eingangs- und Abschlussmessung

[†] Wilcoxon-Test ($p=0,001$), ^{*} t -Test (log-transf., $p=0,010$); $n=83$

Die Patienten konnten in der Eingangsmessung durchschnittlich 8,6 ($\pm 4,9$) sek auf einem Bein stehen (range 1-15 sek). Die Einbeinstanddauer nahm in der gesamten Patientengruppe im Verlauf der Rehabilitation um eine Sekunde statistisch signifikant auf 9,6 sek zu ($p=0,001$). Gleichzeitig reduzierte sich die Schwankung mit einer Abnahme der Geschwindigkeit des Kraftangriffspunkts um $-0,37$ cm/sek ($p=0,010$).

Signifikante Korrelationen ergaben sich zwischen dem Alter der Patienten und der Gleichgewichtsfähigkeit. Die älteren Patienten konnten länger auf einem Bein stehen ($r=0,340$; $p=0,002$) und wiesen eine geringere Schwankung auf ($r=-0,442$; $p<0,001$). Weder das Alter, noch die im Einbeinstand ermittelte Gleichgewichtsfähigkeit wiesen einen signifikanten Zusammenhang mit der Höhe der Seitendifferenzen (ASI) der klinischen Ganganalyse und der Druckverteilungsmessung auf ($-0,140 < r > 0,185$; $p > 0,05$).

Unterschiede im Gangbild zwischen den Hauptdiagnosegruppen

Frage 2:

Unterscheiden sich die Diagnosegruppen im Gangbild und welche Gruppe profitiert mehr oder weniger von der Maßnahme?

Unterscheiden sich die Diagnosegruppen im Gangbild?

Um beide Hauptdiagnosegruppen vergleichen zu können, wurden in den statistischen Analysen die im Text genannten Kovariate (Kontrollvariablen) berücksichtigt, die einen relevanten Einfluss auf die jeweils untersuchten Parameter der Ganganalyse aufweisen. Verglichen wurden die Mittelwerte beider Extremitäten aus der Eingangsmessung.

Im Vergleich zwischen den Diagnosegruppen zeigten Hirntumorpatienten mit 119 Schritten pro Minute im Vergleich zu Knochtumor- und Weichteilsarkompatienten mit 112 Schritten pro Minute eine signifikant höhere Kadenz ($p=0,017$, korrigiert nach Alter und Körpergröße). Die Parameter gesamte Standphase, Schwungphase und monopedale Standphase wiesen keinen signifikanten Gruppenunterschied auf (Kovariate: Kadenz):

Im Hinblick auf den absoluten Symmetrie-Index (ASI, %) zeigten sich bei Knochtumor- und Weichteilsarkompatienten verglichen mit Hirntumorpatienten statistisch signifikant größere Seitendifferenzen in der bilateralen Standphase (7,4% vs. 4,1%, $p=0,044$), in der Schwungphase (13,4% vs. 7,4%, $p=0,035$) und in der monopedalen Standphase (12,6% vs. 6,6%, $p=0,026$; jeweils Mann-Whitney *U*-Test).

Für die Schrittlänge wurde kein Unterschied zwischen beiden Gruppen ermittelt (Hirntumoren: 54,0 cm, Knochtumoren: 54,2 cm, $p=0,876$, Kovariate: Körpergröße und

Kadenz). Die nach dem Modell von HOF [59] normierte Doppelschrittlänge wies ebenfalls keinen Gruppenschied auf ($p=0,834$, Kovariate: Kadenz). Der ASI war bei den Hirntumorpatienten mit 5,2% geringer ausgeprägt als bei den Knochentumorpatienten mit 9,4% (n.s., $p=0,143$). Ein signifikanter Gruppenunterschied wurde für den maximalen Kniebeugewinkel ermittelt. Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten wiesen mit durchschnittlich 55° eine geringere maximale Beugung im Kniegelenk auf als Hirntumorpatienten mit 59° ($p=0,006$). Obwohl die Seitendifferenzen der Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten im Vergleich zu den Hirntumorpatienten mit 18,4% gegenüber 9,3% doppelt so hoch waren, wurde kein statistisch signifikanter Unterschied ermittelt ($p=0,076$).

Im Rahmen der Druckverteilungsmessung wiesen Hirntumorpatienten signifikant kürzere Kontaktzeiten im Vergleich zu Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten auf (708 vs. 793 ms, $p=0,017$, Kovariate: Alter). Das relative Kraftmaximum des gesamten Fußes war mit 105% geringer im Vergleich zu den Hirntumorpatienten (111%). Dieser Unterschied war statistisch nicht signifikant ($p=0,054$). Darüber hinaus wurde bei den Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten im Fersenbereich (67,2% vs. 73,3%, $p=0,034$) und auch im Vorfußbereich (81,9% vs. 90,4%, $p=0,019$) ein jeweils signifikant geringeres Kraftmaximum ermittelt, wohingegen sich die Regionen Mittelfuß und Zehen zwischen beiden Gruppen nicht unterschieden. Die intraindividuellen Seitendifferenzen waren in allen Fußregionen bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten signifikant größer (Abb. 23).

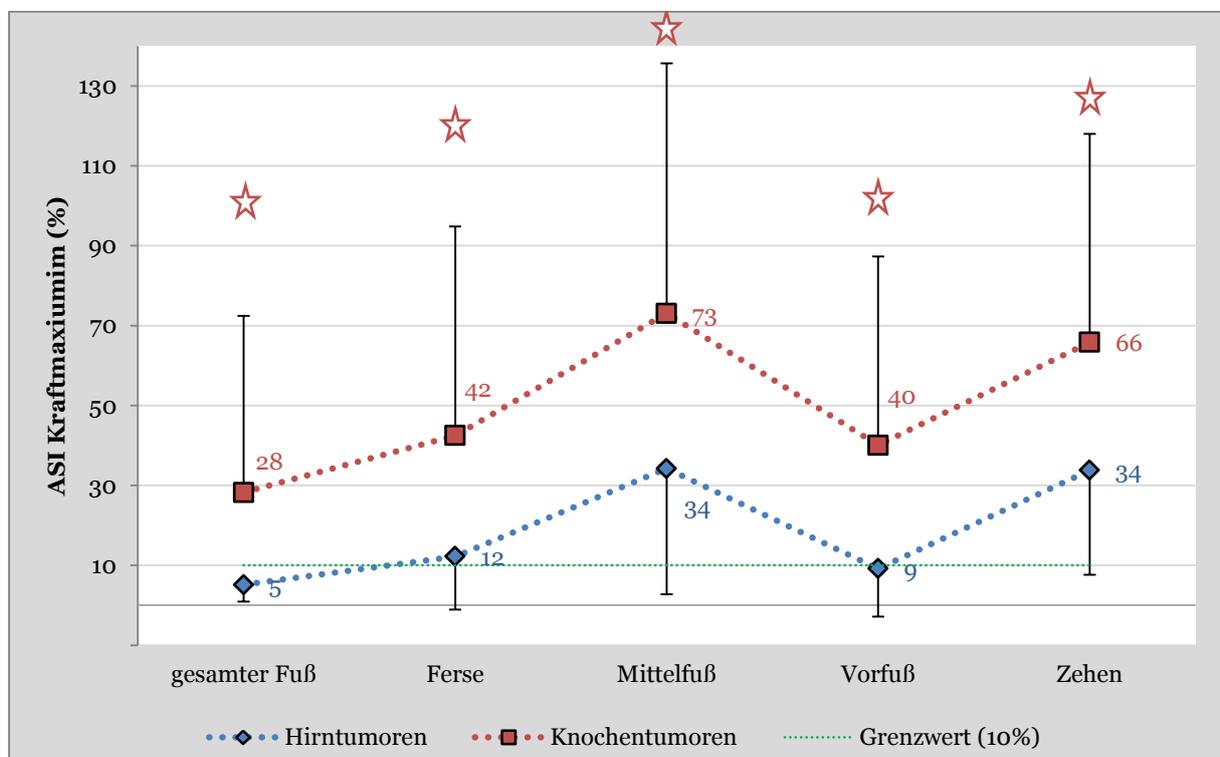


Abb. 23: Seitendifferenzen des Kraftmaximums differenziert nach Hauptdiagnosegruppe

Für den auf das Körpergewicht bezogenen Impuls (Kraft-Zeit-Integral, N*s in %Körpergewicht) wurden für den gesamten Fuß signifikant höhere Werte bei den Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten ermittelt (59,0% vs. 52,4%, $p=0,003$). In den einzelnen Fußregionen unterschieden sich lediglich die Werte im Vorfußbereich signifikant voneinander (Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten: 29,9% vs. Hirntumorpatienten: 26,8%, $p=0,039$). Erneut wurden größere Seitendifferenzen in sämtlichen Fußregionen bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten ermittelt ($p \leq 0,005$, Mann-Whitney U -Test).

Abb. 24 fasst die in der Eingangsmessung erfassten Seitendifferenzen zwischen den Hirntumor- und Knochentumor-/Weichteilsarkompatienten zusammen. Der höchste ASI wurden in beiden Gruppen beim Spitzendruck ermittelt. Bis auf die Kontaktzeit erreichten sämtliche Unterschiede statistische Signifikanz ($p < 0,05$, Wilcoxon-Test).

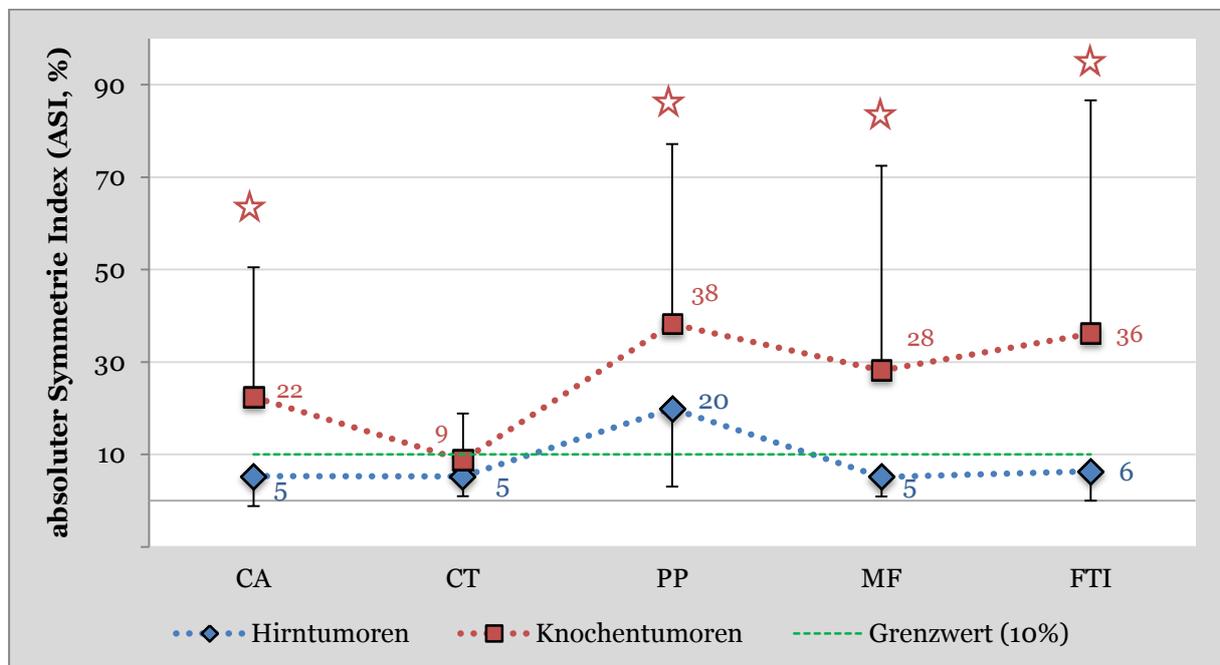


Abb. 24: Vergleich der Seitendifferenzen des gesamten Fußes in der Eingangsmessung zwischen den Hauptdiagnosegruppen

In der statistischen Analyse des Einbeinstands wurde das Alter der Patienten als Kovariate berücksichtigt. Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten konnten in der Eingangsmessung durchschnittlich 9,2 Sekunden im Einbeinstand stehen. Der Unterschied zu den Hirntumorpatienten mit durchschnittlich 8,3 Sekunden war nicht signifikant ($p=0,448$). Die Schwankung im Einbeinstand, gemessen anhand der zurückgelegten Strecke des Kraftangriffspunkts auf der Druckmessplattform, war mit durchschnittlich 5,7 cm/sek bei Knochentumorpatienten signifikant niedriger als bei den Hirntumorpatienten mit 7,4 cm/sek ($p=0,006$).

Beide Ergebnisse sprechen für eine höhere Stabilität im Einbeinstand und somit für eine bessere Gleichgewichtsfähigkeit der Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten im Vergleich zu den Hirntumorpatienten.

Welche Gruppe profitiert mehr oder weniger von der Maßnahme?

Im Rahmen der klinischen Ganganalyse konnten sich die Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten beim absoluten Symmetrie-Index durchgehend stärker verbessern. Ein signifikanter Gruppenunterschied wurde nur für die Variable „Seitendifferenz des maximalen Kniebeugewinkels“ ermittelt. Hier reduzierte sich die Seitendifferenz um 7,2% gegenüber einer Zunahme von 0,2% bei den Hirntumorpatienten ($p=0,018$).

Die Druckverteilungsergebnisse deuten ebenfalls auf Verbesserungen in beiden Hauptdiagnosegruppen hin, wobei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten in größerem Maße von der Rehabilitation profitierten. Die Seitendifferenzen des Kraftmaximums verringerten sich in dieser Gruppe für den gesamten Fuß um 6,6% gegenüber 0,8% bei den Hirntumorpatienten. Der einzige signifikante Gruppenunterschied wurde im Fersenbereich ermittelt. Hier reduzierten sich die Seitendifferenzen bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten um 13,4% gegenüber 0,9% bei Hirntumorpatienten ($p=0,017$).

Vergleichbare Ergebnisse wurden für die Seitendifferenzen des Kraft-Zeit-Integrals gefunden. Der ASI des gesamten Fußes reduzierte sich bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten um 6,1% und erhöhte sich bei den Hirntumorpatienten um 1,2%. Erneut wurde der einzige signifikante Gruppenunterschied im Fersenbereich ermittelt. Die Seitendifferenzen der Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten verringerten sich um 14,4% gegenüber einer Reduktion von 3,4% bei den Hirntumorpatienten ($p=0,039$).

Im Einbeinstand konnten beide Hauptdiagnosegruppen die Standdauer zwischen der Eingangs- und Abschlussmessung verbessern. Dabei erhöhte sich die Dauer bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten um durchschnittlich 1,5 Sekunden im Vergleich zu 0,8 Sekunden bei Hirntumorpatienten. Dieser Unterschied war nicht signifikant. Beide Gruppen wiesen zudem in der Abschlussmessung einen stabileren Einbeinstand auf. Die Schwankung (Geschwindigkeit des Kraftangriffspunkts) reduzierte sich bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten um 0,50 cm/sek, bei Hirntumorpatienten um 0,30 cm/sek. Auch dieser Gruppenunterschied wies keine statistische Signifikanz auf.

Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau – Hirntumoren

Hirntumorpatienten können sich erheblich in ihrem Gangbild voneinander unterscheiden. Insbesondere die Beteiligung des Kleinhirns kann eine ausgeprägte Ataxie hervorrufen. Um zunächst Patienten mit funktionellen Einschränkungen zu identifizieren und diese hinsichtlich der angestrebten Verbesserungen im Gangbild zu untersuchen, wurden die Ergebnisse aus der Untersuchung „Einbeinstand“ herangezogen.

Ausgehend von einer maximalen Einbeinstanddauer von 30 Sekunden (linke und rechte Seite addiert) wurden die Ergebnisse zum Gangbild derjenigen Patienten analysiert, deren gesamte Dauer im Einbeinstand (Summe aus Mittelwert rechter und Mittelwert linker Seite) bei <15 Sekunden in der Eingangsmessung lag, bzw. bei denen die Untersuchung des Einbeinstands nicht möglich war. Da sich die Gleichgewichtsfähigkeit mit zunehmendem Alter verbessert, ein Zusammenwirken der an der Standkontrolle beteiligten sensorischen Systeme erst mit etwa sieben Jahren erwartet werden kann [18], wurde diese Grenze in Anlehnung an CONDON et al. [33] für jüngere Patienten im Alter von 4-5 Jahren auf 10 Sekunden und für Patienten im Alter von 6-7 Jahren auf 12,5 Sekunden angepasst. Auf Basis dieser Differenzierung wurden 35 Hirntumorpatienten mit Gleichgewichtsdefiziten identifiziert. Das mittlere Alter lag bei 9,8 ($\pm 3,7$) Jahren und somit leicht unter dem Durchschnitt der gesamten Hirntumorpatientengruppe (10,3 Jahre).

In **Tab. 7** werden die Ergebnisse der klinischen Ganganalyse der Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau im Einbeinstand dargestellt. Abgesehen von einer signifikanten Zunahme des maximalen Kniegelenkwinkels in der Abschlussmessung zeigten sich keine relevanten Mittelwertunterschiede. Die Ergebnisse zur Gangsymmetrie sind in **Tab. 8** aufgeführt. Lediglich die Schrittlänge wies eine signifikante Reduktion der Asymmetrie auf. Für die restlichen Parameter finden sich mit Ausnahme des maximalen Kniegelenkwinkels leichte Symmetrieverbesserungen, wobei die Effekte im geringen bis moderaten Bereich liegen.

Gangparameter (n=32)	prä	post	MW-Diff	p
Kadenz (Schritte/min)	124	122	-1,75	0,454
Gesamte Standphase (% GZ)	64,6	65,3	+0,64	0,156
Schwungphase (% GZ)	35,4	34,7	-0,64	0,150
Monopedale Standphase (% GZ)	35,0	35,0	-0,03	0,930
Schrittlänge (cm)	50,2	50,2	0,0	0,995
Maximaler Kniegelenkwinkel (°)	59,8	62,1	+2,28	0,010

Tab. 7: Ergebnisse der klinischen Ganganalyse bei Hirntumorpatienten mit niedrigem Ausgangsniveau im Einbeinstand

ASI (%)	prä	post	MW-Diff	p	Cohen's d
Gesamte Standphase (% GZ)	4,0	3,1	-0,94	0,170	0,26
Schwungphase (% GZ)	7,3	5,7	-1,62	0,176	0,26
Monopedale Standphase (% GZ)	7,0	6,2	-0,74	0,419	0,16
Schrittlänge (cm)	6,2	3,1	-3,13	0,021	0,40
Maximaler Kniegelenkwinkel (°)	9,4	9,2	+0,24	0,868	0,04

Tab. 8: Veränderung der Seitendifferenzen in der klinischen Ganganalyse bei Hirntumorpatienten mit niedrigem Ausgangsniveau im Einbeinstand

Im Rahmen der Druckverteilungsmessung wurde bei den Hirntumorpatienten (n=35) mit niedrigem Ausgangsniveau im Einbeinstand für keine der untersuchten Variablen ein signifikanter Unterschied zwischen Eingangs- und Abschlussmessung gefunden. Auch die Analyse der vier Fußregionen wies keine signifikanten Unterschiede auf. Für den absoluten Symmetrie-Index wurden ebenfalls keine relevanten Unterschiede beobachtet.

Im Einbeinstand konnten sich die Hirntumorpatienten (n=24) hingegen verbessern. Die durchschnittliche Dauer im Einbeinstand stieg von eingangs 6,6 ($\pm 3,3$) Sekunden signifikant auf 10,1 ($\pm 8,0$) Sekunden in der Abschlussmessung ($p=0,016$; Cohen's $d=1,07$). Die Schwankung reduzierte sich hingegen von 9,2 ($\pm 1,7$) cm/sek auf 8,9 ($\pm 2,0$) cm/sek ($p=0,388$; Cohens's $d=0,20$), was insgesamt als Hinweis auf eine verbesserte Gleichgewichtsfähigkeit in dieser Patientengruppe zu deuten ist.

Patienten mit Knochentumoren und Weichteilsarkomen der unteren Extremität

Da die Tumorlokalisierung bei Knochen- und Weichteilsarkompatienten einen signifikanten Einfluss auf das Gangbild hat, werden abschließend die Ergebnisse für Patienten mit Tumoren im Bereich der unteren Extremität dargestellt. Von den 29 Patienten mit Knochentumoren oder Weichteilsarkomen im Bereich der unteren Extremität konnten neun Patienten die Ganganalyse nur mit Unterarmgehstützen absolvieren. Da die Unterarmgehstützen das Gangbild beeinflusst, werden im Folgenden die Ergebnisse zusätzlich gesondert für beide Untergruppen dargestellt.

Im Vergleich zur Eingangsmessung wiesen die Patienten am Ende der Rehabilitation eine vergleichbare Schrittfrequenz auf. Die durchschnittliche Kadenz erhöhte sich leicht von 97 auf 98 Schritte pro Minute (n.s.). Die Veränderungen der Gangparameter zwischen Eingangs- und Abschlussmessung sind in [Tab. 9](#) zusammenfassend dargestellt:

Klinische Ganganalyse	prä	post	MW-Diff	p [‡]	Cohen's d
Gesamte Stützphase					
% GZ	60,9	60,8	-0,04	0,959	
ASI (%)	13,0	11,8	-1,18	0,336	0,09
Schwungphase					
% GZ	39,1	39,2	+0,04	0,959	
ASI (%)	23,4	20,9	-2,50	0,192	0,13
Monopedale Standphase					
% GZ	31,1	31,6	+0,47	0,274	
ASI (%)	22,2	20,7	-1,52	0,299	0,08
Schrittlänge					
cm	53,3	55,4	+2,09	0,034	
ASI (%)	15,5	12,3	-3,22	0,070	0,24
Maximaler Kniebeugewinkel					
Grad (°)	49,4	53,3	+3,94	0,015	
ASI (%)	22,9	14,5	-8,41	0,028[†]	0,38

Tab. 9: Veränderung der Gangparameter der betroffenen Extremität in der klinischen Ganganalyse bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten (untere Extremität, n=29)

[‡] t-Test für abhängige Stichproben, [†] Wilcoxon-Test

Während die Dauer der Standphase nahezu unverändert blieb, erhöhte sich die monopedale Standphase um durchschnittlich 0,5%. Die durchschnittliche Schrittlänge und der maximale Kniebeugewinkel der betroffenen Extremität erhöhten sich statistisch signifikant (Tab. 9). Gleichzeitig reduzierten sich im Verlauf der Rehabilitation die Seitendifferenzen sämtlicher Gangparameter. Insgesamt wurden geringe bis mittlere Effekte ermittelt ($d=0,09-0,38$).

Die durchschnittliche Kadenz der Patienten ohne Unterarmgehstützen (n=20) reduzierte sich geringfügig von 117 auf 116 Schritte pro Minute (n.s.). Das Gangbild dieser Patienten verbesserte sich im Verlauf der Rehabilitation deutlich. Sowohl die gesamte Standphase (+0,8%), als auch die monopedale Standphase als Indikator der Stabilisierungsfähigkeit der betroffenen Extremität (+0,5%) verlängerten sich. Die Schrittlänge nahm auf der betroffenen Seite um 1,0 cm zu. Der einzige signifikante Unterschied zwischen Eingangs- und Abschlussmessung wurde für den maximalen Kniebeugewinkel auf der betroffenen Seite mit durchschnittlich 4,4° zusätzlicher Flexion ermittelt ($p=0,021$).

Gleichzeitig reduzierten sich die Seitendifferenzen (ASI) zwischen betroffener und nicht betroffener Extremität bei den Patienten ohne Unterarmgehstützen für sämtliche Gangparameter um durchschnittlich 2-10%. Dieser Unterschied war zwischen Eingangs- und Abschlussmessung für die Parameter gesamte Stützphase, Schwungphase und maximaler

Kniebeugewinkel statistisch signifikant ($p < 0,05$). Hierbei zeigten sich geringe ($d = 0,21$; monopedale Standphase) bis mittlere Effekte ($d = 0,41$; maximaler Kniebeugewinkel).

Die durchschnittliche Kadenz der Knochtumor- und Weichteilsarkompatienten, die in der Ganganalyse auf Unterarmgehstützen angewiesen waren ($n = 9$), erhöhte sich von eingangs 75 auf 80 Schritte pro Minute in der Abschlussmessung (n.s.). Während sich die Dauer der gesamten Standphase um 1,8% im Verlauf der Rehabilitation verringerte, erhöhte sich die monopedale Standphase um 0,4% (jeweils n.s.) Auffallend war die Zunahme der Seitendifferenzen (ASI) für alle drei Phasen des Gangzyklus um durchschnittlich +1,7% (monopedale Standphase) bis +2,6% (Schwungphase). Analog hierzu zeigten sich negative Effekte, die jedoch im klinisch unbedeutenden Bereich zwischen $-0,13 < d < -0,07$ lagen.

Die durchschnittliche Schrittlänge erhöhte sich auf der betroffenen Seite deutlich um 4,6 cm (n.s.). Der maximale Kniebeugewinkel hingegen erhöhte sich lediglich um durchschnittlich $+2,8^\circ$ (n.s.). Für beide Parameter wurden in der Abschlussmessung geringere Seitendifferenzen ermittelt (ASI Schrittlänge: $d = 0,22$, ASI Kniebeugewinkel: $d = 0,26$). Sämtliche Vergleiche zwischen Eingangs- und Abschlussmessung in der klinischen Ganganalyse bei Patienten mit Unterarmgehstützen wiesen keine statistische Signifikanz auf ($p > 0,05$).

Im Vergleich zwischen Patienten mit und ohne Unterarmgehstützen wiesen Patienten mit Unterarmgehstützen in der Eingangsmessung eine signifikant geringere durchschnittliche Kadenz auf ($p < 0,001$). Sowohl die monopedale Standphase ($p = 0,015$) als auch die Schrittlänge ($p = 0,037$) waren auf der betroffenen Seite im Vergleich zu den Werten der Patienten ohne Unterarmgehstützen signifikant verringert. Darüber hinaus wurden in allen Gangparametern größere Seitendifferenzen bei den Patienten mit Unterarmgehstützen beobachtet. Bis auf den ASI des maximalen Kniebeugewinkels waren die Unterschiede zwischen beiden Gruppen durchweg statistisch signifikant ($p < 0,05$).

Im Hinblick auf die angestrebte Entwicklung des Gangbilds im Verlauf der Rehabilitation konnte für keinen Parameter der klinischen Ganganalyse ein signifikanter Unterschied zwischen Patienten mit und Patienten ohne Unterarmgehstützen ermittelt werden.

In der Eingangsmessung unterschied sich die Schrittabwicklung zwischen betroffener und nicht betroffener Seite erheblich. Die im Rahmen der Druckverteilungsmessung ermittelten Unterschiede werden für den gesamten Fuß in [Tab. 10](#) und für die einzelnen Fußregionen grafisch in [Abb. 25](#) dargestellt. In der Abbildung indiziert ein nach unten gerichteter Pfeil einen geringeren Wert auf der Seite der betroffenen Extremität.

Die unterschiedliche Belastung beider Füße ist deutlich zu erkennen. Zwischen betroffener und nicht betroffener Seite ergab sich lediglich für den Spitzendruck trotz großer Seitendifferenzen von 25% kein statistisch signifikanter Unterschied.

Gesamter Fuß	betroffen	nicht-betroffen	prozentuale Seitendifferenz	p
Kontaktfläche (cm ²)	85,8	108,0	-20,5	<0,001
Kontaktzeit (ms)	835	919	-9,1	0,006
Spitzendruck (kPa)	455	607	-25,0	0,242
Kraftmaximum (N, %KG)	87,6	117,3	-25,3	0,022
Impuls (N*s, %KG)	47,0	75,0	-37,3	<0,001

Tab. 10: Vergleich der Parameter der Druckverteilungsmessung zwischen betroffener und nicht betroffener Extremität zu Beginn der Rehabilitation bei Patienten mit Knochentumoren und Weichteilsarkomen im Bereich der unteren Extremität (n=27)

(%KG = in Prozent des Körpergewichts)

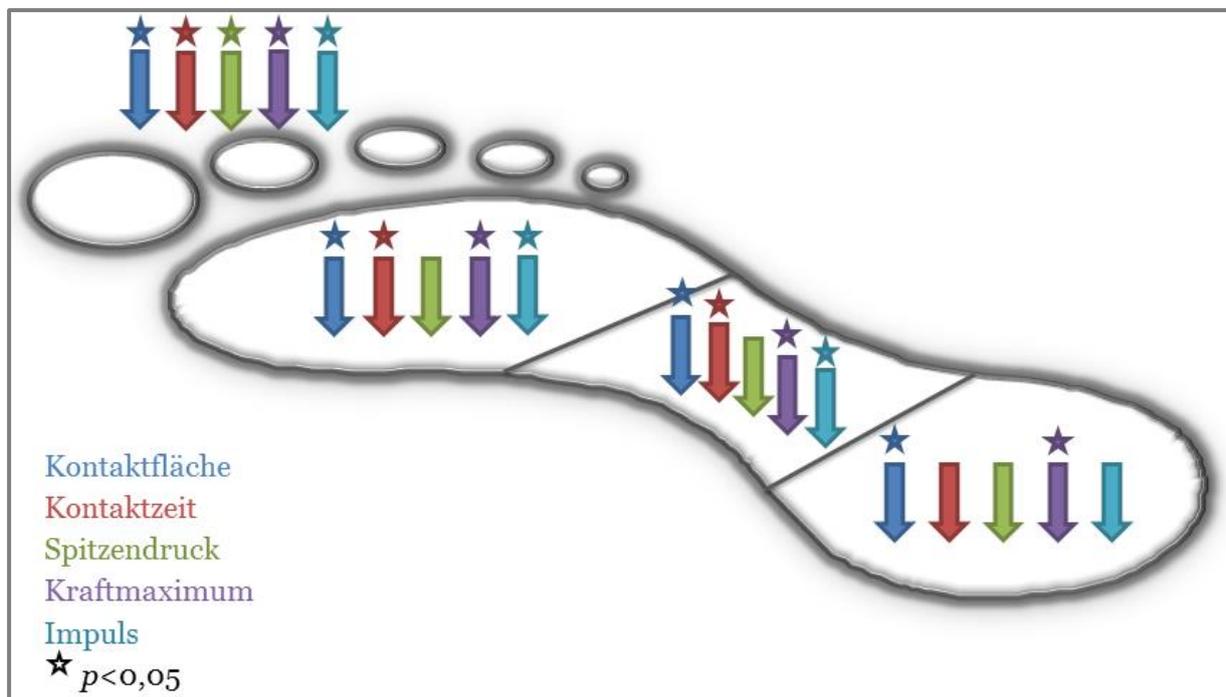


Abb. 25: Vergleich der Parameter der Druckverteilungsmessung zwischen betroffener und nicht betroffener Extremität zu Beginn der Rehabilitation in den vier Fußregionen bei Patienten mit Knochentumoren und Weichteilsarkomen im Bereich der unteren Extremität (n=27)

Abb. 26 fasst die Veränderung in den vier Fußregionen der betroffenen Extremität zwischen Eingangs- und Abschlussmessung zusammen. Ein nach oben gerichteter Pfeil indiziert einen

in der Abschlussmessung höheren Wert. Ein quer verlaufender Pfeil deutet darauf hin, dass sich zwischen beiden Messzeitpunkten keine relevanten Unterschiede ergeben haben.

Auffällig ist, dass sich lediglich im Bereich der Ferse signifikante Veränderungen im Sinne einer zunehmenden Belastung des Rückfußes bei der Schrittabwicklung ergeben haben. Auch im Mittelfußbereich ist eine erhöhte Belastung erkennbar, jedoch fallen die Unterschiede zur Eingangsmessung hier geringer und durchweg nicht signifikant aus. Im Vorfußbereich hingegen haben sich keine relevanten Unterschiede im Verlauf der Rehabilitation ergeben.

In Tab. 11 sind die Messungen der Patienten separat dargestellt, die die Druckverteilungsmessung mit bzw. ohne Unterarmgehstützen absolvierten. Die Auswertung beschränkt sich der Übersicht halber auf den gesamten Fuß und auf den Fersenbereich, in dem die größten Veränderungen im Verlauf der Rehabilitation stattgefunden haben. Hierbei fällt auf, dass die größten Anpassungen bei den Patienten zu erkennen sind, die in den Messungen auf die Unterarmgehstützen angewiesen waren:

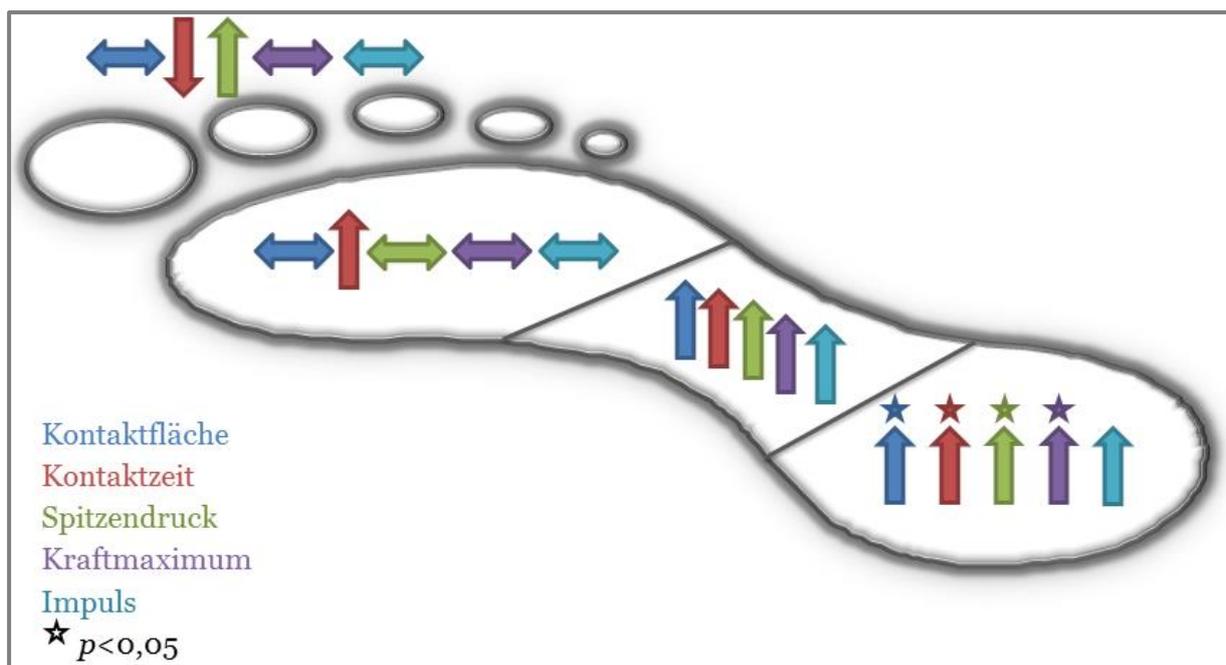


Abb. 26: Veränderung der Parameter der Druckverteilungsmessung zwischen Eingangs- und Abschlussmessung in den vier Fußregionen bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten mit Tumoren im Bereich der unteren Extremität

Ergebnisse dargestellt für die betroffene Extremität

Betroffene Seite	Patienten ohne UAGST			Patienten mit UAGST		
	prä	post	p	prä	post	p
Gesamter Fuß						
Kontaktfläche (cm ²)	89,7	90,0	0,667	75,3	81,2	0,211
Kontaktzeit (ms)	765	804	0,321	1023	952	0,499
Spitzendruck (kPa)	527	517	0,776	258	309	0,309
Kraftmaximum (N, %KG)	101	105	0,299	50,1	57,7	0,086
Impuls (N*s, %KG)	52,8	56,8	0,207	31,3	33,9	0,434
Rückfuß / Ferse						
Kontaktfläche (cm ²)	24,9	25,6	0,125	18,8	21,9	0,051
Kontaktzeit (ms, %GZ)	58,6	61,1	0,109	36,6	43,1	0,138
Spitzendruck (kPa)	360	403	0,044	120	183	0,030
Kraftmaximum (N, %KG)	63,5	69,5	0,164	24,7	36,4	0,037
Impuls (N*s, %KG)	18,4	22,5	0,198	9,0	13,6	0,218

Tab. 11: Vergleich von Patienten mit und ohne Unterarmgehstützen (UAGST): Veränderung der Variablen der Druckverteilungsmessung zwischen Eingangs- und Abschlussmessung

Abschließend werden die Ergebnisse des Einbeinstands auf der Druckmessplatte dargestellt. Hierbei wird zwischen der betroffenen und der nicht betroffenen Extremität unterschieden:

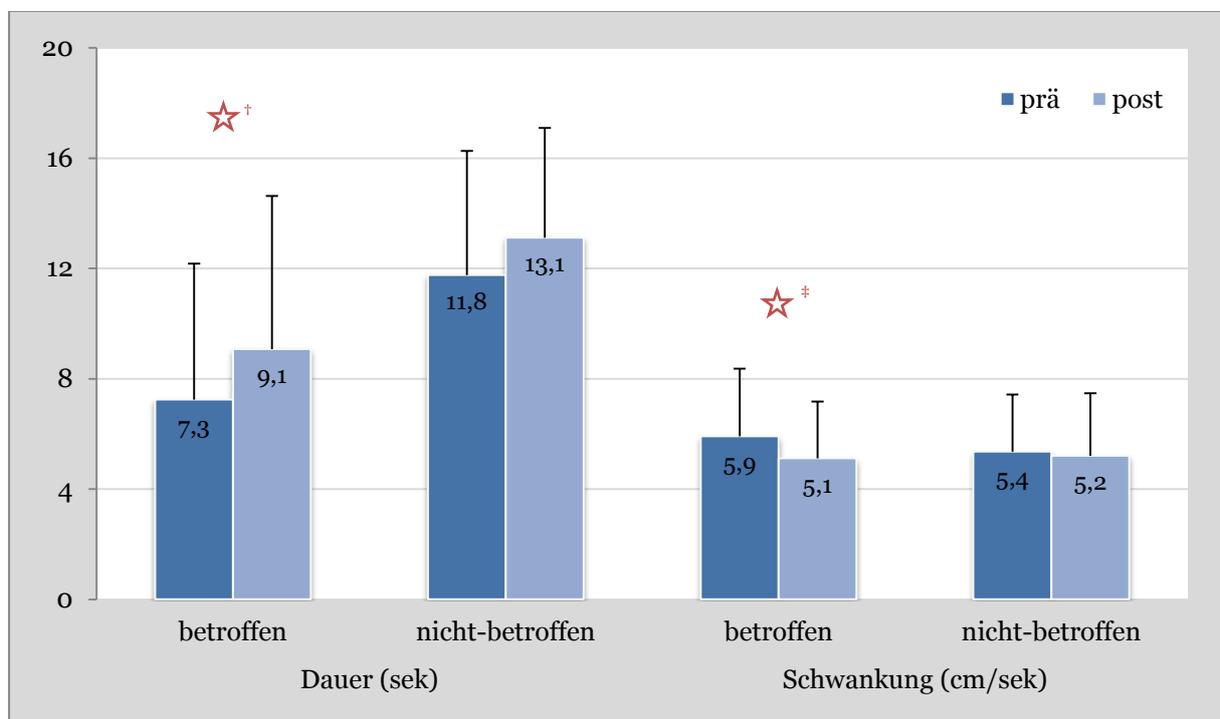


Abb. 27: Vergleich der Gleichgewichtsfähigkeit bei Patienten mit Knochentumoren und Weichteilsarkomen der unteren Extremität zwischen Eingangs- und Abschlussmessung

(betroffene Extremität n=17, nicht betroffene Extremität n=20)

★ signifikanter Unterschied, † t-Test nach Wurzeltransformation p=0,023, * t-Test p=0,028

Die Patienten konnten ihre Gleichgewichtsfähigkeit im Verlauf der Rehabilitation deutlich steigern. Dabei erhöhte sich die Standdauer auf der betroffenen Seite signifikant (Cohen's $d=0,37$). Zudem reduzierte sich die Schwankung ebenfalls signifikant ($d=0,33$). Auch auf der nicht betroffenen Seite wurden positive Effekte erzielt. Die Patienten standen in der Abschlussmessung länger ($d=0,30$) und etwas stabiler ($d=0,07$) auf einem Bein.

Diskussion

Frage 1:

Verbessert sich das Gangbild von onkologisch erkrankten Kindern und Jugendlichen während des vierwöchigen stationären Rehabilitationsaufenthalts und direkt danach?

In den einzelnen Gangphasen der klinischen Ganganalyse zeigten sich keine relevanten Veränderungen im Verlauf der Rehabilitation. Während die Schrittlänge lediglich leicht anstieg, erwies sich die Zunahme des maximalen Kniebeugewinkels als statistisch signifikant. Gleichzeitig verbesserte sich die Gangsymmetrie in sämtlichen Gangparametern.

Die Ergebnisse der Druckverteilungsmessung deuten in der Abschlussmessung auf eine Reduzierung der Seitendifferenzen hin. Höhere Bodenreaktionskräfte finden sich insbesondere im Fersenbereich, so dass sich die gesamte Schrittabwicklung insgesamt leicht verbessert hat.

Die deutlichsten Veränderungen zeigten sich im Einbeinstand zur Beurteilung der Gleichgewichtsfähigkeit. Die Patienten konnten am Ende ihrer Rehabilitation signifikant länger und stabiler auf einem Bein stehen.

Der Normwert für die prozentuale Dauer der Standphase innerhalb eines Gangzyklus liegt bei 60%. Weicht die Dauer der gesamten Standphase von dem Normwert ab, ist dies nicht gleichbedeutend mit einem unphysiologischen Gangbild, da die Dauer der einzelnen Phasen innerhalb eines Gangzyklus mit dem Gangtempo variiert. Bei langsamer Gehgeschwindigkeit sind die monopedale Standphase und die Schwungphase verkürzt und die Dauer der gesamten Standphase erhöht [117].

DIXON et al. erfassten in einer aktuellen Studie die Kadenz von Kindern und Jugendlichen im Alter zwischen drei und 16 Jahren bei selbst gewählter Geschwindigkeit [41]. Hier zeigte sich

ein umgekehrt proportionales Verhältnis zwischen Kadenz und Alter: die jüngsten Kinder (drei bis vier Jahre) erreichten 176 Schritte pro Minute, die ältesten (15-16 Jahre) absolvierten durchschnittlich 117 Schritte pro Minute.

Mit einer durchschnittlichen Kadenz von 117 Schritten pro Minute in der Eingangsmessung und 115 Schritten pro Minute in der Abschlussmessung ist das Gangtempo der Patienten insgesamt als vergleichsweise langsam anzusehen. Das reduzierte Gangtempo kann neben einer Gangunsicherheit eine Erklärung für die Abweichung von der Norm in den Unterphasen des Gangzyklus mit einer durchschnittlichen Dauer von 64,5% für die gesamte und 35,5% für die monopedale Standphase und Schwungphase sein (Abb. 16). Eine Verbesserung des Gangbilds anhand dieser Parameter ist bei gleichbleibender Gehgeschwindigkeit in der Abschlussmessung kaum zu erwarten und konnte in den Ergebnissen nicht demonstriert werden.

Andererseits konnte kein Einfluss der Rehabilitation auf die Steigerung der Kadenz nachgewiesen werden. Die Ergebnisse deuten auch in der Abschlussmessung auf eine signifikant reduzierte Schrittfrequenz im Vergleich zu altersentsprechenden Vergleichswerten hin. Diese wurde in früheren Untersuchungen bei Patienten mit Hirntumoren [46] und Knochentumoren der unteren Extremität [10] beschrieben und könnte Ausdruck von über die Rehabilitation hinaus bestehenden Einschränkungen wie beispielsweise Schmerzen, Gleichgewichts- oder Stabilisierungsdefizite sein.

Die Erfassung der Symmetrie kann hilfreich sein, wenn die Koordination zwischen der linken und rechten Beinseite erfasst und mögliche Kompensationsmechanismen aufgedeckt werden sollen [31]. Die zusätzliche Erfassung der Gangsymmetrie kann insbesondere bei großen Datenmengen von Patienten mit sehr unterschiedlichen Einschränkungen, wie es bei Hirn- und Knochentumorpatienten der Fall ist, hilfreich sein, diese Abweichungen im Gangbild messbar zu machen. Im Verlauf der Rehabilitation konnten positive Anpassungen im Gangbild hinsichtlich der Symmetrie zwischen linker und rechter Seite nachgewiesen werden. Die Abnahme der Seitendifferenzen der gesamten Standphase und der Schwungphase waren statistisch signifikant (Abb. 17). Dies kann als verbessertes Gangbild im Sinne einer Harmonisierung und einer verbesserten Koordination der Extremitäten gewertet werden.

Einschränkend muss erwähnt werden, dass sich der absolute Symmetrie-Index (ASI) der monopedalen Standphase als bestem Indikator der Stützfähigkeit der unteren Extremität lediglich um 0,8% reduzierte (nicht signifikant). Angesichts der Tatsache, dass bereits zu Beginn der Rehabilitation der durchschnittliche ASI in den drei Gangphasen unter 10% lag, ein Wert, der im Bereich der Ganganalyse als akzeptabel angesehen wird [51], ist eine

weitere, teils signifikante Reduzierung des ASI als positives Ergebnis der rehabilitativen Maßnahmen zu werten.

Neben einer reduzierten Schrittfrequenz wurde sowohl bei Patienten mit Knochentumoren der unteren Extremität [10,65,104] als auch bei Hirntumorpatienten [46,62] eine deutlich geringere Schrittlänge im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen bzw. zur kontralateralen, nicht betroffenen Seite beschrieben. Die durchschnittliche Schrittlänge nahm im Verlauf der Rehabilitation leicht zu. Die Schrittlänge wird u.a. von der Gehgeschwindigkeit beeinflusst [94]. Da die Schrittfrequenz in der Abschlussmessung im Vergleich zur Eingangsmessung nicht höher, sondern reduziert war, ist diese Zunahme der Schrittlänge nicht durch ein verändertes Gangtempo erklärbar, sondern vielmehr als tatsächliche Verbesserung des Gangbilds zu interpretieren. Dieses Ergebnis deckt sich mit dem in der Abschlussmessung signifikant reduzierten ASI, der darauf hindeutet, dass sich die Schrittlängen beider Seiten angenähert haben, was ebenfalls auf ein harmonischeres Gangbild hinweist.

Der maximale Kniebeugewinkel erhöhte sich im Verlauf der Rehabilitation signifikant um durchschnittlich $1,8^\circ$. Mit durchschnittlich $57,7^\circ$ in der Eingangsmessung liegt der Wert im Normbereich [99] und ist vergleichbar mit den bei Hirntumorpatienten erhobenen Werten von $56,7^\circ$ bzw. $54,4^\circ$ bei Mädchen und Jungen im Alter von 6-17 Jahren mit bzw. ohne Gleichgewichtseinschränkungen. Lediglich der im Vergleich zu den anderen Gangparametern hohe ASI von 12,4% ist ein Hinweis auf mögliche Beeinträchtigungen im Gangbild (Abb. 19). Aufgrund der einseitigen tumorchirurgischen Eingriffe bei Tumoren im Bereich des Kniegelenks ist davon auszugehen, dass die beobachteten Defizite vor allem auf den Funktionseinschränkungen der Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten beruhen.

Im Rahmen der Druckverteilungsmessung wurden die Parameter Kontaktfläche, Bodenkontaktzeit, Spitzendruck, Kraftmaximum und Impuls im gesamten Fuß, sowie in den vier Regionen Ferse, Mittelfuß, Ballen und Zehen erhoben. Ausgehend von der Analyse der gesamten Stichprobe zeigten sich keine nennenswerten Änderungen im Verlauf der Rehabilitation. Die beiden einzigen signifikanten Unterschiede bestanden in einer in der Abschlussmessung größeren Kontaktfläche der Ferse und einem erhöhten Kraftmaximum im Bereich des Fußballens (Vorfuß). Auch wenn die restlichen Vergleiche keine statistische Signifikanz aufweisen, lässt sich insgesamt zumindest eine leichte Zunahme der Bodenreaktionskräfte belegen. Diese zeigen sich vornehmlich im Bereich der Ferse und des Ballens. In diesen Bereichen zeigen sich unter physiologischen Bedingungen die beiden Kraftspitzen bei der Schrittabwicklung, wobei der erste Peak dem Fersenaufsatz auf dem Boden und der zweite Peak dem Abstoß vom Vorfuß entspricht.

Teilweise sehr hohe Seitendifferenzen oberhalb des Grenzwerts von 10% wurden in den unterschiedlichen Fußregionen ermittelt. Besonders große Seitendifferenzen zeigten sich im Bereich des Mittelfußes und der Zehen. Zur Abschlussmessung reduzierten sich die Seitendifferenzen (ASI) zwischen linkem und rechtem Fuß für die Parameter Kontaktfläche, Maximalkraft und Impuls (Abb. 21).

In den vier Fußregionen wurden für sämtliche Parameter geringere Seitendifferenzen in der Abschlussmessung erhoben (Tab. 6). Einzige Ausnahme stellt die Kontaktzeit der Zehen dar: hier erhöhte sich der ASI um 2,4%. Die damit einhergehende Zunahme der Symmetrie zwischen linkem und rechtem Fuß fällt in den Regionen Mittelfuß, Ballen und Zehen nur gering aus. Im Fersenbereich hingegen ergeben sich in der Abschlussmessung signifikant geringere Seitendifferenzen im Vergleich zur Eingangsmessung (Kraftmaximum, Spitzendruck und Impuls).

Einschränkend muss erwähnt werden, dass der ASI keinen Hinweis über den Grad der Abweichung von der Norm liefert. Die linke und rechte Seite können ein gleichermaßen unphysiologisches Gangbild aufweisen und somit trotz bestehender Abweichungen auf beiden Seiten im ASI symmetrisch erscheinen [31,109].

Bei der Beurteilung des Gleichgewichts im Einbeinstand auf der Druckmessplatte handelt es sich nicht um ein ganganalytisches Verfahren zur Beurteilung des Gangbilds. Vielmehr wurde dieser Test aufgrund der beschriebenen Defizite in der Balance als Folge einer Knochen- oder Hirntumorerkrankung [63,100,116,134] in die Untersuchung aufgenommen. Es fällt zu diesem Zeitpunkt schwer, die Ergebnisse einzuordnen, da bisher keine Längsschnittstudien zur Gleichgewichtsfähigkeit als Endpunkt beispielsweise nach einer stationären Rehabilitation oder bewegungstherapeutischen Intervention durchgeführt wurden (vergleiche hierzu auch [9,20]). Die vorliegenden Ergebnisse belegen ein verbessertes Gleichgewicht am Ende der Rehabilitation. Die Patienten konnten durchschnittlich eine Sekunde länger auf einem Bein stehen. Gleichzeitig reduzierte sich die Geschwindigkeit des Kraftangriffspunkts auf der Messplattform, was einen stabileren Stand anzeigt.

Frage 2:

Unterscheiden sich die Diagnosegruppen im Gangbild und welche Gruppe profitiert mehr oder weniger von der Maßnahme?

Die klinische Ganganalyse und die Druckverteilungsmessung offenbarten größere Gangstörungen bei Patienten mit Knochentumoren und Weichteilsarkomen der unteren Extremität. Ihr Gangbild ist durch eine niedrigere Schrittfrequenz, signifikant geringere Bodenreaktionskräfte im Fersen- und Vorfußbereich sowie größere intraindividuelle Seitendifferenzen bei der Schrittabwicklung gekennzeichnet. Im Einbeinstand wiesen Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten eine bessere Gleichgewichtsfähigkeit mit längerer Standdauer und höherer Stabilität auf.

Die Ergebnisse der klinischen Ganganalyse, Druckverteilungsmessung und des Einbeinstands deuten darauf hin, dass Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten in stärkerem Maße von der Rehabilitation profitieren.

In der **klinischen Ganganalyse** lag die Kadenz der Hirntumorpatienten mit 119 Schritten pro Minute deutlich unter der von DIXON et al. [41] bei gleichaltrigen gesunden Kindern erhobenen Frequenz von 138 Schritten pro Minute. Gleichzeitig finden sich in der Literatur bei Hirntumorpatienten vergleichbare Werte: In der Studie von FIORILLO et al. [46] betrug die durchschnittliche Schrittfrequenz von Patienten ohne neurologische Störungen 123 Schritte pro Minute, ebenso wie die Kadenz von Patienten mit Gleichgewichtsdefizit [127]. Somit kann die Schrittfrequenz der Patienten in der vorliegenden Studie als vergleichsweise gering angesehen werden, wenn Werte gleichaltriger gesunder Kinder herangezogen werden. Jedoch scheinen sie im Vergleich mit Hirntumorpatienten im Kindes- und Jugendalter dem Krankheitsbild entsprechend zu sein.

Nach Einschluss der Kovariate Kadenz zeigte sich zwischen beiden Patientengruppen in den drei Phasen des Gangzyklus (gesamte und monopedale Standphase, Schwungphase) kein Unterschied. Hirntumorpatienten wiesen mit 64% im Vergleich zur Norm (60%) sowie im Vergleich zu Hirntumorpatienten im Alter von 6-17 Jahren [127] mit Gleichgewichtsstörungen (62,3±4,9%) und ohne Gleichgewichtsdefizit (60,3±1,5%) eine jeweils verlängerte Stützphase auf. Eine Analyse der Patienten mit einer längeren Standphase von >65% (n=18, Durchschnittsalter 9,6 Jahre) ergab eine im Gruppenvergleich unterdurchschnittliche Gleichgewichtsfähigkeit mit einer Standdauer von 6,3 von 15 möglichen Sekunden und einer Schwankung von 8,3 cm/sek, während die

Ganganalyseparameter Kadenz (121 Schritte pro Minute), monopedale Standphase (39% des Gangzyklus) und Schrittlänge (normierte Doppelschrittlänge 0,71) unauffällig waren. Daher ist anzunehmen, dass die verlängerte Stützphase mit dem Gleichgewichtsdefizit der Hirntumorpatienten zusammenhängt, die auf diese Weise – bewusst oder unbewusst – die für die Fortbewegung notwendige Stabilität zu erhöhen versuchen. Ein weiterer Zusammenhang ergibt sich aus der vergleichsweise geringen Kadenz, die mit einer verlängerten Stützphase einhergeht [99].

SYCZEWSKA et al. [127] untersuchten das Gangbild und die Gleichgewichtsfähigkeit von Hirntumorpatienten im Alter von 6-17 Jahren. Die Autoren konnten nachweisen, dass sich das Gangbild der Hirntumorpatienten mit Gleichgewichtsdefizit vom Gangbild der Patienten ohne Gleichgewichtseinschränkungen unterscheidet. Sie berichteten von einer verstärkten Außenrotation im Hüftgelenk in Kombination mit einer größeren Spurbreite. Beide Gangparameter konnten mit dem Messsystem der vorliegenden Studie nicht beurteilt werden. Insofern ist es möglich, dass Einschränkungen im Gangbild von Hirntumorpatienten bestehen, die hier nicht erfasst werden konnten.

Bei Patienten mit Knochentumoren und Weichteilsarkomen wurden im Vergleich mit Hirntumorpatienten in allen Parametern der klinischen Ganganalyse und der Druckverteilungsmessung größere Seitendifferenzen gemessen, da überwiegend Patienten mit betroffener unteren Extremität untersucht wurden. Diese Patienten, deren Lokalthherapie in der Regel aus einem tumorchirurgischen Eingriff mit endoprothetischer Versorgung besteht, zeigen zwischen betroffener und nicht betroffener Extremität große Unterschiede im Gangbild. So wurden Ergebnisse früherer Untersuchungen bestätigt, in denen bei Patienten mit Knochentumoren der unteren Extremität neben einer geringeren Kadenz – als Indikator für die funktionelle Gehfähigkeit – auf der betroffenen Seite verkürzte Stützphasen und Schrittlängen [10,28,38,40,104] gemessen wurden.

Methodisch differenzierter untersuchten OCHS et al. [94] Patienten ganganalytisch nach tumorendoprothetischer Versorgung des distalen Femurs und der proximalen Tibia. Die monopedale Standphase betrug bei Patienten mit Tumoren des distalen Femurs 33,6% gegenüber 34,8% der kontralateralen, gesunden Seite. Dieser Wert war bei den Patienten mit Tumoren der proximalen Tibia mit 30,0% auf der betroffenen und 32,1% auf der gesunden Seite nochmals geringer und entspricht den Werten der Patienten in der vorliegenden Untersuchung (31,1%, vgl. Tab. 9). Die verkürzte einbeinige Stützphase auf der betroffenen Seite deutet auf eine verminderte Lastaufnahme hin, die sich auch in den Ergebnissen der Druckverteilungsmessung widerspiegelt: eine verkürzte Bodenkontaktzeit, ein reduzierter Spitzendruck und ein geringerer Impuls auf der operierten Beinseite (vgl. Abb. 25), die auch in einer früheren Studie von TSUBOYAMA et al. [129] mit 20 Knochentumorpatienten des

distalen Femurs im Alter zwischen 9 und 68 Jahren ermittelt wurden, stellen eine Form der Kompensation dar, um das operierte Bein „zu schützen“.

Für eine angemessene Lastaufnahme müssen Patienten über ein ausreichendes Kraftniveau in der unteren Extremität und im Rumpfbereich verfügen, um bei der Schrittabwicklung Stabilität im Knie- und Hüftgelenk zu erzeugen. Das belegen Untersuchungen, die positive Zusammenhänge zwischen dem Kraft-Zeit-Integral und der Kraft der Knieextensoren [129], sowie zwischen der Kraft der Hüftabduktoren und der Gangsymmetrie [10,65] aufzeigten. Patienten scheinen nach extremitätenerhaltender, tumorendoprothetischer Versorgung den Mangel an Stabilität, der mit der Resektion von Muskelgewebe sowie Narbenbildung und postoperativer Inaktivität einhergeht [54,57,141], mit der oben beschriebenen verminderten Lastaufnahme zu kompensieren.

Für die Wiederherstellung des Gangbilds ist ein hohes Maß an physiologischer Belastung auf der betroffenen Seite notwendig, um Asymmetrien und hierdurch verursachte Folgekomplikationen aufgrund einer Überbeanspruchung der gesunden Seite zu vermeiden. Hier kommt der Wiederherstellung eines adäquaten Kraftniveaus der knie- und hüftgelenkumgreifenden Muskulatur in der Rehabilitation eines Knochentumors oder Weichteilsarkoms der unteren Extremität eine zentrale Bedeutung zu [10,28,95].

Neben der Verbesserung der Kräfteverhältnisse des operierten Beins ist auch die Wiederherstellung der Gelenkbeweglichkeit und der Koordination von großer Bedeutung für die Rehabilitation nach Tumorerkrankungen der unteren Extremität. Ein reduziertes Bewegungsausmaß im Kniegelenk der betroffenen Seite wurde bereits in früheren Studien nachgewiesen [11,29,104]. Auf der betroffenen Seite wurden bei Patienten mit Tumoren der unteren Extremität ein maximaler Kniebeugewinkel von durchschnittlich 49° im Vergleich zu 60° Flexion bei den Hirntumorpatienten gemessen. Die Normwerte liegen bei 55° - 65° [99]. Die Steigerung des maximalen Kniebeugewinkels auf 53° in der Abschlussmessung deutet auf eine verbesserte Gelenkbeweglichkeit der betroffenen Beinseite hin.

Zusammenfassend belegen die Ergebnisse der Abschlussmessung der klinischen Ganganalyse insbesondere bei Patienten mit Knochentumoren und Weichteilsarkomen der unteren Extremität den Erfolg der vierwöchigen stationären Rehabilitation.

Die Kombination aus verlängerter monopodaler Standphase, einer signifikanten Zunahme der Schrittlänge und des maximalen Kniebeugewinkels auf der betroffenen Seite, ebenso wie eine deutliche Erhöhung der Bodenreaktionskräfte im Fersenbereich lassen auf eine Zunahme der Kraftfähigkeiten und auch der Beweglichkeit der betroffenen Beinseite schließen. Die in der klinischen Ganganalyse und Druckverteilungsmessung beobachtete Zunahme der Gangsymmetrie stützt dieses Resultat.

Kinder benötigen mehr als fünf bis sechs Jahre Geherfahrung, um ein gleichmäßiges, von wenig Variabilität geprägtes Gangmuster zu entwickeln [17,22]. Da das Gangbild von Kindern durch eine größere Variabilität aufgrund der im Vergleich zu Jugendlichen geringeren Gleichgewichtsfähigkeit, Bewegungskontrolle und Muskelkraft sowie Bewegungserfahrung charakterisiert ist, wäre ein Zusammenhang zwischen den Variablen der Gleichgewichtsfähigkeit (Standdauer, Schwankung) und den Seitendifferenzen der **Druckverteilungsmessung (ASI)** zu vermuten gewesen. Derartige Korrelationen konnten jedoch nicht nachgewiesen werden. Auch das Alter der Patienten wies keinen Zusammenhang mit der Höhe der Seitendifferenzen in der Schrittabwicklung auf.

Dieser Zusammenhang wurde bereits in einer früheren Untersuchung von BOSCH & ROSENBAUM bei gesunden Kindern nachgewiesen [19]. In dieser Studie wurden Kinder in den ersten vier Jahren selbständigen Gehens (mittleres Alter: 15-63 Monate) hinsichtlich ihrer Gangsymmetrie untersucht. Obwohl die Probanden der Untersuchung deutlich jünger waren als die Patienten der hier vorliegenden Studie, wurden geringere Seitendifferenzen ermittelt, die mit Ausnahme des Spitzendrucks ab einem Alter von vier Jahren allesamt unter 10% lagen.

Wenn die vorliegenden Ergebnisse differenziert für beide Hauptdiagnosegruppen analysiert werden, wird deutlich, dass die hohen ASI-Werte durch die großen intraindividuellen Unterschiede zwischen betroffener und nicht betroffener Extremität der Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten hervorgerufen werden. Die Seitendifferenzen der Hirntumorpatienten liegen mit Ausnahme des Spitzendrucks unter 6% und stimmen mit den Ergebnissen von BOSCH & ROSENBAUM bei gesunden Kindern überein. Da auch im Erwachsenenalter keine vollständige Symmetrie erreicht wird [136] und eine Seitendifferenz von bis zu 10% als physiologisch angesehen wird [51], sind die ASI Ergebnisse der Hirntumorpatienten insgesamt als unauffällig zu bewerten, während die Reduzierung der Seitendifferenzen bei den Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten auf eine verbesserte Gangsymmetrie hinweist.

Die **Gleichgewichtsfähigkeit** im Einbeinstand korreliert mit dem Alter der Patienten. Da die Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten durchschnittlich drei Jahre älter als die Hirntumorpatienten waren, wurde das Alter der Patienten als Kovariate in den statistischen Analysen des Einbeinstands berücksichtigt. Dennoch zeigte sich ein Unterschied zwischen beiden Patientengruppen, wobei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten länger und stabiler auf einem Bein standen.

Gleichgewichtsdefizite wurde in der Literatur für beide Patientengruppen beschrieben: Knochentumoren müssen sich nach einem extremitätenerhaltenden tumorchirurgischen

Eingriff an der unteren Extremität erst an die entstandene Asymmetrie insbesondere aufgrund veränderter muskulärer Verhältnisse gewöhnen, so dass sich deutliche Einschränkungen nicht nur im Gangbild, sondern auch in der Gleichgewichtsfähigkeit beobachten lassen [37-40]. Auch bei Hirntumorpatienten konnten Gleichgewichtsdefizite mit laborbasierten Messmethoden nachgewiesen werden [61-63,100,116,138].

Voraussetzung der Gleichgewichtsfähigkeit sind das ordnungsgemäße Funktionieren und Zusammenspiel von visuellem, somatosensorischem und vestibulärem System [18]. Die Therapie eines Hirntumors mit Tumorresektion, Bestrahlung oder chemotherapeutischen Medikamenten kann diese Systeme negativ beeinflussen. Insbesondere eine Beteiligung des Kleinhirns als Zentrum der Bewegungskoordination und des Gleichgewichts kann zu gravierenden motorischen Einschränkungen führen [83-85]. Obwohl die größeren Abweichungen in der klinischen Ganganalyse und in der Druckverteilungsmessung bei den Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten erfasst wurden, wiesen die Hirntumorpatienten eine geringere Gleichgewichtsfähigkeit auf. Darüber hinaus konnten Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten sowohl die Standdauer, als auch die Stabilität im Einbeinstand im Verlauf der Rehabilitation deutlich verbessern. Diese positiven Effekte waren bei den Hirntumorpatienten geringer. Es ist anzunehmen, dass die Therapie eines Tumors im zentralen Nervensystem mit Nebenwirkungen einhergeht, die dauerhaft das Gleichgewichtsvermögen beeinträchtigen können. So konnten SCHOCH et al. [116] nachweisen, dass Läsionen des Kleinhirns nach Tumorresektion im Kindes- und Jugendalter einen stärker beeinträchtigenden Einfluss auf das Gleichgewicht hatten als die begleitende Chemotherapie mit den bekannten neurologischen Nebenwirkungen.

Bei Patienten mit Knochentumoren und Weichteilsarkomen der unteren Extremität sind in erster Linie Muskelschwäche, Beweglichkeitsdefizite und auch Schmerzen, die durch den tumorchirurgischen Eingriff auf der betroffenen Beinseite hervorgerufen werden können, limitierend für das Gangbild und die Gleichgewichtsfähigkeit. Diese Defizite, insbesondere der intra- und intermuskulären Koordination, Muskelkraft und Gelenkbeweglichkeit, lassen sich im Vergleich zu Läsionen des zentralen Nervensystems durch trainingstherapeutische und krankengymnastische Maßnahmen im Rahmen der Rehabilitation gut behandeln. Dies würde einerseits die größeren Effekte der Rehabilitation bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten, andererseits auch die größeren Effekte auf der betroffenen im Vergleich zur kontralateralen, nicht-betroffenen Seite erklären.

Ergebnisse

Alltagsaktivität (ADL)

Insgesamt liegen 197 von 210 möglichen Eingangsmessungen zur Alltagsaktivität vor (93,8%), die für die statistische Auswertung berücksichtigt werden können. In den Folgemessungen gehen 192 Datensätze (\cong 97,5%, ausgehend von $n=197$) direkt nach der Rehabilitation, sowie 183 und 174 Datensätze (92,9% und 88,3%) nach sechs und nach zwölf Monaten in die Auswertung ein.

Die Eingangsmessungen von fünf Patienten waren ungültig. Drei Patienten hatten sich bei der Aufklärung grundsätzlich für ihr Mitwirken an der Studie, aber gegen die Teilnahme an der Aktivitätserfassung ausgesprochen: ein Patient zeigte kein Interesse an diesem Teil der Untersuchung, ein Patient argumentierte, dass das bloße Tragen des Aktivitätsmonitors bereits sein Aktivitätsniveau signifikant beeinflusse und die Eltern einer weiteren Patientin sprachen sich gegen das Anlegen des Aktivitätsmonitors bei ihrer Tochter aus, da bei ihr erst kurz zuvor der Broviac-Katheter entfernt worden war. Bei zwei Patienten konnte die Aktivitätsmessung aufgrund kognitiver Einschränkungen nicht durchgeführt werden und zwei weitere Patienten akzeptierten den Aktivitätsmonitor während der Eingangsmessung nicht. Darüber hinaus konnte ein Patient aufgrund einer äußerst kurzfristigen Anreise nicht mit dem Aktivitätsmonitor ausgestattet werden. Diese Patienten nahmen an den weiteren Untersuchungen zum Gangbild und zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität teil.

Die Erfassung der Alltagsaktivität umfasst nicht nur den täglichen Aktivitätsumfang, sondern auch die Kadenz der täglichen Aktivität, die als Maß der Bewegungsintensität dient [48]. Die statistischen Analysen umfassen die folgenden Parameter der Alltagsaktivitätserfassung:

- **Quantitative Parameter:**

- ***Gangzyklen pro Tag (GZ/d)***: Anzahl der Doppelschritte pro Tag, da der Aktivitätsmonitor nur an einem Bein getragen wird,
- ***Gangzyklen pro Stunde (GZ/h)***: gibt die Anzahl der Doppelschritte pro Stunde wieder, während der der Aktivitätsmonitor getragen wurde. Auf diese Weise wird der unterschiedlichen Tragedauer Rechnung getragen,
- ***Durchschnittliche Kadenz (GZ/min)***: entspricht der durchschnittlichen Anzahl der Doppelschritte pro Minute, in der Aktivität registriert wurde,
- ***Tragezeit (min)***: Anzahl der Minuten, in denen der Aktivitätsmonitor über den Tag getragen wurde,

- **Aktive und inaktive Zeit** (*min, %*): Anzahl der Minuten, in denen (keine) Aktivität registriert wurde. Die Angaben erfolgen in
 - Minuten pro Tag,
 - Minuten während der Tragezeit des Aktivitätsmonitors,
 - Prozent während der Tragezeit des Aktivitätsmonitors.
- **Qualitative Parameter:**
 - **Kadenz im moderaten bis intensiven Aktivitätsbereich:** Anzahl an Minuten, in denen
 - über 40 Gangzyklen pro Minute (>80 Schritte \triangleq **MVPA**, moderate to vigorous physical activity),
 - zwischen 40-49 Gangzyklen (80-98 Schritte) pro Minute,
 - zwischen 50-59 Gangzyklen (100-118 Schritte) pro Minute, und
 - ≥ 60 Gangzyklen (≥ 120 Schritte) pro Minute (\triangleq **VPA** [7,42], vigorous physical activity) absolviert wurden.
 - **Spitzenschrittfrequenz** (*peak cadence = die aktivsten 10, 30 und 60 Minuten des Tages*): für jeden Tag wird eine Rangliste mit den 10, 30 und 60 aktivsten Minuten erstellt und anschließend der Mittelwert gebildet. Diese Werte können beliebig über den Tag verteilt auftreten (\rightarrow top10_ind, top30_ind und top60_ind; ind = **individuelle Werte**).
 - **Höchste Aktivität pro Zeiteinheit** („Aktivitätsblöcke“ = *die aktivsten, aufeinanderfolgenden 10, 30 und 60 Minuten*): es werden Blöcke von 10, 30 und 60 aufeinander folgenden Minuten mit der höchsten Aktivität des Tages herausgefiltert. Diese Werte müssen zwingend aufeinander folgen (\rightarrow top10_cons, top30_cons und top60_cons; cons = **konsequente Werte**).

Während die quantitativen Parameter eine Beschreibung des täglichen Bewegungsumfanges darstellen, spiegeln insbesondere die qualitativen Parameter VPA, MVPA und „individuelle und konsequente Spitzenwerte“ die Variabilität der Alltagsaktivität von Kindern und Jugendlichen wider, die als wichtige Komponente der motorischen Entwicklung und Teilhabe anzusehen ist. Zudem zeigen sich beispielsweise signifikante Zusammenhänge zwischen der Spitzenschrittfrequenz und kardiovaskulären Risikofaktoren bei Kindern und Jugendlichen im Alter zwischen acht und 18 Jahren [6]. Die qualitativen Endpunkte könnten somit hilfreich sein, zusätzliche Informationen zu gewinnen, wenn Schwierigkeiten in der Teilhabe von Kindern und Jugendlichen im schulischen Setting oder in der Einbindung in ein Freizeit- oder gar Sportprogramm bestehen [102].

Da es sich bei dieser Analyse der Alltagsaktivität um einen neueren Ansatz handelt, sind zum aktuellen Zeitpunkt keine verlässlichen nationalen Vergleichsdaten verfügbar. Um dennoch einen Vergleich zwischen den Patienten dieser Studie und gesunden Kontrollkollektiven ziehen zu können, werden die Ergebnisse in Relation zu den Daten von 2610 Kindern und Jugendlichen aus dem *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES) [7] betrachtet, sowie zu den Aktivitätsdaten von 428 gesunden Probanden im Alter von zwei bis 15 Jahren [14] und 205 gesunden Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen im Alter von zehn bis 30 Jahren [48].

In den 748 gültigen **Aktivitätsmessungen** wurde der Monitor durchschnittlich 6,4 ($\pm 1,4$) Tage für 11,6 ($\pm 1,6$) Stunden pro Tag getragen. Ein Problem in der Eingangsmessung bestand darin, dass einige Kinder und Jugendliche sehr kurzfristig zur Rehabilitation angereist sind, so dass die einwöchige Messung im heimischen Umfeld vor Beginn der Maßnahme nicht möglich war. Die Alltagsaktivitätsmessung dieser Kinder wurde in der ersten Woche ihres Aufenthalts in Bad Oexen durchgeführt. Das betrifft 47 der 197 Messungen (23,9%). Dieser Umstand führte zu einer Verzerrung der Untersuchungsergebnisse (Abb. 28), da die Kinder während des Rehabilitationsaufenthalts aufgrund der therapeutischen Angebote und der vielfältigen Bewegungsmöglichkeiten vor Ort ein signifikant höheres Aktivitätsniveau aufwiesen.

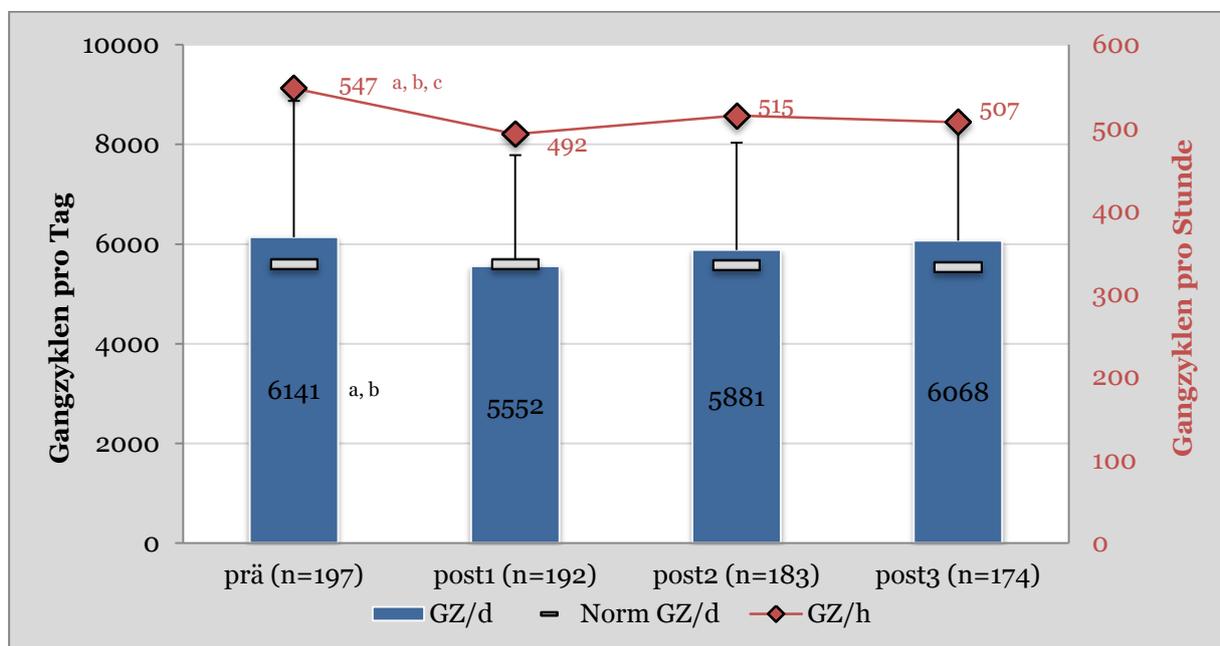


Abb. 28: Aktivitätsumfang der gesamten Patientenstichprobe zu den vier Messzeitpunkten im Vergleich zu alters- und geschlechtsentsprechenden Normwerten [35]

GZ/d = Gangzyklen (Doppelschritte) pro Tag,

GZ/h = Gangzyklen (Doppelschritte) pro Stunde Tragezeit des Aktivitätsmonitors

signifikanter Unterschied zwischen ^a (prä vs. post1), ^b (prä vs. post2), ^c (prä vs. post3)

Abb. 28 stellt dar, dass sich der Bewegungsumfang der Kinder und Jugendlichen nach der Rehabilitationsmaßnahme von durchschnittlich 6.141 Gangzyklen pro Tag (547 GZ pro Stunde) auf 5.559 Gangzyklen pro Tag (492 GZ pro Stunde) deutlich reduziert. In Abb. 29 wird deutlich, wie sich auch die Bewegungsintensitäten („Spitzenschrittfrequenz“ und „höchste Aktivität pro Zeiteinheit“) nach Abschluss der Rehabilitation reduzieren.

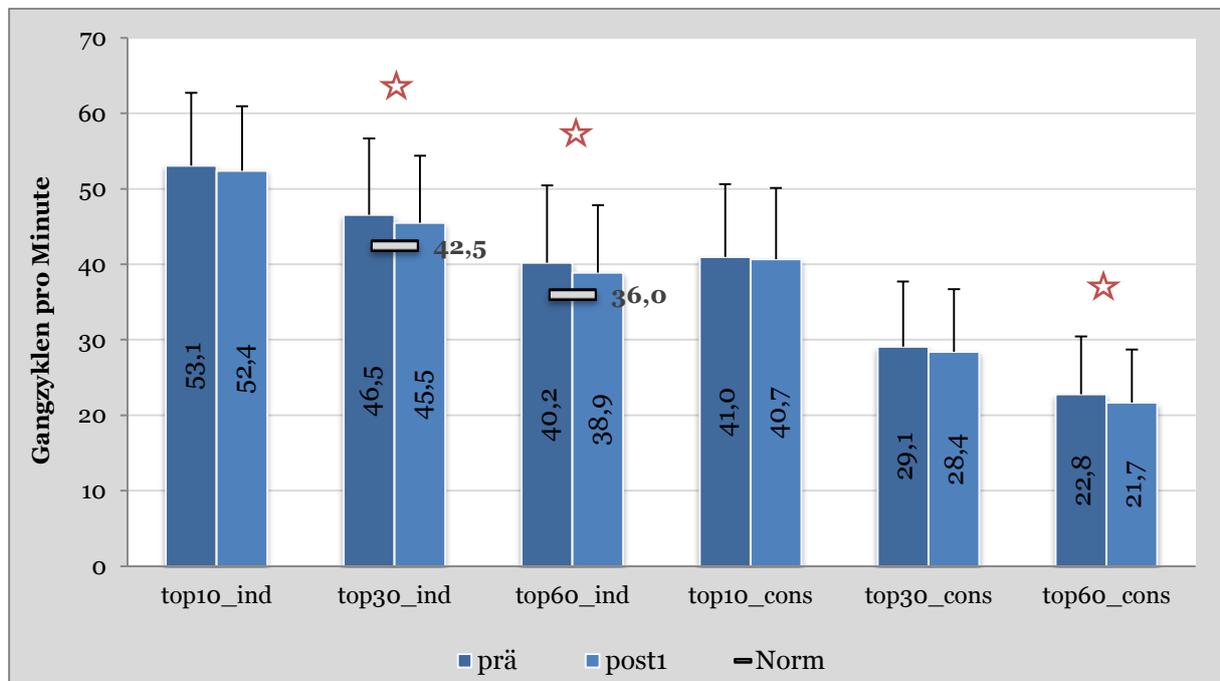


Abb. 29: Kadenz der gesamten Patientenstichprobe vor (prä) und direkt im Anschluss an die Rehabilitation (post1) im Vergleich zu altersentsprechenden Vergleichswerten [7]

★ signifikanter Unterschied $p < 0,05$ (prä > post1)

Deutlich wird die Auswirkung der Aktivitätserfassung während der stationären Rehabilitation, wenn die Ergebnisse der 150 Patienten, deren Aktivitätsniveau regulär vor Beginn der Rehabilitation erhoben wurde, mit denen der 47 Kinder und Jugendlichen verglichen werden, die den Aktivitätsmonitor erst in der ersten Woche ihres Aufenthalts in Bad Oexen tragen konnten (Abb. 30). Die Patienten, deren Aktivität während der Rehabilitation erfasst wurde, weisen nicht nur ein signifikant höheres Aktivitätsniveau mit durchschnittlich $+1.284 (\pm 516; p < 0,001)$ Gangzyklen pro Tag und $+146,5 (\pm 40,8; p < 0,001)$ Gangzyklen pro Stunde, sondern im Gegensatz zu den Patienten mit regulärer Aktivitätsmessung in der Woche vor der Rehabilitation auch einen signifikanten Rückgang der Alltagsaktivität nach Abschluss der Maßnahme auf (-2.097 ± 2.042) Gangzyklen pro Tag; $p < 0,001$ und $-201,1 \pm 161,5$ Gangzyklen pro Stunde; $p < 0,001$.

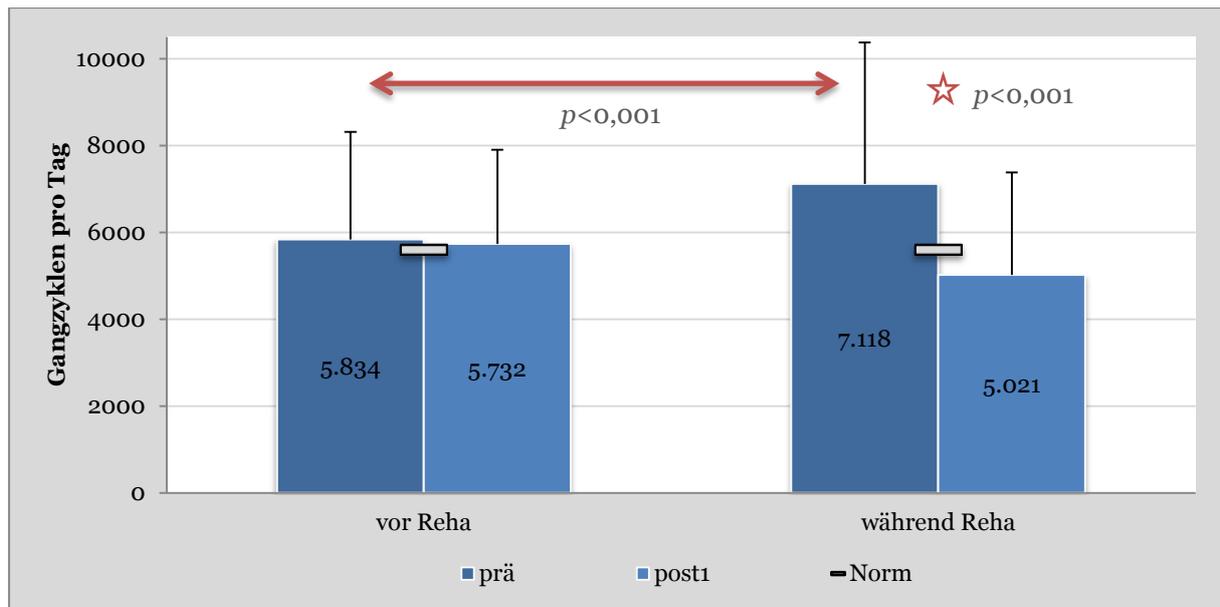


Abb. 30: Vergleich des Zeitpunkts der Alltagsaktivitätserfassung: Gruppe der Patienten, die vor (n=150) bzw. während der ersten Woche der Rehabilitation (n=47) gemessen wurde

Besonders deutlich wird der Unterschied bei den für Kinder charakteristischen Alltagsaktivitäten im höheren Intensitätsbereich, im Folgenden dargestellt anhand der Zeit pro Tag, in der die Kinder und Jugendlichen Aktivitäten mit mindestens 40 Gangzyklen (80 Schritten) pro Minute absolvierten (Abb. 31).

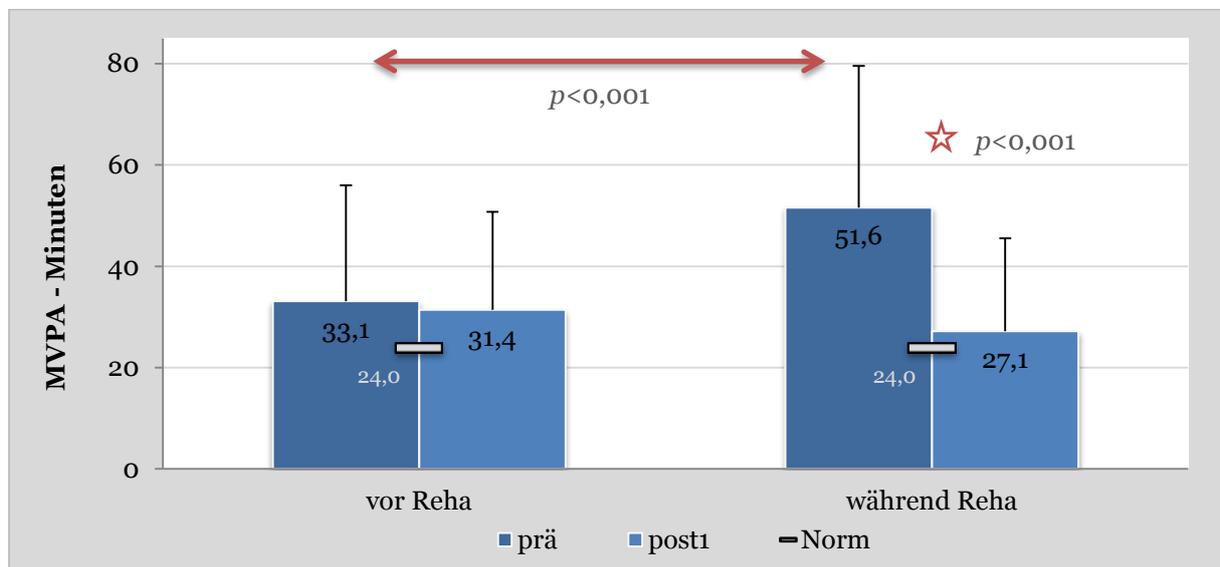


Abb. 31: Vergleich der Alltagsaktivitäten im höheren Intensitätsbereich (Minuten mit >40GZ/min) im Vergleich zu Normwerten (24,0 Minuten pro Tag) [7]

Aufgrund dieser im Studienverlauf nicht zu kontrollierenden Störfaktoren werden die Datensätze der 47 Patienten, deren Aktivitätsniveau erst während der Rehabilitation erhoben werden konnte, in den weiteren statistischen Analysen nicht berücksichtigt. Es verbleiben die

Datensätze der 150 Kinder und Jugendlichen mit regulärer Eingangsmessung in der Woche vor Beginn der stationären Rehabilitation im heimischen Umfeld.

Unmittelbare Auswirkung der Rehabilitation auf die ADL

Frage 1:

Verbessert sich die Alltagsaktivität von onkologisch erkrankten Kindern und Jugendlichen während und direkt nach dem vierwöchigen stationären Rehabilitationsaufenthalt?

In den folgenden Ergebnissen werden die unmittelbaren Auswirkungen der stationären Rehabilitation auf die Entwicklung der Alltagsaktivität im Hinblick auf quantitative (Aktivitätsumfang: Gangzyklen pro Tag und pro Stunde, durchschnittliche Kadenz und aktive Zeit) und qualitative Variablen beschrieben (Bewegungsintensität: Spitzenschrittfrequenz und höchste Aktivität pro Zeiteinheit / „Aktivitätsblöcke“).

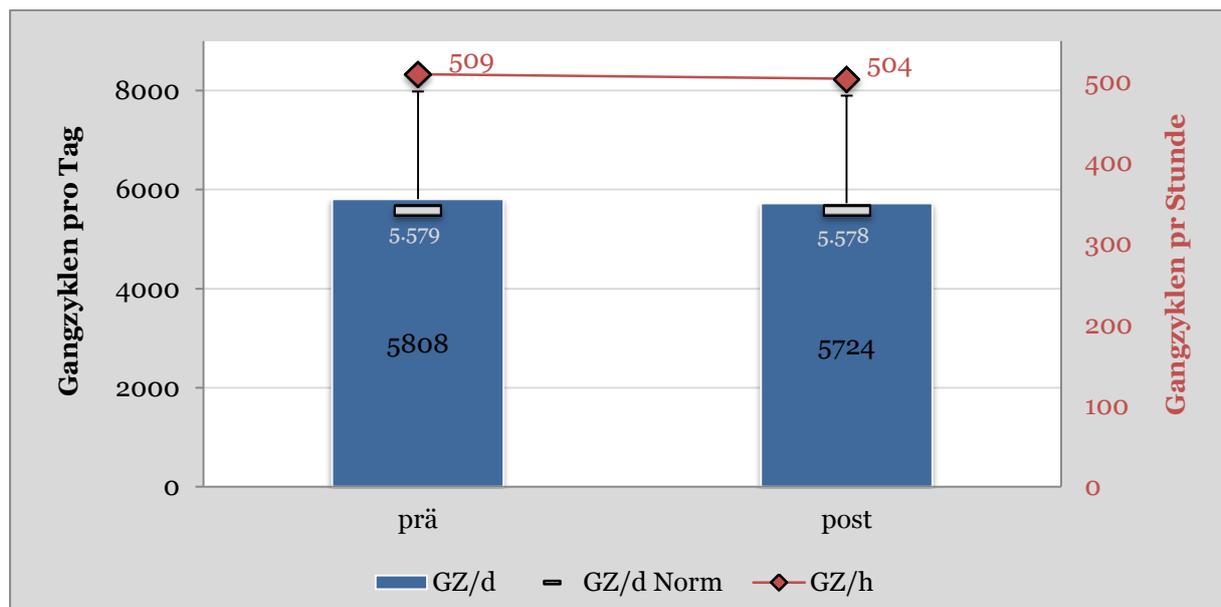


Abb. 32: Unmittelbare Auswirkung der stationären Rehabilitation auf die Alltagsaktivität im prä-post1 – Vergleich (n=145, Fallausschluss Test für Test)

In [Abb. 32](#) wird deutlich, dass sich die Aktivitätsumfänge der Patienten nach Abschluss der Rehabilitation kaum von denen der Eingangsmessung unterscheiden. Entsprechend zeigen sich keine relevanten Effektgrößen. Diese liegen bei $d=-0,01$ für die Variable Gangzyklen pro Tag und bei $d=-0,02$ für die Variable Gangzyklen pro Stunde. Auffällig ist das allgemein sehr hohe Aktivitätsniveau der Kinder und Jugendlichen mit durchschnittlich ca. 5.750 Gangzyklen bzw. 11.500 Schritten täglich. Damit weisen die Patienten vor und direkt nach

der Rehabilitation im Vergleich mit alters- und geschlechtsentsprechenden Normwerten (ca. 5.580 Gangzyklen bzw. 11.160 Schritten pro Tag bei gesunden Kindern und Jugendlichen) ein leicht überdurchschnittliches Alltagsaktivitätsniveau auf [35]. Auch die weiteren Variablen wie die durchschnittliche Kadenz und die Anzahl der Minuten, während der die Kinder und Jugendlichen aktiv waren (Tab. 12), lassen keinen relevanten Einfluss der Rehabilitation auf die Entwicklung der Alltagsaktivität erkennen.

ADL Umfangsvariablen	prä	post1	MW-Diff	95% CI		Cohen's <i>d</i>
Ø Kadenz (GZ pro Minute)	15,6	15,6	-0,03	-0,5	+0,5	-0,01
Aktiv-Zeit (min/ Tragezeit)	359,0	362,3	+3,29	-9,1	+15,7	0,03
Aktiv-Zeit (%/ Tragezeit)	51,9	52,8	+0,88	-0,6	+2,3	0,06

Tab. 12: Unmittelbare Auswirkung der stationären Rehabilitation auf weitere Alltagsaktivitätsparameter im prä-post1 Vergleich (n=145, Fallausschluss Test für Test)

Der Vergleich zwischen Eingangs- (prä) und Reha-Abschlussmessung (post1) im Hinblick auf die Aktivität im höheren Intensitätsbereich weist ebenfalls keine relevanten Effektgrößen auf (Tab. 13). Nach Abschluss der Rehabilitation verbringen die Kinder und Jugendlichen etwas weniger Zeit im moderaten Aktivitätsbereich von 40-49 Doppelschritten pro Minute, gleichzeitig etwas mehr Zeit im bewegungsintensiveren Bereich von 50-59 Doppelschritten.

ADL Intensitätsvariablen	prä	post1	MW-Diff	95% CI		Cohen's <i>d</i>
Minuten mit 40-49 GZ/min	19,1	17,7	-1,41	-3,2	+0,4	-0,11
Minuten mit 50-59 GZ/min	11,4	12,0	+0,66	-0,6	+1,9	0,08
Minuten mit ≥ 60 GZ/min	3,5	3,5	-0,03	-0,6	+0,6	-0,01

Tab. 13: Unmittelbare Auswirkung der stationären Rehabilitation auf die Aktivitätsdauer in höheren Intensitätsbereichen prä-post1 Vergleich (n=145, Fallausschluss Test für Test)

Positive Auswirkungen der stationären Rehabilitation lassen sich im Bereich der höchsten Bewegungsintensitäten erkennen (Tab. 14). Die Variablen zur Spitzenschrittfrequenz (*peak cadence*, obere Tabellenhälfte) und zu den Aktivitätsblöcken (untere Hälfte) mit der höchsten Tagesaktivität haben sich durchgehend leicht erhöht. Eine Zunahme in diesem Bereich deutet auf eine Steigerung des Anteils der insbesondere für die Alltagsaktivität von Kindern typischen Aktivitätsmuster mit hohen Intensitätsbereichen hin [103,106,124].

ADL Schrittfrequenzmuster	prä	post1	MW-Diff	95% CI		Cohen's d
top10_ind (GZ/min)	52,1	53,0	+0,88	-0,1	+1,9	0,10
top30_ind (GZ/min)	45,3	46,2	+0,88	-0,2	+2,0	0,09
top60_ind (GZ/min)	38,9	39,7	+0,75	-0,4	+1,9	0,08
top10_cons (GZ/min)	40,2	41,3	+1,03	-0,3	+2,3	0,11
top30_cons (GZ/min)	28,2	29,0	+0,78	-0,3	+1,9	0,09
top60_cons (GZ/min)	21,9	22,2	+0,28	-0,7;	+1,3	0,04

Tab. 14: Unmittelbare Auswirkung der stationären Rehabilitation auf die Alltagsaktivität (*peak cadence*, obere Hälfte) und *Aktivitätsblöcke*, unten)

prä-post1 – Vergleich (n=145, Fallausschluss Test für Test)

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sich in den Umfangsvariablen der Alltagsaktivität mit Effektgrößen zwischen $d=-0,02$ und $d=0,06$ kein relevanter Einfluss der Rehabilitation zwischen der Eingangsmessung und der Aktivitätserhebung direkt im Anschluss an die Maßnahme erkennen lässt. Bei differenzierter Betrachtung der höheren Intensitätsbereiche fällt hingegen auf, dass sich die Aktivitäten im moderaten Bereich von 40-49 Gangzyklen pro Minute reduzieren ($d=-0,11$), während sie im intensiveren Bereich von 50-59 Gangzyklen pro Minute ansteigen ($d=0,08$). Dieses Ergebnis spiegelt sich in den Schrittfrequenzmustern wider, in denen die höchste Tagesaktivität abgebildet wird. Hier zeigt sich in sämtlichen Variablen eine positive Anpassung der für die Alltagsaktivität von Kindern charakteristischen hohen Intensitätsbereiche.

Nachhaltige Effekte der stationären Rehabilitation auf die ADL

Frage 2:

Zeigen sich anhaltende Effekte der Rehabilitation auf die Entwicklung der Alltagsaktivität, die auch sechs und zwölf Monate nach Ende des Aufenthalts nachgewiesen werden können?

In [Tab. 15](#) und [Tab. 16](#) werden die Ergebnisse aus den Untersuchungen des Aktivitätsumfangs sowie zur Aktivität in höheren Intensitätsbereichen zu den vier Messzeitpunkten anhand der Variablen Gangzyklen pro Tag und pro Stunde, sowie über die Aktivitätsdauer in höheren Intensitätsbereichen deskriptiv dargestellt. Neben dem Mittelwert werden Minima und Maxima, sowie das 5., 10., 15., 20. und 25. Perzentil angegeben, um die Entwicklung der Alltagsaktivität für Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau zu verdeutlichen.

ADL	n=	MW (SD)	min	max	Perzentile				
Umfang					05	10	15	20	25
GZ/d									
prä	150	5834 (2479)	547	11561	1822	2683	3175	3638	4039
post1	145	5724 (2174)	532	11279	2317	3051	3634	3934	4155
post2	141	5781 (2052)	1277	10690	2683	3413	3658	3985	4121
post3	136	6057 (2289)	1114	12316	2504	2926	3559	4015	4409
GZ/h									
prä	150	512,5 (231,7)	47,3	1208,7	175,3	242,0	268,8	295,5	342,5
post1	145	503,5 (201,8)	50,3	1153,4	199,6	275,2	296,2	350,9	363,1
post2	141	507,0 (187,9)	97,9	1033,0	223,2	280,5	307,4	325,1	346,1
post3	136	505,6 (196,2)	80,1	1150,2	202,0	259,4	293,0	332,7	363,0

Tab. 15: Entwicklung der Alltagsaktivität der gesamten Stichprobe zu den vier Messzeitpunkten

ADL	n=	MW (SD)	min	max	Perzentile				
Intensität					05	10	15	20	25
MVPA									
prä	150	33,1 (22,9)	0,0	115,3	2,4	6,4	9,9	11,7	15,6
post1	145	32,0 (18,7)	0,0	86,6	7,6	11,9	14,3	16,1	17,5
post2	141	33,0 (18,9)	1,5	89,0	8,8	12,1	15,8	17,9	19,3
post3	136	36,5 (22,3)	1,7	121,3	9,0	13,1	16,6	17,7	19,7

Tab. 16: Entwicklung der Alltagsaktivität in höheren Intensitätsbereichen

(MVPA = moderate bis anstrengende körperliche Aktivität mit ≥ 40 Gangzyklen pro Minute)

Die einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung weist keinen signifikanten Effekt der Rehabilitation zwischen der Eingangs- und den Folgeuntersuchungen für die Variable Gangzyklen pro Tag auf ($F_{3, 384}=1,595$, $p=0,194$, $\eta_p^2=0,037$). Die Bewegungsumfänge der Kinder und Jugendlichen sind nach sechs Monaten im Vergleich zur Eingangsmessung leicht reduziert ($d=-0,02$), zwölf Monate nach der Rehabilitation hingegen erhöht ($d=0,11$, [Abb. 33](#)). Für die Variable Gangzyklen pro Stunde, in der die unterschiedliche Tragezeit des Aktivitätsmonitors berücksichtigt wird, finden sich ebenfalls keine signifikanten Effekte zwischen den Messzeitpunkten ($F_{3, 384}=0,133$, $p=0,933$, $\eta_p^2=0,001$). Auch für die durchschnittliche Kadenz konnte kein signifikanter Einfluss ermittelt werden ($F_{3, 384}=0,398$, $p=0,738$, $\eta_p^2=0,010$), so dass für die gesamte Stichprobe in den Folgeuntersuchungen von keinen bedeutsamen Effekten der Rehabilitation auf die Entwicklung der Bewegungsumfänge auszugehen ist.

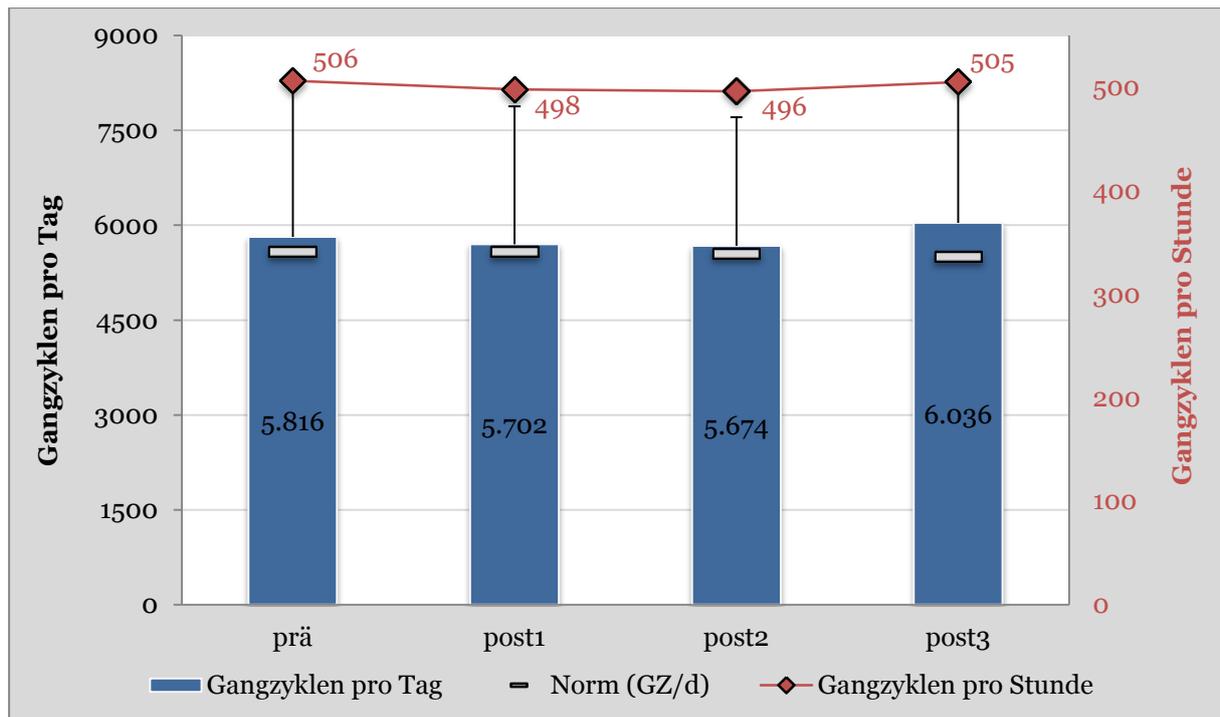


Abb. 33: Entwicklung der Alltagsaktivität der gesamten Stichprobe zwischen den Messzeitpunkten (listenweiser Fallausschluss, n=129)

Die Entwicklung der Alltagsaktivität im höheren Intensitätsbereich (Abb. 34) weist keine signifikanten Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten auf ($F_{3, 384}=2,469$, $p=0,065$, $\eta_p^2=0,056$). Es zeigt sich jedoch ein Anstieg des Aktivitätsanteils im MVPA-Bereich zwölf Monate nach Abschluss der Rehabilitation von initial 32,7 ($\pm 22,9$) auf 36,4 ($\pm 22,3$) Minuten:

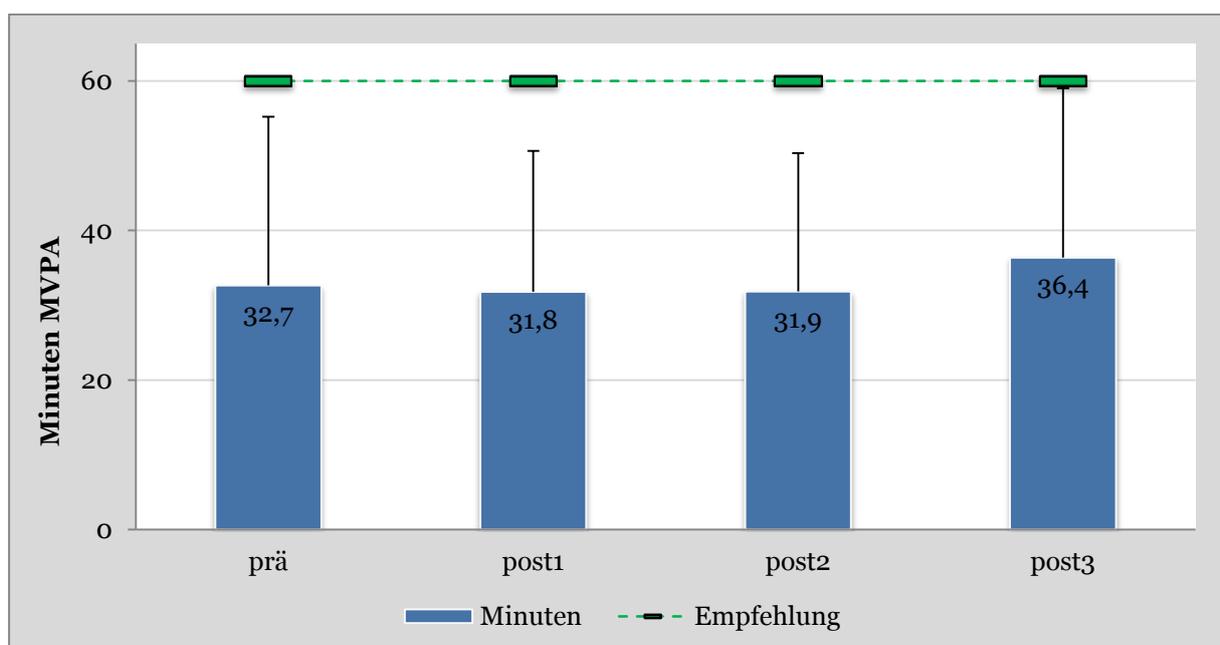


Abb. 34: Entwicklung der Alltagsaktivität im höheren Intensitätsbereich (MVPA ≥ 40 GZ/min) in Relation zu aktuellen WHO-Empfehlungen (http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_young_people/en/)

Bei differenzierter Betrachtung der Aktivitätsanteile in höheren Intensitätsbereichen fällt auf, dass die Kinder und Jugendlichen nach der Rehabilitation weniger Zeit im Kadenzbereich von 40-49 Gangzyklen pro Minute ($F_{3, 384}=0,688$, $p=0,561$, $\eta_p^2=0,016$), hingegen signifikant mehr Zeit im Bereich zwischen 50-59 Gangzyklen pro Minute verbringen ($F_{3, 384}=4,254$, $p=0,007$, $\eta_p^2=0,092$), während sich im höchsten Intensitätsbereich von ≥ 60 Gangzyklen pro Minute keine Änderungen erkennen lassen ($F_{3, 384}=0,040$, $p=0,987$, $\eta_p^2<0,001$). Die Effektgrößen liegen für die Variable 40-49 Gangzyklen pro Minute zwischen $d=-0,16$ und $d=-0,04$, für die Variable 50-59 Gangzyklen pro Minute zwischen $d=0,09$ und $d=0,43$.

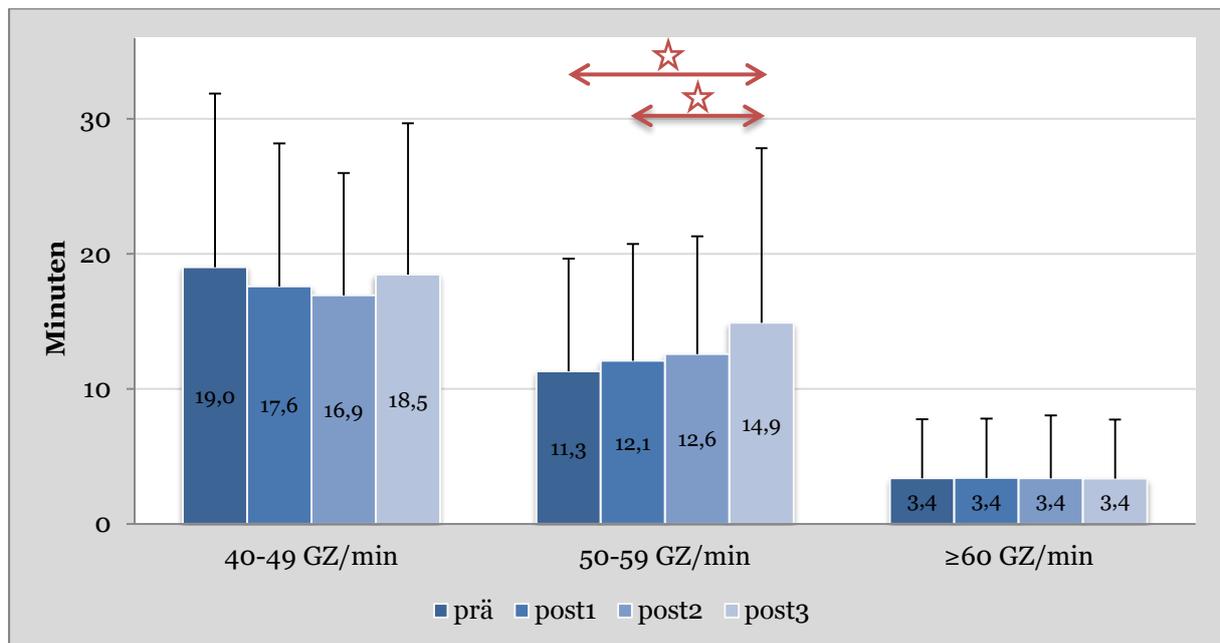


Abb. 35: Entwicklung der Alltagsaktivität der Stichprobe in hohen Intensitätsbereichen von ≥ 40 GZ/min

Die Analyse der aktivsten 10, 30 und 60 Minuten des Tages deutet für jede Variable einen positiven Trend im Untersuchungszeitraum an (Abb. 36): In den zehn aktivsten (einzelnen) Minuten des Tages konnten die Kinder und Jugendlichen die Anzahl der Gangzyklen von durchschnittlich 52,1 auf 53,8 pro Minute steigern, ohne dass dieser Effekt statistische Signifikanz erreicht ($F_{3, 384}=2,079$, $p=0,106$, $\eta_p^2=0,047$). Etwas deutlicher fallen die Aktivitätssteigerungen für die 30 ($F_{3, 384}=2,552$, $p=0,059$, $\eta_p^2=0,057$) und 60 aktivsten Minuten aus ($F_{3, 384}=2,376$, $p=0,073$, $\eta_p^2=0,054$), wobei die Varianzanalyse hier ebenfalls keinen signifikanten Einfluss anzeigt. Die Effektgrößen liegen für die aktivsten zehn Minuten des Tages zwischen $d=0,10$ und $d=0,23$, für die aktivsten 30 Minuten zwischen $d=0,08$ und $d=0,22$ sowie für die aktivsten 60 Minuten zwischen $d=0,07$ und $d=0,21$.

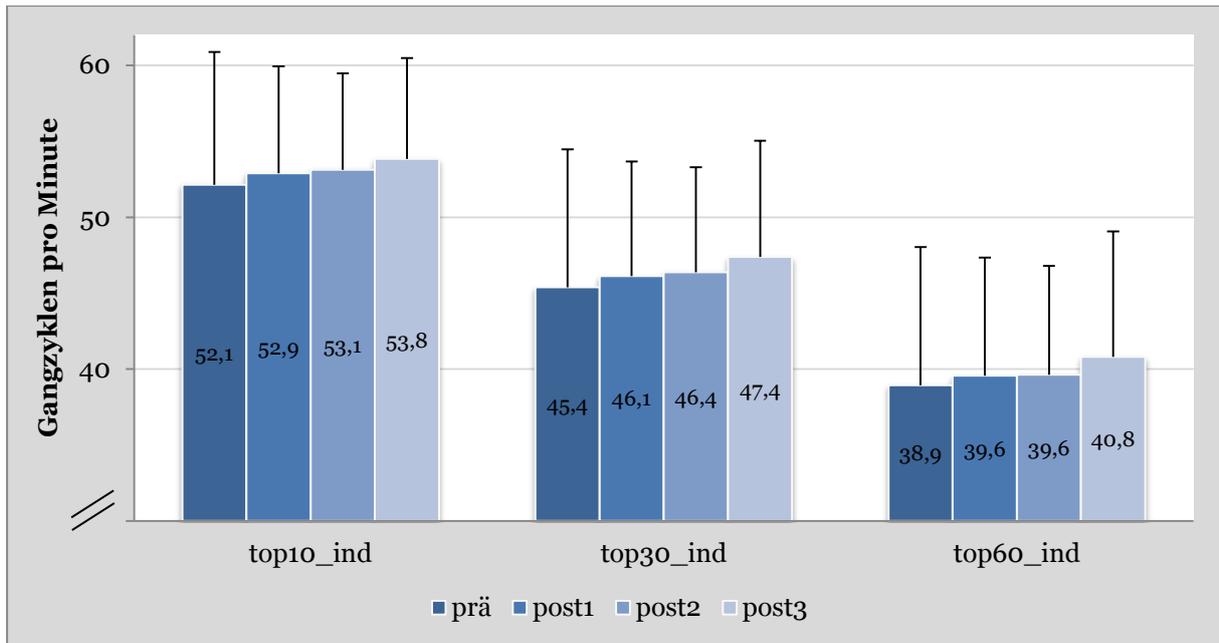


Abb. 36: Entwicklung der Alltagsaktivität anhand der Schrittfrequenzmuster: die aktivsten zehn (links), 30 (Mitte) und 60 (rechts) Minuten des Tages

Abschließend werden die „Aktivitätslücke“ mit der höchsten Tagesaktivität von 10, 30 und 60 Minuten Dauer analysiert (Abb. 37). Die Varianzanalyse zeigt einen signifikanten Anstieg der Schritttaktivität in den aktivsten zehn zusammenhängenden Minuten von 40,2 ($\pm 9,5$) auf 42,7 ($\pm 8,9$) GZ/min ($F_{3, 384}=3,550$, $p=0,007$, $\eta_p^2=0,078$).

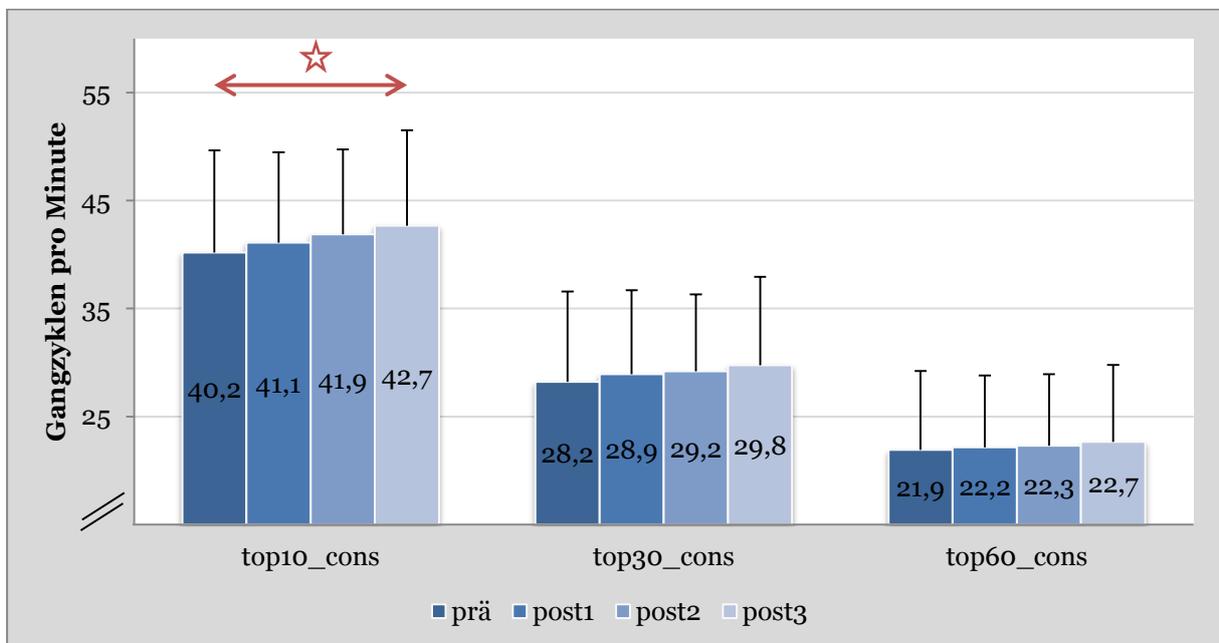


Abb. 37: Entwicklung der Alltagsaktivität anhand der höchsten Aktivität pro Zeiteinheit („Aktivitätsblöcke“) von zehn, 30 und 60 Minuten Dauer

Die Post-hoc Analyse weist einen signifikanten Unterschied zwischen der Eingangs- (prä) und der Zwölf-Monats-Abschlussmessung (post3) aus. Die Aktivitätsblöcke von 30 und 60 Minuten Dauer weisen ebenfalls einen positiven Trend auf. Die Varianzanalyse deutet jedoch weder für die aktivste halbe Stunde, noch für die aktivste Stunde einen signifikanten Einfluss der Rehabilitation an. Die Effektgrößen liegen für den „Zehn-Minuten Aktivitätsblock“ zwischen $d=0,11$ und $d=0,29$, für die aktivste halbe Stunde zwischen $d=0,09$ und $d=0,20$ sowie für die aktivste Stunde zwischen $d=0,04$ und $d=0,12$.

Variable	Teststatistik	p=	η_p^2	Klinische Wertung
				Wahrscheinlichkeit eines förderlichen / trivialen / negativen Effekts
Gangzyklen / d ¹	1,595	0,194	0,04	trivial (27,7/ 72,2/0,1)
Gangzyklen / h ¹	0,133	0,933	<0,01	unklar (37,6 / 31,0 / 31,4)
Kadenz ² (Ø GZ/min)	0,398	0,738	0,01	unklar (79,6 / 1,0 / 19,4)
MVPA ¹ (Σ >40GZ/min)	2,469	0,065	0,06	sehr wahrscheinlich förderlich (96,6/ 0,3 / 3,1)
40-49 GZ/min ²	0,688	0,561	0,02	unklar (21,6 / 13,8 / 64,7)
50-59 GZ/min ²	4,254	0,007	0,09	sehr wahrscheinlich förderlich (99,5 / 0,3 / 0,2)
≥60 GZ/min ²	0,040	0,987	<0,01	unklar (48,4 / 4,5 / 47,1)
top10_ind	2,079	0,106	0,05	möglicherweise förderlich (74,8 / 24,7 / 0,5)
top30_ind	2,552	0,059	0,06	wahrscheinlich förderlich (82,2 / 17,6 / 0,2)
top60_ind	2,376	0,073	0,05	wahrscheinlich förderlich (78,0 / 21,7 / 0,3)
top10_cons	3,550	0,007	0,08	wahrscheinlich förderlich (93,6 / 6,4 / 0,0)
top30_cons	1,792	0,152	0,04	möglicherweise förderlich (63,1 / 36,3 / 0,6)
top60_cons	0,660	0,578	0,02	unklar (32,2 / 62,0 / 5,8)

Tab. 17: Inferenzstatistischen Analyse und Effektgrößen der Alltagsaktivitätsvariablen zwischen den Messzeitpunkten

¹ Quadratwurzeltransformation, ² logarithmische Transformation, $\eta_p^2 = 0,01$ kleiner Effekt, $\eta_p^2 = 0,06$ mittlerer Effekt, $\eta_p^2 = 0,14$ großer Effekt

Alltagsaktivitätsunterschiede zwischen den Hauptdiagnosegruppen

Frage 3:

Gibt es Unterschiede zwischen den Diagnosegruppen, d.h. welche Diagnosegruppen profitieren mehr oder weniger von der Maßnahme?

Zunächst wird in diesem Kapitel die Entwicklung der Alltagsaktivität zu den vier Messzeitpunkten differenziert nach den Hauptdiagnosegruppen Hirntumoren, Knochen-/Weichteiltumoren und Leukämien/Lymphomen deskriptiv dargestellt. Über die Kovarianzanalyse (ANCOVA) zur Reduktion der Fehlervarianz mit den Kovariaten Alter, Geschlecht und BMI_{SDS} mit Sidak-Korrektur sollen Gruppenunterschiede in der Alltagsaktivität zwischen den Diagnosegruppen untersucht werden. Darüber hinaus wird anhand der einfaktoriellen Varianzanalyse der Frage nachgegangen, ob die Hauptdiagnose oder das Alter der Patienten einen Einfluss auf die unmittelbare Entwicklung der Alltagsaktivität zwischen Eingangs- (prä) und Abschlussmessung direkt im Anschluss an die Rehabilitation (post1) hat. Hierzu wurden die Patienten analog zu den Altersgruppen aus dem KINDL®-Fragebogen zur Erfassung der Lebensqualität in die Altersgruppen 4-7 Jahre, 8-11 Jahre und ≥ 12 Jahre zusammengefasst.

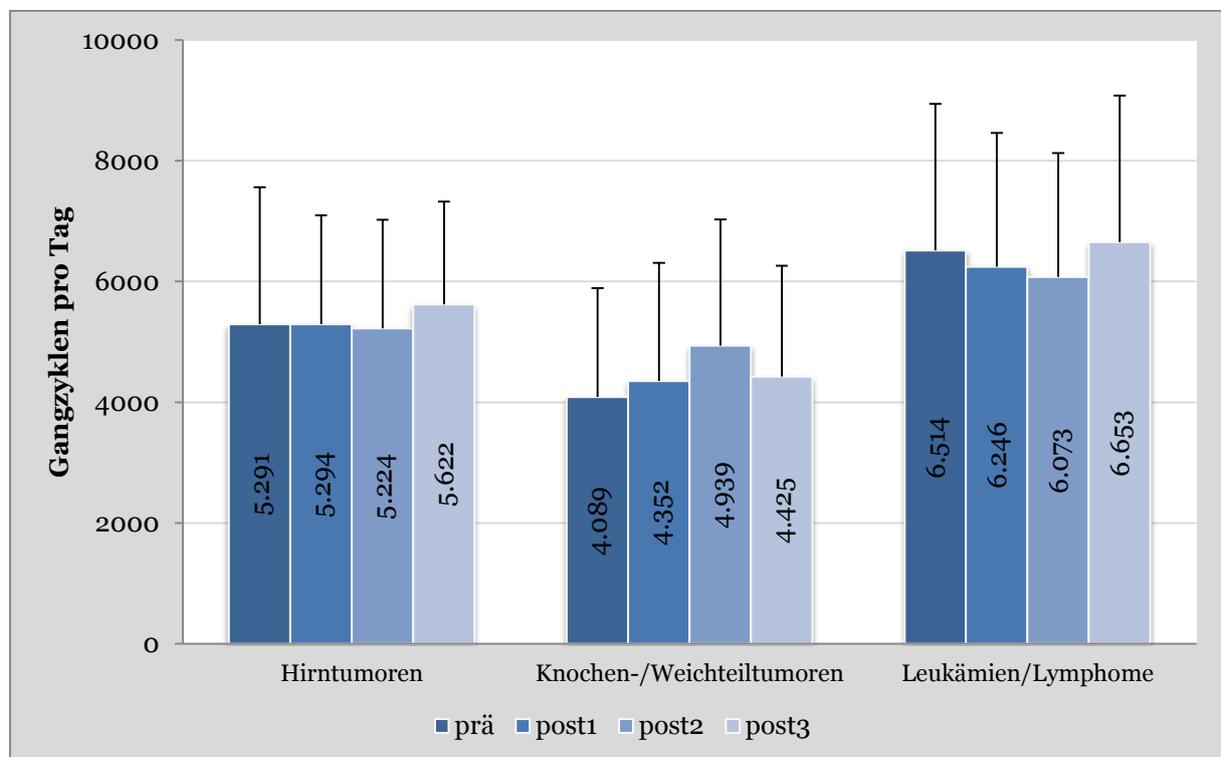


Abb. 38: Entwicklung der Alltagsaktivität zu den vier Messzeitpunkten differenziert nach Hauptdiagnosegruppe

In der Eingangsmessung zeigen sich signifikante Gruppenunterschiede in der Alltagsaktivität, wobei das Alter der Patienten einen signifikanten Einfluss aufweist (Gangzyklen pro Tag: $F_{1, 144}=46,059$, $p<0,001$, $\eta_p^2=0,242$). Leukämie- und Lymphompatienten erreichen im Vergleich zu Hirntumorpatienten sowie Knochen-/Weichteiltumorpatienten signifikant höhere Alltagsaktivitätsumfänge. Das betrifft die Gangzyklen pro Tag ($p<0,001$) (Abb. 38), Gangzyklen pro Stunde ($p=0,002$), die Anzahl an Minuten, in denen Aktivität registriert wurde („Aktivzeit“, $p=0,002$) und die durchschnittliche Kadenz ($p=0,001$).

Auch in den höheren Intensitätsbereichen zeigen sich Gruppenunterschiede. Leukämie- und Lymphompatienten verbringen signifikant mehr Zeit in höheren Intensitätsbereichen (MVPA, >40 GZ/min) im Vergleich zu Hirn- und Knochtumorpatienten ($p=0,001$) (Abb. 39). Das trifft ebenfalls auf die Aktivitätsdauer im Kadenzbereich zwischen 40-49 Gangzyklen pro Minute (GZ/min, $p<0,001$) zu. Im höheren Intensitätsbereich zwischen 50-59 GZ/min ($p=0,010$) unterscheidet sich die Aktivität lediglich zwischen Knochenpatienten und Leukämie-/Lymphompatienten signifikant. Im höchsten Kadenzbereich von ≥ 60 GZ/min sind Leukämie- und Lymphompatienten wieder signifikant länger aktiv als Hirn- und Knochtumorpatienten ($p<0,001$). Zudem erreichen die Leukämie-/Lymphompatienten höhere Spitzenschrittfrequenzen (*peak cadence*) in den aktivsten 10, 30 und 60 Minuten des Tages und erzielen auch in den entsprechenden Aktivitätsblöcken mehr Gangzyklen pro Minute im Vergleich zu den Hirn- und Knochtumorpatienten.

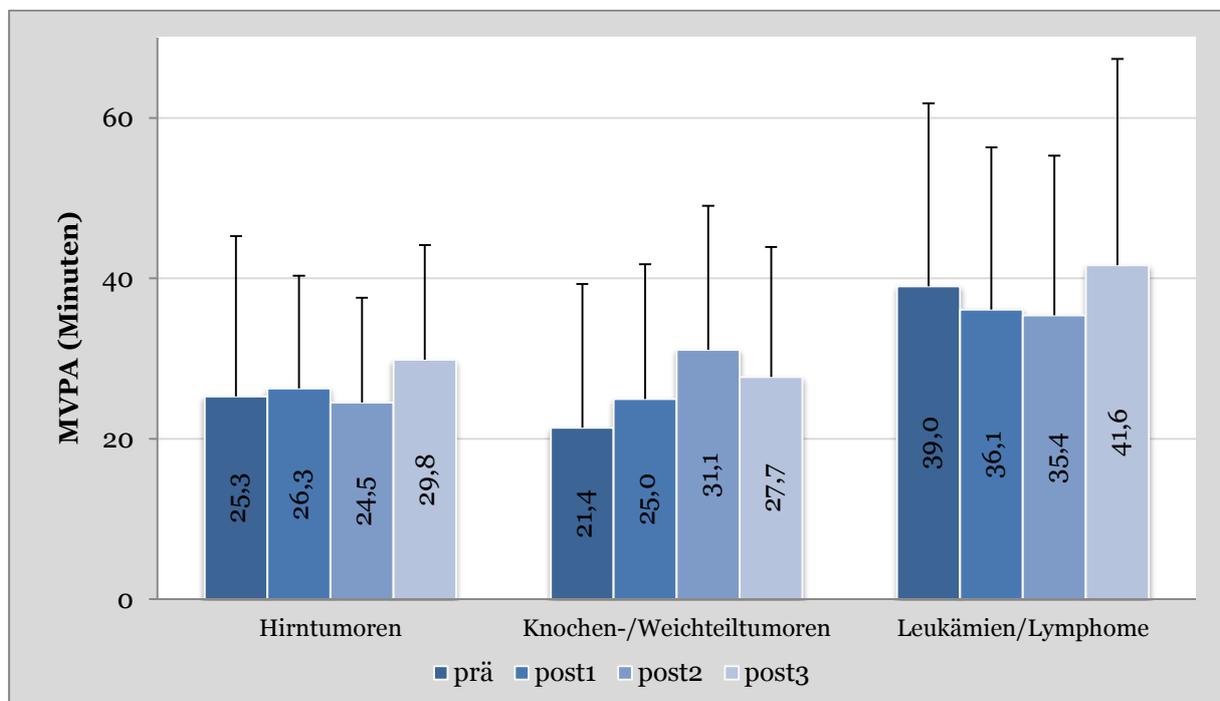


Abb. 39: Entwicklung der Alltagsaktivität im höheren Intensitätsbereich (MVPA) zu den Messzeitpunkten differenziert nach Hauptdiagnosegruppe

Die Analyse der unmittelbaren Auswirkungen der stationären Rehabilitation im prä-post1-Vergleich (Tab. 18) deutet für die Umfangsvariablen den größten Effekt bei den Knochentumor-/ Weichteilsarkompatienten an, ohne dass sich statistisch signifikante Gruppenunterschiede ergeben. Auch die Hirntumorpatienten konnten ihre Alltagsaktivitätsumfänge steigern, die Effekte sind jedoch gering. Die Leukämie- und Lymphompatienten weisen hingegen nach Abschluss der Rehabilitation einen reduzierten Aktivitätsumfang auf:

ADL Umfangsvariable	MW Diff	95% CI		Cohen's <i>d</i>
		unteres	oberes	
Gangzyklen pro Tag		$F_{2, 142} = 2,437, p=0,091$		
Hirntumoren	+206,9	-461	+875	0,09
Knochen-/Weichteiltumoren	+389,8	-276	+1.056	0,12
Leukämien/Lymphome	-354,7	-711	+1	-0,15
Gangzyklen pro Stunde		$F_{2, 142} = 2,368, p=0,097$		
Hirntumoren	+8,9	-47,6	+65,5	0,05
Knochen-/Weichteiltumoren	+43,7	-14,9	+102,3	0,15
Leukämien/Lymphome	-26,2	-55,9	+3,4	-0,12
Ø Kadenz (GZ/min)		$F_{2, 142} = 2,949, p=0,056$		
Hirntumoren	+0,45	-0,61	+1,52	0,16
Knochen-/Weichteiltumoren	+0,93	-0,16	+2,02	0,16
Leukämien/Lymphome	-0,53	-1,17	+0,11	-0,16
Aktiv-Zeit (min)		$p=0,647^*$		
Hirntumoren	+15,4	-17,6	+48,4	0,14
Knochen-/Weichteiltumoren	+9,5	-18,9	+37,9	0,05
Leukämien/Lymphome	-4,0	-17,9	+9,8	-0,05

Tab. 18: Unmittelbare Auswirkungen der stationären Rehabilitation auf die Umfangsvariablen der Alltagsaktivität differenziert nach Hauptdiagnosegruppen im prä-post1-Vergleich

* Kruskal-Wallis-Test, Varianzhomogenität nicht gegeben

Abb. 40 fasst die Veränderungen der Alltagsaktivität zwischen Eingangs- und Follow-up Messungen differenziert nach Hauptdiagnosegruppe anhand der Variable Gangzyklen pro Tag zusammen. Ein positiver Wert entspricht einer Steigerung der Alltagsaktivität im Vergleich zur Messung vor Beginn der Rehabilitation, ein negativer Wert einer Reduzierung der täglichen Gangzyklen im Vergleich zum Ausgangsniveau. Ein signifikanter Gruppenunterschied wurde für den prä-post2-Vergleich über die Varianzanalyse ermittelt ($F_{2, 138}=3,281, p=0,041$). Der Sidak Post-hoc-Test ergab einen signifikanten Unterschied zwischen Knochen-/Weichteiltumorpatienten (+850 GZ/d) und Leukämie-/Lymphompatienten (-472 GZ/d; $p=0,037$).

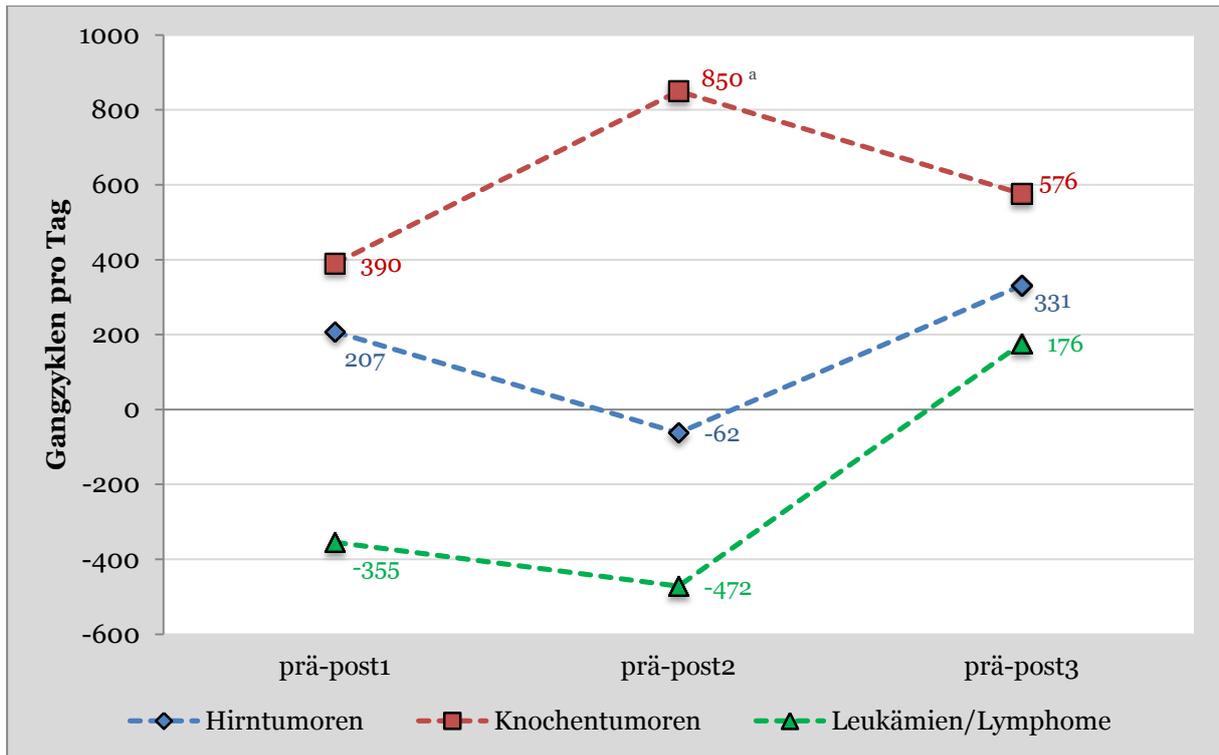


Abb. 40: Entwicklung der Alltagsaktivität (Gangzyklen pro Tag) der Follow-up Messungen im Vergleich zur Eingangsmessung differenziert nach Hauptdiagnosegruppe

^a signifikant höher im Vergleich zu Leukämie-/Lymphompatienten

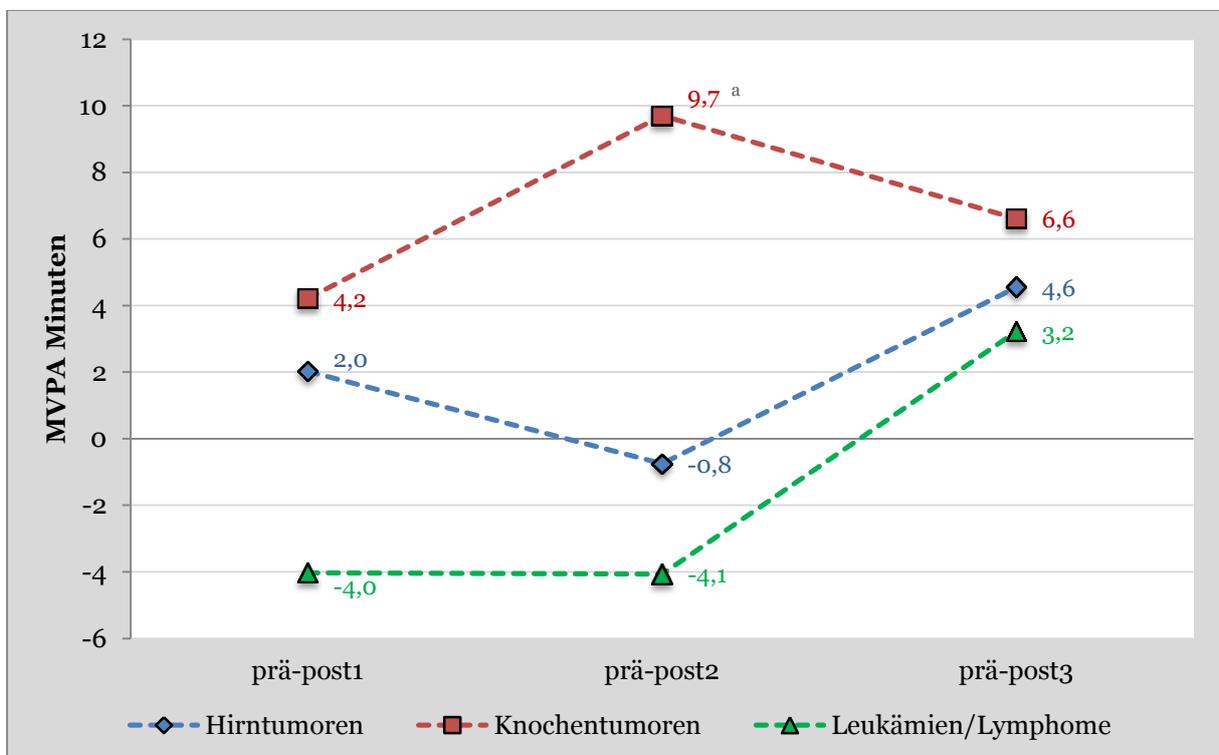


Abb. 41: Entwicklung der Alltagsaktivität (MVPA) der Follow-up Messungen im Vergleich zur Eingangsmessung differenziert nach Hauptdiagnosegruppe

^a = signifikant höher im Vergleich zu Leukämie-/Lymphompatienten

Die Entwicklung der Alltagsaktivitäten im moderaten bis anstrengenden Aktivitätsbereich (MVPA) weist einen vergleichbaren Verlauf auf (Abb. 41). Ein signifikanter Gruppenunterschied wurde erneut für den prä-post2-Vergleich ermittelt ($F_{2, 138}=3,343$, $p=0,038$). Der Post-hoc-Test fiel für den Vergleich zwischen Knochentumor- und Leukämie-/Lymphompatienten signifikant aus ($p=0,032$). Für den Kadenzbereich zwischen 40-49 Gangzyklen pro Minute weist neben dem prä-post2-Vergleich ($p=0,004$) auch der prä-post1-Vergleich ($p=0,022$) einen signifikanten Gruppenunterschied auf. Der Post-hoc-Test deutet erneut auf eine signifikant stärkere Zunahme in diesem Aktivitätsbereich für Knochentumor- gegenüber Leukämie-/Lymphompatienten hin, sowohl im prä-post1-Vergleich ($p=0,021$), als auch im prä-post2-Vergleich ($p=0,004$).

Tab. 19 fasst abschließend die Effekte für die wesentlichen Alltagsaktivitätsparameter im gesamten Untersuchungszeitraum differenziert nach Hauptdiagnosegruppe zusammen:

ADL	Hirntumoren	Knochen-/ Weichteiltumoren	Leukämien/ Lymphome
GZ/d			
prä-post1	0,09	0,22	-0,15
prä-post2	-0,03	0,47	-0,20
prä-post3	0,15	0,33	0,07
40-49 GZ/min			
prä-post1	-0,06	0,45	-0,23
prä-post2	-0,09	0,59	-0,35
prä-post3	0,15	0,30	-0,13
50-59 GZ/min			
prä-post1	0,10	0,10	0,06
prä-post2	-0,01	0,36	0,18
prä-post3	0,25	0,41	0,57
top10_ind			
prä-post1	0,38	0,31	-0,15
prä-post2	0,24	0,48	-0,12
prä-post3	0,39	0,51	0,06
top10_cons			
prä-post1	0,36	0,26	-0,08
prä-post2	0,29	0,44	0,02
prä-post3	0,48	0,46	0,17

Tab. 19: Zusammenfassung der **Effektgrößen** (Cohen's d) der Rehabilitation auf wesentliche Alltagsaktivitätsparameter im gesamten Untersuchungszeitraum

Zusammenfassend deuten die Ergebnisse der Varianzanalyse und die Berechnung der Effektstärken darauf hin, dass Knochen- und Weichteiltumorpatienten von den drei Hauptdiagnosegruppen hinsichtlich der Entwicklung der Alltagsaktivität am stärksten von der stationären Rehabilitation profitieren. Beachtenswert ist zudem die Zunahme der Alltagsaktivitäten bei den Hirntumorpatienten im Bereich der Spitzenschrittfrequenz (*peak cadence*) und der Aktivitätsblöcke im hohen Intensitätsbereich. Hier wurden kleine bis mittlere Effekte (Cohen's $d=0,24-0,48$) ermittelt. Bei den Leukämie- und Lymphompatienten hingegen lassen sich weder für die Umfangs-, noch für die Intensitätsvariablen der Alltagsaktivität relevante Effektgrößen beobachten, was auf das initial überdurchschnittlich hohe Aktivitätsniveau in dieser Patientengruppe zurückgeführt werden kann.

Entwicklung der Alltagsaktivität bei Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau

Im Folgenden wird der Schwerpunkt auf die Analyse der Patienten gelegt, die in der Eingangsmessung ein niedriges Alltagsaktivitätsniveau aufwiesen. Hierzu wurden die individuellen Daten mit den alters- und geschlechtsentsprechenden Referenzwerten von 34.227 Kindern und Jugendlichen der *Canadian Physical Activity Levels Among Youth Study* (CANPLAY) [35] verglichen. Als Kriterium für ein niedriges Ausgangsniveau wurde das 20. Perzentil (unteres Quintil, $Q_{0,2}$) der gesunden Kontrollgruppe für die Variable Gangzyklen pro Tag festgelegt.

Von den eingangs 150 Patienten wiesen lediglich 36 Kinder und Jugendliche ein niedriges Aktivitätsniveau auf. Diese verteilten sich gleichmäßig auf beide Geschlechter (je $n=18$). Zudem stammten jeweils zwölf Patienten aus den drei Diagnosegruppen Hirntumoren, Knochen-/Weichteiltumoren und Leukämie-/Lymphompatienten (Tab. 20). Gemessen an der gesamten Patientengruppe beträgt der Anteil mit eingangs niedrigem Aktivitätsniveau 31,6% bei den Hirntumoren, 46,2% bei den Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten sowie 14,0% bei den Leukämie- und Lymphompatienten. Im Mittel waren die Kinder 12,0 ($\pm 3,6$) Jahre alt, wiesen einen durchschnittlichen BMI von $+0,25$ ($\pm 3,6$) SD auf und befanden sich bei Beginn der Rehabilitation 20 (± 26) Monate nach Ende der Akuttherapie. Diese Variablen waren zwischen den drei Hauptdiagnosegruppen nahezu identisch und wiesen keine signifikanten Unterschiede auf, was die Vergleichbarkeit der drei Gruppen untereinander verbessert.

	Hirntumoren n=12	Knochtumoren n=12	Leukämien/Lymphome n=12	p=
Alter (Jahre)	11,1 ($\pm 3,3$)	12,5 ($\pm 2,9$)	12,4 ($\pm 4,5$)	0,585
BMI _{SDS}	-0,1 ($\pm 1,0$)	+0,1 ($\pm 1,6$)	+0,7 ($\pm 1,3$)	0,286
Monate seit Therapieende	16,3 ($\pm 22,7$)	21,8 ($\pm 27,7$)	21,6 ($\pm 28,7$)	0,868

Tab. 20: Beschreibung der Patienten mit initial niedrigem Aktivitätsniveau differenziert nach Diagnosegruppe

Die Varianzanalyse mit Messwiederholung zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen den Messzeitpunkten für die Umfangsvariablen Gangzyklen pro Tag ($F_{3, 87}=13,879$, $p<0,001$, $\eta_p^2=0,607$), Gangzyklen pro Stunde ($F_{3, 87}=11,331$, $p<0,001$, $\eta_p^2=0,557$) sowie für die Anzahl der Minuten, in denen die Kinder und Jugendlichen aktiv waren („Aktivzeit“, $F_{3, 87}=7,007$, $p=0,001$, $\eta_p^2=0,438$). Für die durchschnittliche Kadenz ergab der Friedman-Test mit $p<0,001$ ebenfalls einen hoch signifikanten Unterschied zwischen den Messzeitpunkten.

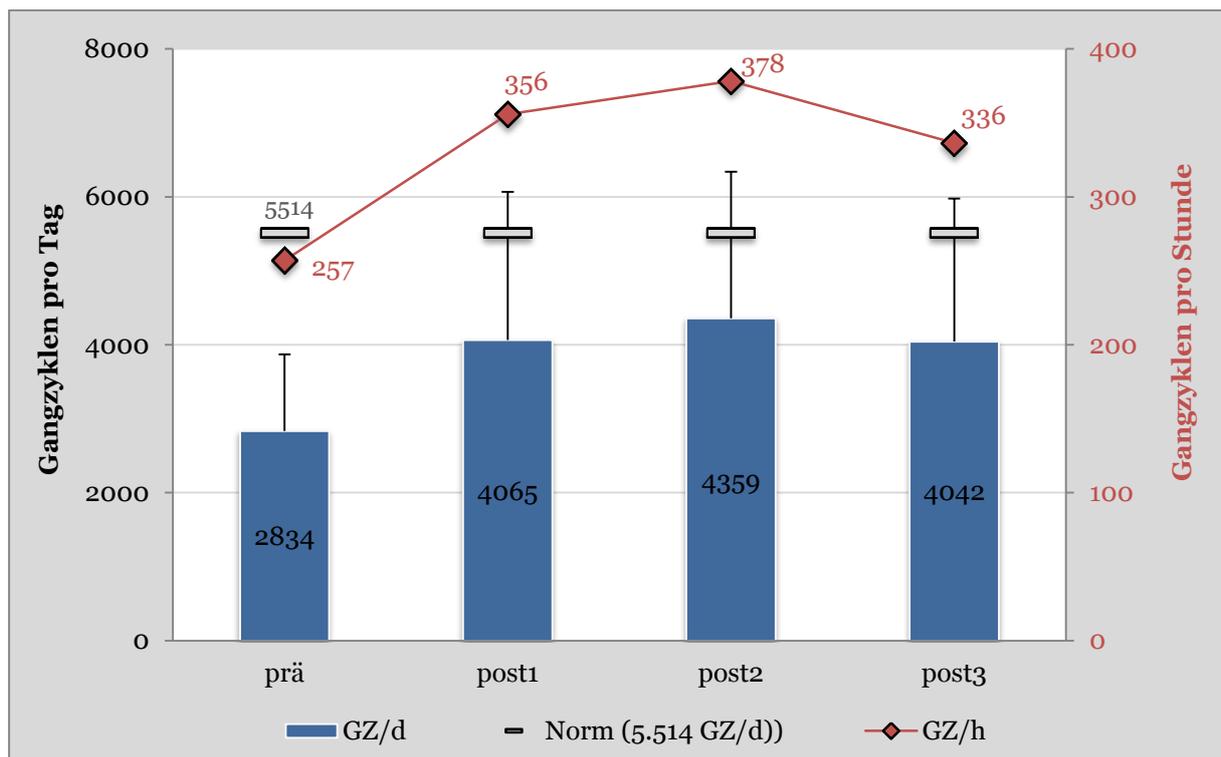


Abb. 42: Entwicklung der Alltagsaktivität bei Patienten mit niedrigem Alltagsaktivitäts-Ausgangsniveau

(listenweiser Fallausschluss, n=30)

Die anschließenden Paarvergleiche belegen ein in der Eingangsmessung signifikant niedrigeres Aktivitätsniveau im Vergleich zu sämtlichen Folgemessungen.

Signifikante Gruppenunterschiede in der Entwicklung der Alltagsaktivität bestehen nur für den Vergleich zwischen Eingangs- (prä) und Abschlussmessung nach einem Jahr (post3). Hirntumorpatienten mit initial niedrigem Ausgangsniveau absolvierten durchschnittlich 2.563 Gangzyklen mehr pro Tag und verbrachten 22,5 Minuten länger im MVPA-Bereich. Diese Steigerung ist gegenüber einem Plus von 293 Gangzyklen täglich und vier zusätzlichen Minuten im MVPA-Bereich bei den Leukämie-/Lymphompatienten statistisch signifikant. Dieses Ergebnis spiegelt sich in Tab. 21 wider, in der die Effekte der stationären Rehabilitation auf die drei Alltagsaktivitätsvariablen „Gangzyklen pro Tag“, Minuten moderater bis anstrengender körperlicher Aktivitäten („MVPA“) und Blöcke mit der höchsten Aktivität von zehn Minuten Dauer („top10_cons“) als Indikator der Ausdauerleistungsfähigkeit zusammengefasst werden:

	Σ Patienten	Hirntumoren	Knochen- tumoren	Leukämien/ Lymphome
Gangzyklen pro Tag				
prä vs. post1	1,29	1,95	0,96	0,94
prä vs. post2	1,45	1,54	1,00	1,78
prä vs. post3	1,28	3,61	1,14	0,29
MVPA (min/d)				
prä vs. post1	1,70	2,55	1,32	1,31
prä vs. post2	2,00	1,54	1,92	2,39
prä vs. post3	1,81	5,56	1,80	0,51
Top10_cons (GZ/min)				
prä vs. post1	0,90	1,42	0,75	0,72
prä vs. post2	1,07	1,41	0,85	1,14
prä vs. post3	1,06	3,06	1,05	0,37

Tab. 21: Zusammenfassung der **Effektgrößen** (Cohen's *d*) der Rehabilitation auf Umfangsvariablen der Alltagsaktivität bei Patienten (n=36) mit niedrigem Alltagsaktivitäts-Ausgangsniveau

Für die Patienten mit eingangs niedrigem Aktivitätsniveau ergeben sich bei allen Variablen große Effekte ($d > 0,80$). Die deutlichsten Aktivitätszunahmen sind bei den Hirntumorpatienten erkennbar, mit durchweg sehr großen Effekten von $d > 1,40$. Auffällig ist zudem, dass die Leukämie-/Lymphompatienten ihre Aktivität zunächst ebenfalls deutlich steigern konnten, dieses erhöhte Niveau jedoch nicht über den gesamten

Untersuchungszeitraum stabilisieren konnten, erkennbar an den reduzierten Effektgrößen für den Vergleich „prä vs. post 3“.

Abb. 43 fasst die Entwicklung der Alltagsaktivität im Bereich moderater bis anstrengender körperlicher Aktivitäten (MVPA, Minuten ≥ 40 Gangzyklen pro Minute) bei Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau differenziert nach Hauptdiagnosegruppe zusammen. Deutlich ist in den drei Gruppen eine Zunahme der Aktivität im MVPA-Bereich erkennbar, der für die Hirntumorpatienten nach sechs und zwölf Monaten sowie für die Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten nach sechs Monaten statistische Signifikanz erreicht.

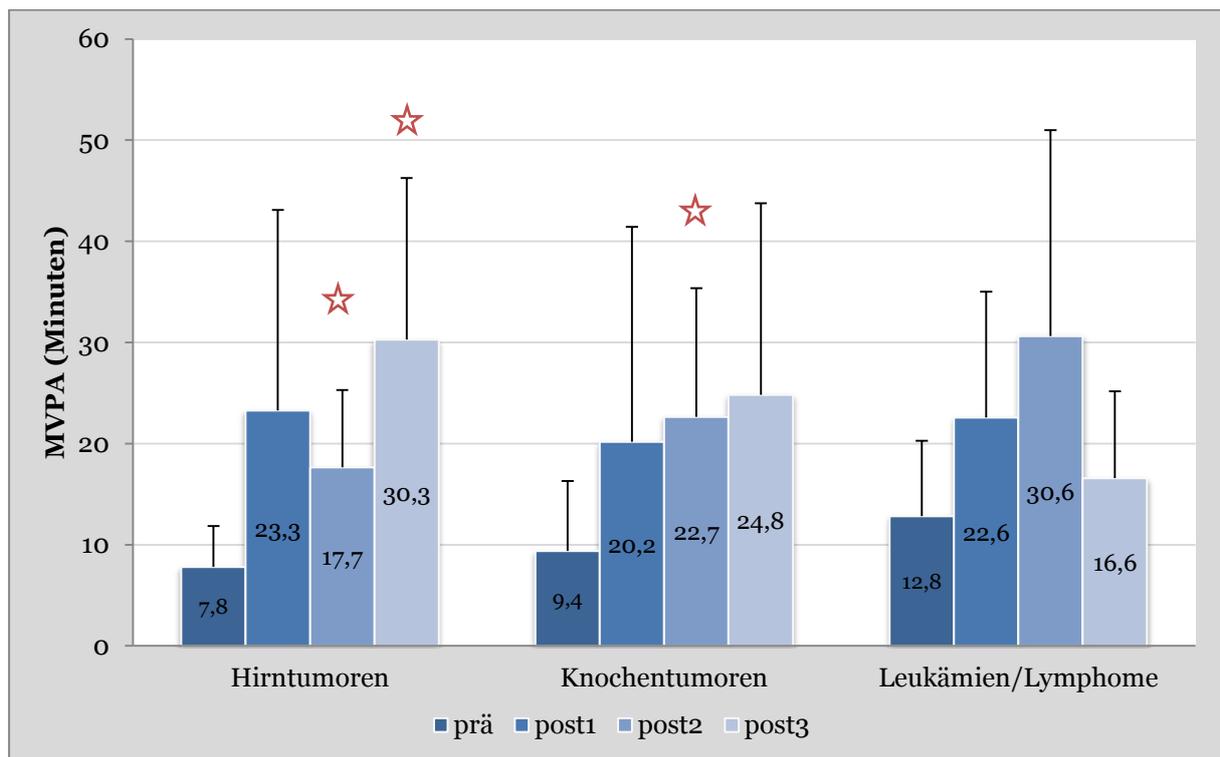


Abb. 43: Entwicklung der Alltagsaktivität im Bereich moderater bis anstrengender körperlicher Aktivitäten (MVPA, >40 Gangzyklen pro Minute) bei Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau differenziert nach Diagnosegruppe

★ signifikanter Unterschied zur Eingangsmessung (prä, $p < 0,05$)

Abschließend wird in Tab. 22 die inferenzstatistische Analyse der Alltagsaktivitätsvariablen im gesamten Untersuchungszeitraum zusammengefasst. Eindeutig sind die positiven Auswirkungen der stationären Rehabilitation auf die Entwicklung der Alltagsaktivität bei Patienten mit eingangs niedrigem Aktivitätsniveau erkennbar. Es lassen sich ausnahmslos signifikante Effekte nachweisen, sowohl für die Umfangsvariablen, als auch für die Intensitätsvariablen.

ADL- Variable	Teststatistik <i>F</i>	<i>p</i> - Wert	η_p^2	Klinische Wertung
				Wahrscheinlichkeit eines förderlichen / trivialen / negativen Effekts
Gangzyklen / d ¹	13,879	<0,001	0,61	höchst wahrscheinlich förderlich (100/0/0)
Gangzyklen / h ¹	11,331	<0,001	0,56	höchst wahrscheinlich förderlich (100/0/0)
Kadenz (\emptyset GZ/min)	17,297	<0,001	0,66	höchst wahrscheinlich förderlich (100/0/0)
MVPA ¹ ($\Sigma >40$ GZ/min)	19,303	<0,001	0,68	höchst wahrscheinlich förderlich (100/0/0)
40-49 GZ/min ¹	9,915	<0,001	0,52	höchst wahrscheinlich förderlich (100/0/0)
50-59 GZ/min ¹	10,749	<0,001	0,54	höchst wahrscheinlich förderlich (100/0/0)
≥ 60 GZ/min	4,977	0,007	0,36	höchst wahrscheinlich förderlich (99,6/0,1/0,3)
top10_ind	11,178	<0,001	0,55	höchst wahrscheinlich förderlich (100/0/0)
top30_ind	15,250	<0,001	0,63	höchst wahrscheinlich förderlich (100/0/0)
top60_ind	18,738	<0,001	0,68	höchst wahrscheinlich förderlich (100/0/0)
top10_cons	14,985	<0,001	0,63	höchst wahrscheinlich förderlich (100/0/0)
top30_cons	17,393	<0,001	0,66	höchst wahrscheinlich förderlich (100/0/0)
top60_cons	14,445	<0,001	0,62	höchst wahrscheinlich förderlich (100/0/0)

Tab. 22: Inferenzstatistischen Analyse und Effektgrößen der Alltagsaktivitätsvariablen zwischen den Messzeitpunkten bei Patienten mit eingangs niedrigem Aktivitätsniveau

¹ Quadratwurzeltransformation

$\eta_p^2 = 0,01$ kleiner Effekt, $\eta_p^2 = 0,06$ mittlerer Effekt, $\eta_p^2 = 0,14$ großer Effekt

Im nächsten Schritt wird der Frage nachgegangen, ob die Patienten nach der stationären Rehabilitation wieder ein alters- und geschlechtsentsprechendes Aktivitätsniveau erreichen.

Vergleich der Alltagsaktivität der pädiatrisch onkologischen Patienten mit alters- und geschlechtsentsprechenden Referenzwerten

Frage 4: Erreichen die Patienten nach einer stationären Rehabilitationsmaßnahme wieder das Niveau gleichaltriger, gesunder Kinder?

Auf der Grundlage aktueller Referenzwerte zur Alltagsaktivität von gesunden Kindern und Jugendlichen soll anhand der folgenden Variablen untersucht werden, inwiefern die Alltagsaktivität der Patienten vor Beginn der Rehabilitation vom Aktivitätsniveau der Vergleichsstichproben abweicht und ob im Anschluss an die stationäre Maßnahme das Niveau gleichaltriger, gesunder Kinder wieder erreicht werden kann. Hierzu werden die folgenden, unterschiedlichen Aktivitätsvariablen analysiert, um detaillierte Informationen mögliche Defizite hinsichtlich des Bewegungsumfangs und der -intensität zu erhalten:

- Gangzyklen (Doppelschritte) pro Tag [35],
- Inaktivität (Minuten) pro Tag [14] ,
- Aktivitätsdauer (in Minuten) mit Schrittfrequenzen von
 - 40-49 Gangzyklen pro Minute
 - 50-59 Gangzyklen pro Minute
 - ≥ 60 Gangzyklen pro Minute [7],
- Spitzenschrittfrequenz (*peak cadence*)
 - top30_ind
 - top60_ind [48].

Der Vergleich der Alltagsaktivität zwischen der Patienten- und der Referenzstichprobe wurde für den Aktivitätsumfang (Gangzyklen pro Tag) für die gesamte Stichprobe bereits in [Abb. 33](#) sowie für Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau in [Abb. 42](#) dargestellt. Auffällig ist das allgemein sehr hohe Aktivitätsniveau der gesamten Patientenstichprobe mit durchschnittlich ca. 5.800 Gangzyklen bzw. 11.600 Schritten vor der Rehabilitation (n=150) sowie 5.700 Gangzyklen bzw. 11.400 Schritten täglich direkt im Anschluss an die Maßnahme (n=145). Damit weisen die Patienten ein im Vergleich mit alters- und geschlechtsentsprechenden Referenzwerten von ca. 5.600 Gangzyklen bzw. 11.200 Schritten pro Tag bei gesunden Kindern und Jugendlichen leicht überdurchschnittliches Alltagsaktivitätsniveau auf [35].

Die Patienten konnten ihre Alltagsaktivität in den Folgemessungen sechs und zwölf Monate nach der Rehabilitation leicht steigern. In der Abschlussmessung nach einem Jahr erreichen die Patienten (n=136) mit 6.057 (± 2.289) Gangzyklen pro Tag sogar ein signifikant höheres Aktivitätsniveau im Vergleich zur alters- und geschlechtsentsprechenden Referenzstichprobe, die durchschnittlich 5.497 Gangzyklen pro Tag erreichte (Mann-Whitney *U*-Test: $p=0,009$).

Im Folgenden wird die Entwicklung der Alltagsaktivität differenziert nach Hauptdiagnosegruppe in Relation zur Referenzstichprobe dargestellt. Bei den Hirntumorpatienten ist neben einem Anstieg des Bewegungsumfanges (durchschnittliche Gangzyklen pro Tag) auch eine Annäherung des Aktivitätsniveaus an die Werte der Vergleichsstichprobe deutlich erkennbar (Abb. 44). Die Differenz zwischen beiden Gruppen betrug vor der Rehabilitation noch 558 Gangzyklen pro Tag, reduzierte sich jedoch im weiteren Verlauf auf 346 Gangzyklen täglich direkt im Anschluss an die Rehabilitation. Zwölf Monate nach Abschluss der Maßnahme erreichten die Hirntumorpatienten ein im Vergleich zur Referenzgruppe leicht höheres Aktivitätsniveau (+32 Gangzyklen täglich). Der Mann-Whitney *U*-Test ergab nach Anpassung des Signifikanzniveaus auf $\alpha=0,0125$ für vier Paarvergleiche (Bonferroni) keinen statistisch signifikanten Gruppenunterschied zu den vier Messzeitpunkten (Daten nicht normalverteilt, Varianzhomogenität nicht gegeben → nicht-parametrische Datenanalyse).

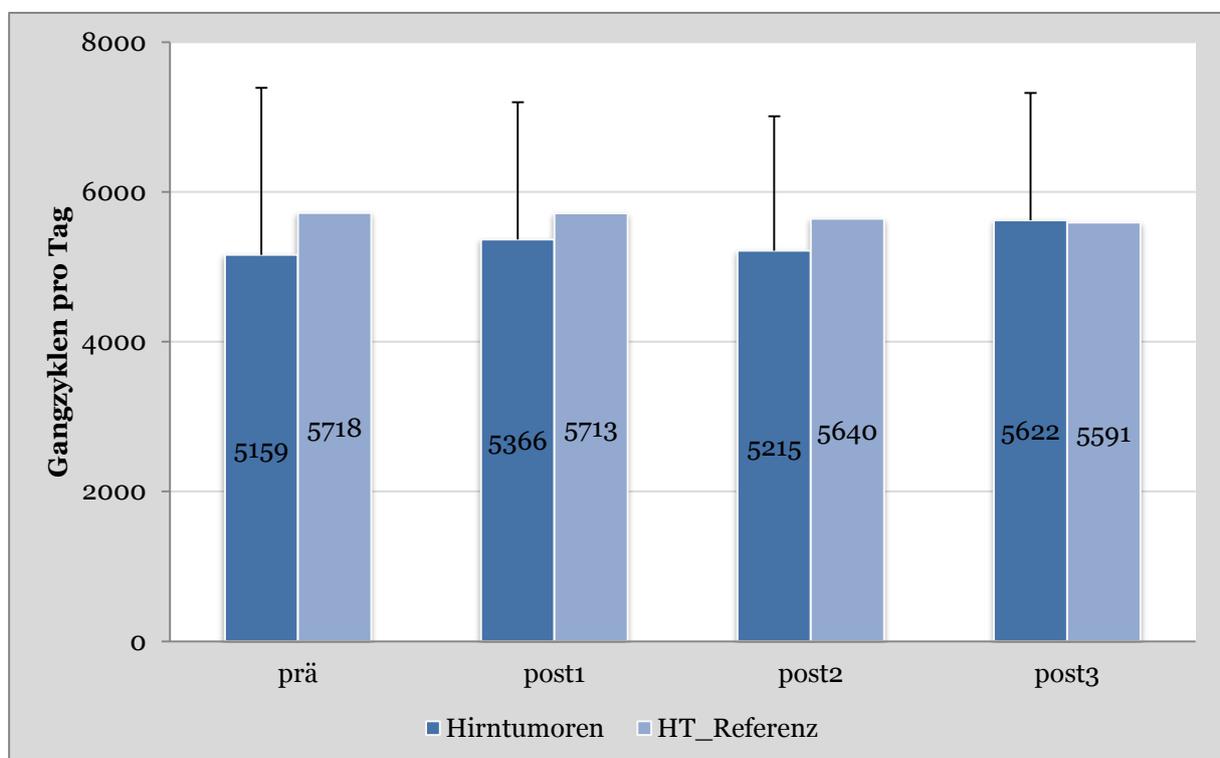


Abb. 44: Entwicklung der Alltagsaktivität der Hirntumorpatienten im Messzeitraum im Vergleich zur Referenzstichprobe

Bei den Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten kann in Abb. 45 ebenfalls eine Annäherung an das Aktivitätsniveau der Vergleichsgruppe erkannt werden. Lediglich in der Eingangsmessung zeigte sich ein signifikanter Gruppenunterschied ($p<0,001$). In den Folgemessungen reduzierte sich die Differenz zwischen den Gruppen, fiel jedoch für die Abschlussmessung nach einem Jahr mit 532 Gangzyklen täglich größer aus als nach sechs Monaten (191 Gangzyklen pro Tag)

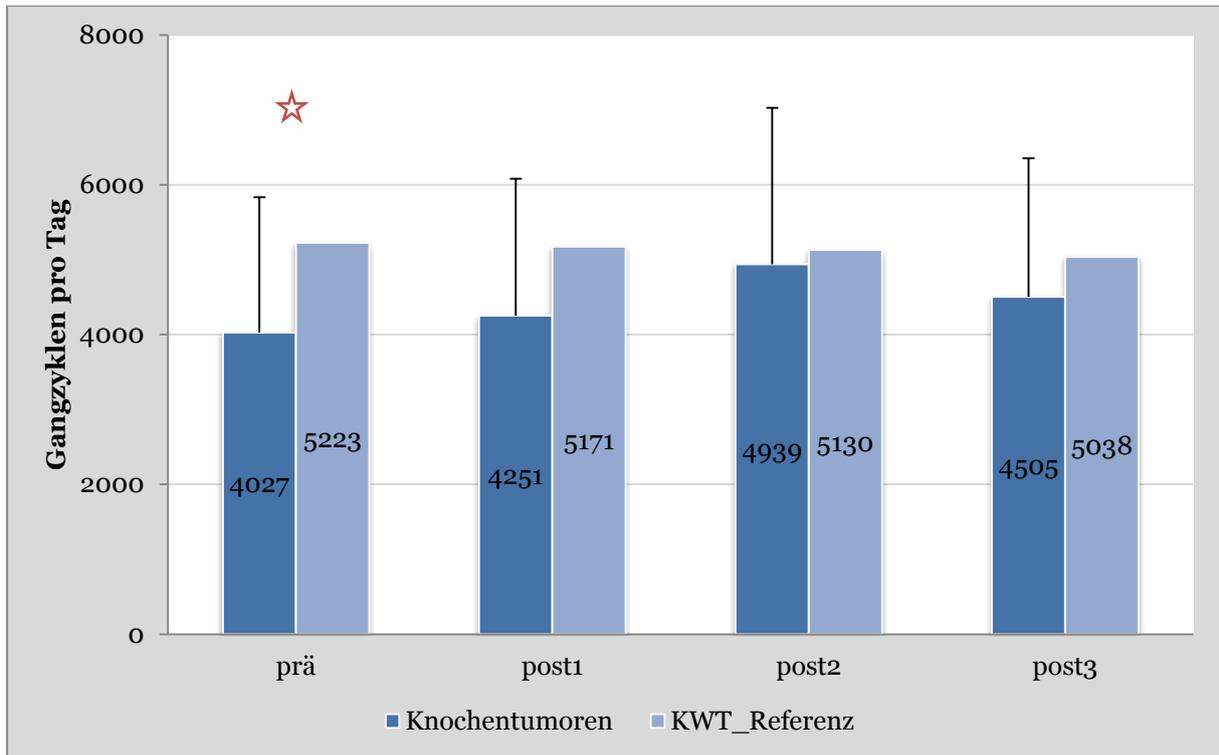


Abb. 45: Entwicklung der Alltagsaktivität der Knochtumor- und Weichteilsarkompatienten im Messzeitraum im Vergleich zur Referenzstichprobe

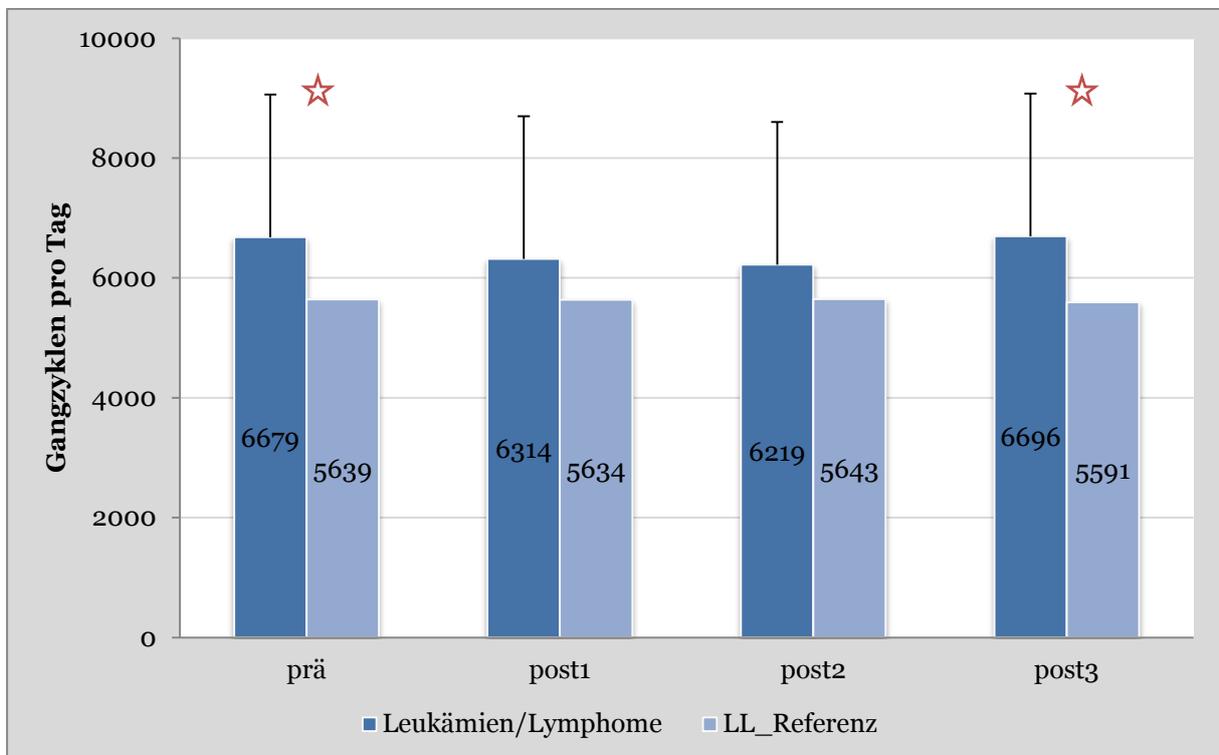


Abb. 46: Entwicklung der Alltagsaktivität der Leukämie- und Lymphompatienten im Messzeitraum im Vergleich zur Referenzstichprobe

Bei den Leukämie- und Lymphompatienten ist in [Abb. 46](#) ein im Vergleich zur Referenzstichprobe durchweg höheres Aktivitätsniveau erkennbar. In der Eingangsmessung ($p=0,001$) und in der Abschlussmessung ($p<0,001$) erreichen die Leukämie- und Lymphompatienten statistisch signifikant höhere Bewegungsumfänge.

Die Patienten mit niedrigem Aktivitäts-Ausgangsniveau weisen trotz deutlicher Aktivitätssteigerung in den Folgemessungen zu sämtlichen Messzeitpunkten ein im Vergleich mit der gesunden Referenzgruppe statistisch signifikant reduziertes Aktivitätsniveau auf ($p\leq 0,004$). Die Gruppendifferenz reduzierte sich jedoch von durchschnittlich 2.653 Gangzyklen pro Tag in der Eingangsmessung auf 1.274 Gangzyklen pro Tag im Anschluss an die Rehabilitation (post1), 994 Gangzyklen pro Tag nach sechs Monaten (post2) und 1.210 Gangzyklen pro Tag nach einem Jahr in der Abschlussmessung (post3).

Im Vergleich zu den Referenzwerten [14] weisen die Patienten zu sämtlichen Messzeitpunkten signifikant höhere Inaktivitätszeiten auf ($p<0,001$). Hierbei handelt es sich um die Anzahl an Minuten, in denen keine Aktivität registriert wurde. Die Werte der Patientenstichprobe reduzieren sich zwar von der Eingangs- zur Abschlussmessung um durchschnittlich 19 Minuten, liegen damit aber auch ein Jahr nach Abschluss der Rehabilitation deutlich über den Referenzwerten von ca. 980 Minuten täglich.

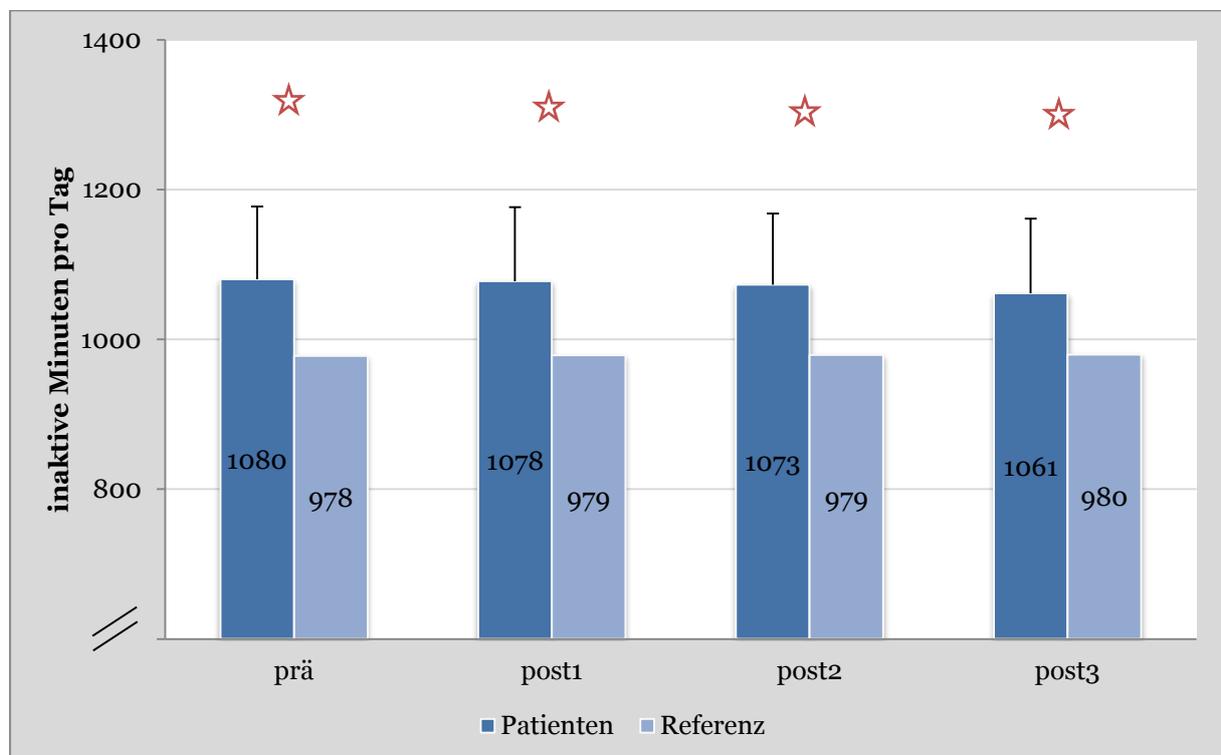


Abb. 47: Darstellung der Inaktivitätszeiten zu den vier Messzeitpunkten in Relation zu den Referenzwerten [14]

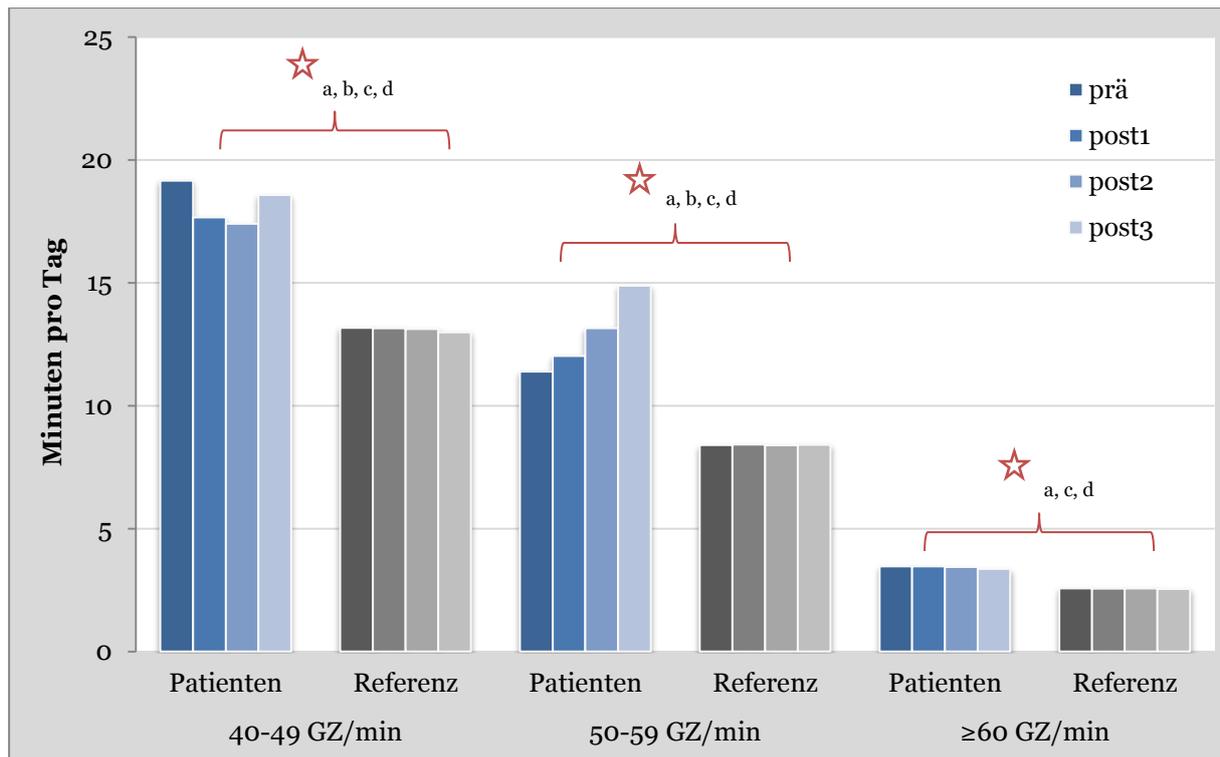


Abb. 48: Aktivitätsdauer in höheren Intensitätsbereichen im Vergleich zu den Referenzwerten [7]

★ $p < 0,0125$ (multiple Paarvergleiche)

^a signifikanter Unterschied in der Eingangsmessung (prä)

^b signifikanter Unterschied in der Messung nach Abschluss der Rehabilitation (post1)

^c signifikanter Unterschied in der Messung sechs Monate nach Abschluss der Rehabilitation (post2)

^d signifikanter Unterschied in der Messung zwölf Monate nach Abschluss der Rehabilitation (post3)

Abb. 48 zeigt die Veränderungen der Alltagsaktivität im höheren Intensitätsbereich mit Schrittfrequenzen von 40 Gangzyklen (80 Schritten) und mehr pro Minute. Die Patienten verbringen in den drei Bereichen signifikant mehr Zeit verglichen mit der Referenzstichprobe. Lediglich in der der Messung direkt im Anschluss an die Rehabilitation (post1) findet sich im Bereich von ≥ 60 Gangzyklen pro Minute nach Anpassung des Signifikanzniveaus kein statistisch signifikanter Gruppenunterschied ($p = 0,016$). Deutlich ist zudem erkennbar, dass die Patienten in den Folgemessungen etwas weniger Zeit im Bereich zwischen 40-49 Gangzyklen pro Minute verbringen, andererseits ihre Aktivität im intensiveren Bereich von 50-59 Gangzyklen kontinuierlich von 11,4 auf 14,9 Minuten steigern konnten.

Auffällig ist darüber hinaus das im Vergleich zu den Ergebnissen von 205 gesunden Kindern und jungen Erwachsenen im Alter zwischen zehn und 30 Jahren deutlich höhere Aktivitätsniveau im Bereich der Spitzenschrittfrequenz (*peak cadence*). In der Studie von GARDNER et al. [48], in der die Aktivität ebenfalls mit dem StepWatch 3 Activity Monitor

(SAM) gemessen wurde, erreichten die Probanden in den 30 aktivsten Minuten des Tages durchschnittlich 25,0 ($\pm 8,5$) Gangzyklen pro Minute und 18,8 ($\pm 7,2$) Gangzyklen pro Minute in der aktivsten Stunde. Die Werte der Patienten vor und nach der Rehabilitation in Bad Oexen lagen zwischen 45,4 ($\pm 9,2$, prä) und 47,5 ($\pm 7,6$, post3) Gangzyklen pro Minute für die aktivsten 30 Minuten (top30_ind). In den aktivsten 60 Minuten des Tages erreichten die Patienten zwischen 39,0 ($\pm 9,3$, prä) und 41,0 ($\pm 8,2$, prä) Gangzyklen pro Minute. Das vergleichsweise hohe Aktivitätsniveau im Bereich der Spitzenschrittfrequenz (*peak cadence*) konnte demnach im Untersuchungsverlauf weiter gesteigert werden.

Weitere Fragestellungen

Im Folgenden wird über die Korrelationsanalyse der Zusammenhang zwischen der Alltagsaktivität (ADL) als abhängige Variable und den folgenden unabhängigen Variablen untersucht:

- Alter der Patienten,
- Body-Mass-Index (standard deviation score, SDS) der Patienten,
- Dauer der Akuttherapie (in Monaten),
- Zeitdauer (in Monaten) zwischen Therapieende und Rehabilitation,
- Geschlecht der Patienten,
- Strahlentherapie im Rahmen der Akutbehandlung.

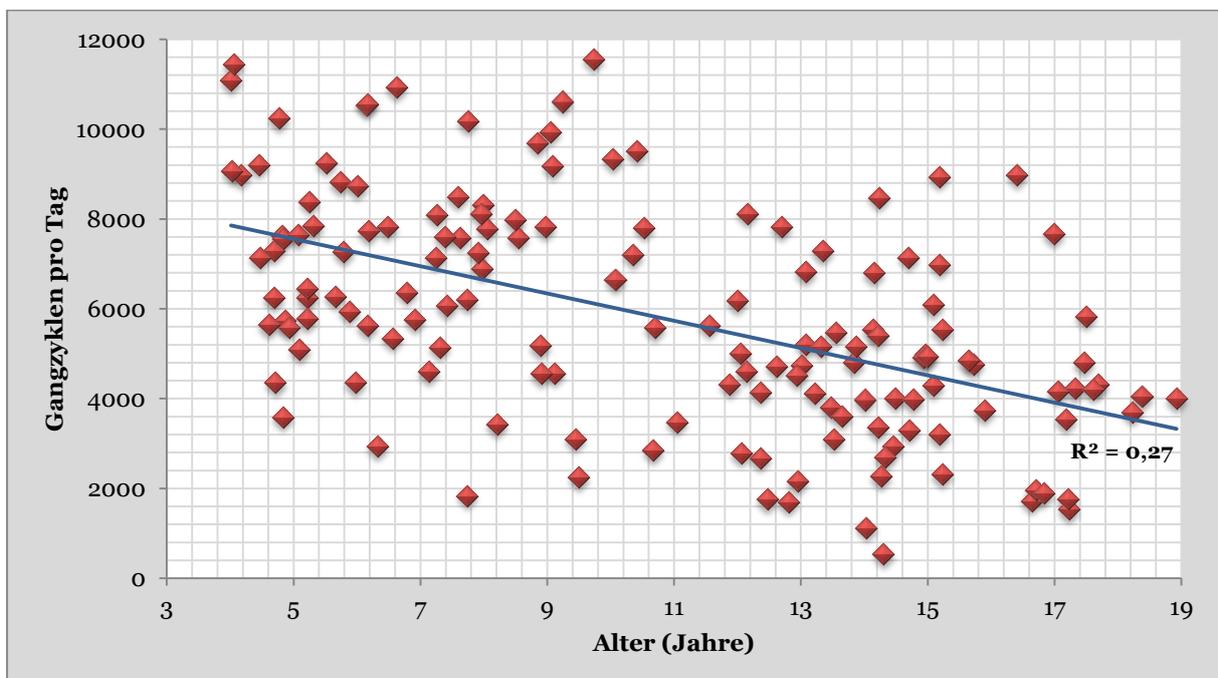


Abb. 49: Zusammenhang zwischen der Alltagsaktivität und dem Alter der Patienten

Die Korrelationsanalyse ergab einen signifikanten negativen Zusammenhang zwischen der Alltagsaktivität der Eingangsmessung (Gangzyklen pro Tag) und dem Alter der Patienten ($r=-0,520$, $p<0,001$). Demnach sind die jüngeren Patienten deutlich aktiver als die älteren Patienten (Abb. 49). Es zeigte sich ebenfalls ein negativer Zusammenhang zwischen der Alltagsaktivität und der Dauer der Akuttherapie ($r=-0,221$, $p=0,006$). Patienten mit kürzerer Therapiedauer im Akutkrankenhaus waren in der Eingangsmessung körperlich aktiver als Patienten mit einer längeren Akuttherapiedauer. Weder der zeitliche Abstand zwischen dem Ende der Akuttherapie und dem Beginn der Rehabilitation ($r=-0,115$), noch der BMI der Patienten ($r=0,042$) wies eine signifikante Korrelation mit der Alltagsaktivität (Gangzyklen pro Tag) in der Eingangsmessung auf.

Die punktbiseriale Korrelation deutet mit $r=0,165$ ($p=0,045$) für den Aktivitätsumfang (Gangzyklen pro Tag) und $r=0,195$ ($p=0,017$) für moderate bis anstrengende körperliche Aktivität (MVPA) auf ein höheres Alltagsaktivitätsniveau der männlichen Patienten hin. Eine Strahlentherapie hingegen geht mit einer reduzierten Alltagsaktivität einher (Gangzyklen pro Tag: $r=-0,123$, nicht signifikant, und MVPA: $r=-0,108$, nicht signifikant).

Abschließend wird der Frage nachgegangen, ob die Anzahl der unterschiedlichen bewegungstherapeutischen Verordnungen im Rahmen der stationären Rehabilitation die Entwicklung der Alltagsaktivität beeinflusst. Diese wurden wie folgt zusammengefasst:

- Krankengymnastik Einzeltherapie („KG trocken“)
- Krankengymnastik Einzeltherapie im Wasser („KG Wasser“)
- Therapeutisches Reiten („Hippotherapie“)
- Summe der einzeltherapeutischen Verordnungen („Einzeltherapie“)
- Summe der gruppentherapeutischen Verordnungen („Gruppentherapie“)
- Summe der gesamten bewegungstherapeutischen Verordnungen („ Σ Therapie-EH“)

Es wurde im Anschluss die Veränderung der körperlichen Aktivität zwischen Eingangs- und Reha-Abschlussmessung (post₁ – prä) mit der Anzahl der jeweiligen oben genannten Verordnungen korreliert. Der Übersicht halber werden lediglich die Variablen *Gangzyklen pro Tag* (Tab. 23) als Indikator für den täglichen Bewegungsumfang und die *Dauer der körperlichen Aktivität oberhalb von 50 Gangzyklen pro Minute* („>50 GZ/min“) als Indikator für intensive körperliche Aktivität (Tab. 24) präsentiert.

Die Korrelationsanalysen offenbaren positive und negative Korrelationen, überwiegend jedoch geringe Zusammenhänge zwischen der Entwicklung der Alltagsaktivität und der Anzahl bewegungstherapeutischer Verordnungen. Signifikante Zusammenhänge wurden lediglich bei Leukämie- und Lymphompatienten beobachtet, jedoch nur für die

einzeltherapeutischen Verordnungen „KG trocken“ (n=27) und „KG Wasser“ (n=15), die wiederum in dieser Patientengruppe im Vergleich zu Hirn- oder Knochentumorpatienten im Rahmen der stationären Rehabilitation eine untergeordnete Rolle spielen.

GZ/Tag (post1-prä)	Hirntumoren	Knochentumoren/ Weichteilsarkome	Leukämien/ Lymphome	geringes ADL- Ausgangsniveau
KG trocken	-0,194	0,254	0,012	-0,314
KG Wasser	0,138	-0,078	-0,570*	-0,288
Hippotherapie	-0,148	-0,051	0,073	-0,245
Einzeltherapie	-0,227	0,163	0,149	-0,281
Gruppentherapie	0,074	-0,260	-0,033	0,212
Σ Therapie-EH	-0,268	-0,130	0,030	-0,247

Tab. 23: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Alltagsaktivität im prä-post1-Vergleich (Bewegungsumfang) und der Bewegungstherapie im Rahmen der stationären Rehabilitation

(* signifikante Korrelation $p < 0,05$)

>50 GZ/min (post1-prä)	Hirntumoren	Knochentumoren/ Weichteilsarkome	Leukämien/ Lymphome	geringes ADL- Ausgangsniveau
KG trocken	-0,018	0,337	0,382*	-0,142
KG Wasser	-0,017	0,009	-0,439	-0,149
Hippotherapie	0,013	0,063	0,173	-0,158
Einzeltherapie	-0,055	0,262	0,224	-0,178
Gruppentherapie	-0,024	-0,247	-0,038	-0,011
Σ Therapie-EH	-0,279	-0,193	0,037	-0,272

Tab. 24: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Alltagsaktivität im prä-post1-Vergleich (Bewegungsintensität) und der Bewegungstherapie im Rahmen der stationären Rehabilitation

(* signifikante Korrelation $p < 0,05$)

Zusammenfassend zeigt sich in den Korrelationsanalysen, dass eine längere Akuttherapie mit geringeren Alltagsaktivitäten einhergeht. Eine Bestrahlung hingegen weist lediglich einen geringen negativen Effekt auf die Alltagsaktivität auf. Darüber hinaus scheinen Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten insbesondere von der Einzelkrankengymnastik (KG trocken) zu profitieren. Andererseits zeigt sich ein negativer Zusammenhang zwischen der Summe an bewegungstherapeutischen Verordnungen und der Entwicklung der

Alltagsaktivität. Patienten mit vergleichsweise vielen Anwendungen weisen die größten Aktivitätseinbußen nach der Rehabilitation auf.

Diskussion

Frage 1:

Verbessert sich die Alltagsaktivität von onkologisch erkrankten Kindern und Jugendlichen während und direkt nach dem vierwöchigen stationären Rehabilitationsaufenthalt?

Mit durchschnittlich 5.750 Gangzyklen bzw. 11.500 Schritten pro Tag weist die Patientenstichprobe bereits vor Beginn der Rehabilitation ein hohes Aktivitätsniveau auf. In den Umfangsvariablen der Alltagsaktivität zeigen sich nach Abschluss der Rehabilitation keine Veränderungen. Ein Trend in Richtung vermehrter Aktivitäten im Bereich höherer Bewegungsintensitäten, die charakteristisch für das Bewegungsverhalten von Kindern sind, ist nach Abschluss der Rehabilitation erkennbar.

Aktuellen Gesundheitsempfehlungen entsprechend sollten Vorschulkinder 180 Minuten pro Tag in unterschiedlichen Intensitätsbereichen körperlich aktiv sein. Ältere Kinder und Jugendliche sollten mindestens 60 Minuten moderate bis anstrengende körperliche Aktivität (MVPA) erreichen. Zusätzlich sollten an mindestens drei Tagen der Woche anstrengende körperliche Aktivitäten (VPA) in den Tagesablauf integriert werden [76].

In diesen Empfehlungen kommt zum Ausdruck, dass für eine gesunde Entwicklung im Kindes- und Jugendalter nicht nur der Umfang der Alltagsaktivität relevant ist, sondern dass insbesondere das variable Aktivitätsverhalten eine wichtige Komponente der motorischen Entwicklung und Voraussetzung der Teilhabe an den Aktivitäten des täglichen Lebens mit den Freunden ist [102]. Daher würde eine Analyse der Alltagsaktivität von Kindern und Jugendlichen über die alleinige Angabe der täglich akkumulierten Schrittzahl nicht ausreichen, um das Aktivitätsverhalten altersgerecht zu beschreiben. Aus diesem Grund wurde der StepWatch 3 Activity Monitor (SAM) eingesetzt, der neben dem täglichen Bewegungsumfang die Bestimmung der Alltagsaktivität in verschiedenen Intensitätsbereichen ermöglicht.

Für den Vergleich der täglichen Schrittzahl der Patienten mit Normwerten muss einschränkend darauf hingewiesen werden, dass diese mit einem Schrittzähler (Pedometer) erhoben wurden. Die Mehrheit der Aktivitätsmonitore beschreibt das Aktivitätsverhalten

lediglich über den Aktivitätsumfang, also die tägliche Schrittzahl. Die Technologie dieser Pedometer unterscheidet sich von der des StepWatch 3 Activity Monitors (SAM, Akzelerometer), der in der vorliegenden Untersuchung eingesetzt wurde [87,88]. Diese Unterschiede zeigen sich insbesondere bei langsamen Geschwindigkeiten, die von den Schrittzählern aufgrund geringerer Impulse ungenau erfasst werden. So lässt sich die niedrigere Schrittzahl von Messungen mit Pedometern gegenüber Akzelerometern erklären.

Dennoch wurden die Pedometer-Vergleichswerte aus der Studie von CRAIG et al. [35] herangezogen, da es sich hierbei um die aktuell größte Datenbank handelt, die alters- und geschlechtsentsprechende Normwerte zur Alltagsaktivität zur Verfügung stellt. Das ist unerlässlich, da es nicht „den einen Aktivitätswert“ wie z.B. 10.000 Schritte pro Tag für beide Geschlechter und sämtliche Altersgruppen gibt. Die Alltagsaktivität von Kindern im Alter von 6-11 Jahren ist höher als die von Vorschulkindern im Alter von 4-6 Jahren. Ab einem Alter von 11-12 Jahren sinkt das Aktivitätsniveau kontinuierlich bis in das Erwachsenenalter, wobei Jungen aktiver sind als Mädchen [35,131,132]. Aufgrund dieser Unterschiede ist es wichtig, für die Einordnung von Aktivitätsdaten von Kindern und Jugendlichen auf alters- und geschlechtsentsprechende Normwerte zurückzugreifen.

In den Ergebnissen der **Aktivitätsumfänge** fällt das allgemein sehr hohe Aktivitätsniveau der Kinder und Jugendlichen mit täglich ca. 5.750 Gangzyklen bzw. 11.500 Schritten auf. Damit weisen die Patienten vor und direkt nach der Rehabilitation im Vergleich mit alters- und geschlechtsentsprechenden Normwerten (ca. 5.580 Gangzyklen bzw. 11.160 Schritte pro Tag bei gesunden Kindern und Jugendlichen) ein leicht überdurchschnittliches Alltagsaktivitätsniveau auf [35].

Auch der Vergleich der durchschnittlichen Schrittfrequenz fiel in der gesamten Patientenstichprobe im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe mit 205 Kindern und jungen Erwachsenen im Alter von 17,9 ($\pm 5,5$) Jahren aus dem amerikanischen Raum höher aus. Während die Vergleichswerte der gesunden Probanden, die mit einem Akzelerometer erfasst wurden, bei durchschnittlich 14,9 ($\pm 3,2$) Gangzyklen pro Minute lagen, erreichten die Patienten vor und direkt nach der Rehabilitation 15,6 ($\pm 3,8$) sowie 15,6 ($\pm 3,5$) Gangzyklen pro Minute.

Darüber hinaus waren die Patienten vor und direkt nach ihrer Rehabilitation durchschnittlich 360 Minuten pro Tag körperlich aktiv. Dieser Wert liegt etwas oberhalb der Vergleichsdaten der oben genannten Studie, in der die Teilnehmer täglich 337 Minuten aktiv waren [48]. Im Vergleich mit einer jüngeren, gesunden Stichprobe (n=428) im Alter von 2-15 Jahren (BJONRSON et al. [14] hingegen ist dieser Wert als leicht unterdurchschnittlich zu beurteilen. Die Probanden waren täglich zwischen 423 und 511 Minuten körperlich aktiv. In

ihrer Untersuchung ist darüber hinaus ein Alterstrend zu erkennen: bis zu einem Alter von sieben Jahren steigt der Aktivitätsumfang, ab acht Jahren ist er rückläufig. Daraus ergibt sich, dass Aktivitätsumfänge einen negativen Zusammenhang mit dem Alter aufweisen. Dieser wurde auch in den vorliegenden Daten der Aktivitätsmessung vor Rehabilitationsbeginn über die Korrelationsanalyse ermittelt ($r=-0,520$; $p<0,001$).

Werden die Ergebnisse zu den Aktivitätsumfängen der Patienten vor und nach der Rehabilitation zusammengefasst, ist kein Unterschied in der Alltagsaktivität zwischen beiden Messungen zu erkennen. Dieses Ergebnis ist mit dem bereits vor der Rehabilitation hohen Alltagsaktivitätsniveau der Patienten zu erklären, das nahezu dem Niveau gesunder Kinder und Jugendlicher gleichen Alters und Geschlechts entspricht.

Die Ergebnisse der **Alltagsaktivität im höheren Intensitätsbereich** deuten auf eine leichte Aktivitätssteigerung nach Abschluss der Rehabilitation hin. Die Dauer im Schrittfrequenzbereich von 40-49 Gangzyklen pro Minute reduzierte sich zwischen Eingangs- und Abschlussmessung zwar, gleichzeitig stieg jedoch die Aktivitätsdauer im Bereich von 50-59 Gangzyklen pro Minute an. Ähnlich wie in den Ergebnissen zu den Aktivitätsumfängen waren die Patienten vor und nach Abschluss ihrer Rehabilitation in Bad Oexen in diesen höheren Intensitätsbereichen deutlich aktiver als die in der Literatur gefundenen Vergleichswerte von 2.610 gesunden Kindern und Jugendlichen im Alter von 6-19 Jahren [7]. Die Patienten waren im Schrittfrequenzbereich von 40-49 GZ/min über sechs Minuten länger aktiv (19,1 vs. 12,9 Minuten), im Bereich von 50-59 GZ/min über drei Minuten und im Bereich von ≥ 60 GZ/min eine Minute länger aktiv.

Zusätzlich konnte eine leichte Steigerung der *peak cadence* und der Aktivitätsblöcke beobachtet werden, wobei die Effekte als sehr gering zu bewerten sind ($d=0,10$). Dennoch deutet eine Zunahme der *peak cadence* auf eine Steigerung des Anteils der für Kinder typischen Aktivitätsmuster mit hohen, variierenden Intensitätsbereichen hin [103,106,124]. Der leichte Anstieg der Aktivitätsblöcke von 10, 30 und 60 Minuten Dauer kann als Zeichen einer leicht verbesserten Ausdauerleistungsfähigkeit im Alltag der Patienten nach Abschluss der Rehabilitation gewertet werden.

Für die *peak cadence* Werte wurden in der Patientenstichprobe vor und nach der Rehabilitation erneut höhere Werte im Vergleich zu den Literaturangaben [7] ermittelt. Da die Patienten bereits vor Beginn der Rehabilitation insgesamt ein leicht überdurchschnittliches Aktivitätsniveau in den hohen Intensitätsbereichen aufwiesen, war eine signifikante Steigerung der Alltagsaktivität in diesem Bereich unwahrscheinlich. Dennoch zeigten sich leichte Verbesserungen, die aufgrund des hohen Eingangsniveaus nicht als klinisch relevant zu bezeichnen sind.

Frage 2:

Zeigen sich anhaltende Effekte der Rehabilitation auf die Entwicklung der Alltagsaktivität, die auch sechs und zwölf Monate nach Ende des Aufenthalts nachgewiesen werden können?

Im Untersuchungszeitraum konnte kein signifikanter Einfluss der stationären Rehabilitation auf den Aktivitätsumfang nachgewiesen werden. Der Anstieg von eingangs durchschnittlich 5.834 auf 6.057 Gangzyklen pro Tag zwölf Monate nach Abschluss der Rehabilitation entspricht einem kleinen Effekt ($\eta_p^2=0,04$).

Die Entwicklung der Alltagsaktivität im hohen Intensitätsbereich deutet mit einer signifikant längeren Aktivitätsdauer im Schrittfrequenzbereich von 50-59 Gangzyklen pro Minute auf einen mittleren bis großen Rehabilitationseffekt hin ($\eta_p^2=0,09$). Eine höhere *peak cadence* (Spitzenschrittfrequenz) und eine Zunahme der Aktivität in den 10, 30 und 60 aktivsten Minuten des Tages als Indikator der Ausdauerleistungsfähigkeit im Alltag untermauern die positiven Auswirkungen der Rehabilitation auf die Entwicklung der Alltagsaktivität in hohen Intensitätsbereichen.

Wird der Aktivitätsumfang der Patienten im gesamten Untersuchungszeitraum betrachtet, zeigen sich keine relevanten Aktivitätssteigerungen. Der Effekt, der sich aus der Zunahme von ca. 200 Gangzyklen zwischen Eingangs- und Abschlussuntersuchung ergibt, ist letztlich auf eine längere Tragezeit des Aktivitätsmonitors in der Abschlussmessung zurückzuführen. Wird die körperliche Aktivität pro Tragestunde analysiert, sind die Werte der ersten und letzten Aktivitätsmessung mit durchschnittlich 506 bzw. 505 Gangzyklen stündlich nahezu identisch, so dass keine generelle Veränderung im Alltagsaktivitätsumfang zu erkennen ist.

Dass dennoch die Alltagsaktivitätsumfänge bei einem Teil der Patienten positiv durch die Rehabilitation beeinflusst wurden, wird in der Darstellung der unteren Perzentile der Aktivitätsdaten in [Tab. 15](#) und [Tab. 16](#) deutlich. Diese Ergebnisse deuten auf einen klaren Anstieg der Aktivitätsumfänge bei Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau hin, die im nächsten Kapitel gesondert diskutiert werden.

Aktuell werden Kindern und Jugendlichen 60 Minuten körperliche Aktivität im moderaten bis anstrengenden Aktivitätsbereich empfohlen [76]. In dieser Richtlinie wird nicht Bezug auf den Aktivitätsumfang, sondern auf die Intensität der körperlichen Aktivität genommen. Diese bezieht sich auf den Energieverbrauch und kann mit Hilfe des metabolischen Äquivalents (MET) beschrieben werden [110]. MET wiederum repräsentiert das Verhältnis zwischen dem Energieverbrauch während der Muskelarbeit und dem Ruheenergieverbrauch. Moderate bis anstrengende körperliche Aktivität (MVPA) entspricht dabei einer Aktivität in

Höhe von 3 bis 6 MET oder 3,5 bis 7 kcal/min, was wiederum einem Gehtempo von 4 bis 7 km/h gleichkommt [97]. Umgerechnet bedeutet dieser Wert für Kinder und Jugendliche eine kontinuierliche Aktivität mit einer Kadenz von ca. 120 Schritten (60 Gangzyklen) pro Minute, ausgehend von einer Schrittlänge von ca. 55 cm (vgl. Abb. 18). Diese Schrittfrequenz wurde auch von GRASER et al. als MVPA-Korrelat bei 10-12 jährigen Kindern identifiziert [56].

Diese Werte werden jedoch weder von der Patienten in der vorliegenden Studie, noch von gesunden Kindern und Jugendlichen über einen längeren Zeitraum erreicht [7]. Im gesamten Untersuchungszeitraum waren die Patienten durchschnittlich lediglich 3,5 Minuten im hohen Kadenzbereich von über 60 Gangzyklen pro Minute aktiv. In der Vergleichsstudie von BARREIRA et al. lag dieser Wert für beide Geschlechter und für unterschiedliche Altersklassen zwischen 2,0 und 3,0 Minuten pro Tag [7].

Das komplexe Bewegungsprofil von Kindern ist durch viele spontane und impulsive Bewegungsphasen charakterisiert [87,106]. Deutlich seltener werden bei Kindern kontinuierliche Schrittaktivitäten wie bei Erwachsenen beobachtet. Da zur Aktivitätserfassung mit dem SAM ebenso wie in der oben genannten Vergleichsstudie [7] Aufzeichnungsintervalle von einer Minute gewählt wurden, konnten diese hohen Schrittfrequenzen nur erfasst werden, wenn sie eine Länge von mindestens zwei Minuten auswiesen, was wiederum nicht dem typischen, variablen Bewegungsverhalten von Kindern entspricht.

Somit erklärt sich die große Differenz zwischen der gemessenen Dauer von drei Minuten und der Empfehlung von 60 Minuten MVPA pro Tag. Diese Problematik kann nur umgangen werden, wenn kürzere Messintervalle gewählt werden, in denen die hohen Schrittfrequenzen der Kinder von kurzer Dauer adäquat abgebildet werden. Dementsprechend lauten aktuelle Empfehlungen, Alltagsaktivitäten von Kindern und Jugendlichen mit verkürzten Messintervallen von 5, 10 oder maximal 15 Sekunden aufzuzeichnen [2,47]. Die präzisere Aktivitätserfassung mit kurzen Messintervallen hat jedoch eine deutlich geringere Speicherkapazität zur Folge. Um einen möglichen Datenverlust durch zu spätes Anlegen des Aktivitätsmonitors durch die Patienten zu vermeiden, wurde der SAM mit einem Messintervall von einer Minute programmiert, was eine Aktivitätsspeicherung von 72 Tagen erlaubt.

MVPA wurde schließlich als körperliche Aktivität mit Schrittfrequenzen über 40 Gangzyklen pro Minute definiert. Diese Anpassung erfolgte in Anlehnung an TUDOR-LOCKE et al. [130], die eine Kadenz von 80 Schritten (40 Gangzyklen) pro Minute mit zielgerichteter Schrittaktivität in moderatem Tempo gleichsetzen. Einschränkend muss darauf hingewiesen

werden, dass es sich bei dieser Interpretation der MVPA nur um eine grobe Faustformel handeln kann, da aktuell keine schrittzahlbasierte „Übersetzung“ der MVPA existiert [1].

Im Untersuchungszeitraum wurde ein Anstieg der MVPA von eingangs 32,7 Minuten auf 36,4 Minuten zwölf Monate nach Abschluss der Rehabilitation ermittelt, der jedoch keine statistische Signifikanz aufwies. Hierbei handelt es sich um eine mittlere Effektgröße ($\eta_p^2=0,07$). Gleichzeitig kam es bei den Aktivitätsanteilen im höheren Intensitätsbereich zu einer Umverteilung: Die Aktivitätsdauer im Schrittfrequenzbereich von 40-49 Gangzyklen pro Minute sank geringfügig von eingangs 19,0 auf 18,5 Minuten nach zwölf Monaten, während im selben Zeitraum ein signifikanten Anstieg der Aktivitätsdauer im intensiveren Schrittfrequenzbereich von 50-59 Gangzyklen von 11,3 auf 14,9 Minuten erfasst wurde. Hierbei handelt es sich um einen mittleren bis großen Effekt ($\eta_p^2=0,09$). Gleichzeitig blieb die Aktivitätsdauer im höchsten Schrittfrequenzbereich von ≥ 60 Gangzyklen pro Minute unverändert. Im Bereich der Spitzenschrittfrequenz (*peak cadence*, vgl. Abb. 36) als Indikator der Bewegungsschnelligkeit zeigt sich ebenso ein Anstieg in der Alltagsaktivität wie im Bereich der Aktivitätsblöcke (vgl. Abb. 37) als Indikatoren der Ausdauerleistungsfähigkeit.

Dieses Ergebnis ist so zu interpretieren, dass die Patienten nach Abschluss der Rehabilitation kontinuierlich ihre Alltagsaktivität im hohen Intensitätsbereich steigern konnten. Aktivitäten in diesen hohen Intensitätsbereichen sind elementar für die motorische Entwicklung und insbesondere für die Teilhabe am täglichen Leben. Wenn Kinder und Jugendliche es schaffen, nach einer lebensbedrohlichen Krebserkrankung, die mit einer intensiven Therapie einhergeht, im Rehabilitationsverlauf mit zunehmend hohen Schrittfrequenzen über längere Zeit aktiv zu sein, wird sie das in die Lage versetzen, auch an solchen (Freizeit-)Aktivitäten teilzunehmen, die ein hohes Maß an Schnelligkeit und Ausdauer erfordern (z.B. Fußballspielen mit Freunden). Der Kontakt zu Gleichaltrigen spiegelt den Wiedergewinn an Normalität sowie altersgemäßer Selbständigkeit und Selbstbestimmung wieder und kann als ein wesentliches Kriterium einer erfolgreichen Rehabilitation angesehen werden [69].

Eine Einordnung der oben beschriebenen Ergebnisse in die aktuelle Literatur fällt aufgrund fehlender Vergleichsstudien schwer [9,20]. In der Studie von MOYER-MILEUR et al. [86] im Rahmen der ALL Erhaltungstherapie konnte in der zwölfmonatigen Untersuchung ein positiver Einfluss einer Bewegungsintervention (dreimal pro Woche 15-20 Minuten) auf die Schritttätigkeit der Patienten demonstriert werden, die sich in den ersten sechs Monaten von durchschnittlich 5.539 auf 7.460 Schritte pro Tag erhöhte. Daten zur Intensität körperlicher Aktivität wurden nicht erhoben. Damit zeigen sich deutlich niedrigere Bewegungsumfänge im Vergleich zu den Werten der Leukämie- und Lymphompatienten in der vorliegenden Studie mit ca. 12.000 Schritten pro Tag.

In einer weiteren Untersuchung von KEATS et al. [67] wurden in einer 16-wöchigen trainingstherapeutischen Intervention für Jugendliche nach einer Lymphom- (n=4), Leukämie- (n=4) und Hirntumorerkrankung (n=1) ebenfalls positive Effekte auf die Entwicklung der Alltagsaktivität aufgezeigt. In dieser Studie erfolgte die Bestimmung der körperlichen Aktivität im Alltag jedoch subjektiv über einen Aktivitätsfragebogen (GLTEQ).

Trotz der positiven Entwicklung konnten die Patienten in den Folgeuntersuchungen nach drei und zwölf Monaten nicht das Niveau aus der Aktivitätserfassung direkt im Anschluss an die Intervention halten, lagen dennoch noch deutlich über dem Ausgangsniveau. Die Autoren sehen darin die Notwendigkeit für intensivere Bemühungen, Jugendliche nach einer Krebserkrankung über die Risiken von Folgeerkrankungen aufzuklären, die mit einem niedrigen Alltagsaktivitätsniveau einhergehen und ihnen gleichzeitig Lösungsstrategien für eine gesunde, 'bewegte' Lebensweise aufzuzeigen. Bei den Patienten der vorliegenden Studie konnte nach Abschluss der Rehabilitation ein kontinuierlicher Anstieg der Alltagsaktivität in den hohen Intensitätsbereichen beobachtet werden, was als Anzeichen der Nachhaltigkeit der stationären Rehabilitationsmaßnahme gewertet werden kann.

BLAAUWBROEK et al. konnten ebenfalls einen signifikanten Einfluss einer Trainingsberatung auf die Steigerung der Alltagsaktivität in einer Gruppe Langzeitüberlebender einer Krebserkrankung im Kindesalter nachweisen [15]. Die Teilnehmer im Alter von 29,8 ($\pm 8,6$) Jahren (22 Jahre nach Erstdiagnose) erzielten zu Beginn der zehnwöchigen Intervention 7.650 Schritte pro Tag steigerten sich auf durchschnittlich 11.800 Schritte pro Tag.

Anhand dieser Ausführungen ist zu erkennen, dass die Alltagsaktivitätsmessung unter Berücksichtigung der Aktivitäten mit hohen Schrittfrequenzen die Erkenntnisse früherer Untersuchungen um einen wichtigen Bereich der Alltagsaktivität von Kindern und Jugendlichen erweitert. Die Analyse der Schrittfrequenzen ermöglicht nicht nur eine Dokumentation der Tagesaktivität der Patienten unter funktionellen Gesichtspunkten, sondern erweist sich auch als hilfreich bei der Evaluation von Interventionen wie rehabilitativen Maßnahmen [133].

Frage 3:

Gibt es Unterschiede zwischen den Diagnosegruppen, d.h. welche Diagnosegruppen profitieren mehr oder weniger von der Maßnahme?

Die Alltagsaktivität in den drei Diagnosegruppen wies einen signifikanten Unterschied auf ($p < 0,001$). Leukämie- und Lymphompatienten waren aktiver als Hirntumorpatienten, die wiederum ein höheres Aktivitätsniveau als Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten aufwiesen. Von diesen drei Diagnosegruppen profitierten Patienten mit Knochentumoren und Weichteilsarkomen am stärksten von der stationären Rehabilitation.

Die Analyse der Alltagsaktivität von Patienten mit niedrigem Aktivitätsniveau vor der Rehabilitation deutet für die unterschiedlichen Umfangs- und Intensitätsvariablen der Alltagsaktivität durchgehend auf große Effekte hin ($0,90 < d > 2,0$ bzw. $0,36 < \eta_p^2 > 0,68$). Damit weist die Rehabilitation bei Patienten mit eingeschränkter Alltagsaktivität vor Rehabilitationsbeginn mit einer Wahrscheinlichkeit von über 99,5% einen förderlichen, klinisch relevanten Effekt auf.

Kinder und Jugendliche, die eine Krebserkrankung überleben, weisen ein erhöhtes Risiko für langfristige Beeinträchtigungen der körperlichen Leistungsfähigkeit auf. Das Risiko für diese Spätfolgen hängt neben weiteren Faktoren von der Diagnose ab. Im gesamten Untersuchungszeitraum konnten deutliche Unterschiede im Aktivitätsniveau zwischen den Diagnosegruppen dargestellt werden, wobei Leukämie- und Lymphompatienten ein signifikant höheres Aktivitätsniveau im Vergleich zu Hirntumor- sowie Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten aufwiesen. Dieses Ergebnis entspricht den Erwartungen aufgrund früherer Übersichtsarbeiten [90,139].

Hirntumorpatienten sind besonders anfällig für neurologische Folgeschäden und damit einhergehende Aktivitätseinschränkungen. Sie weisen im Vergleich zu ihren Geschwistern ein dreifach höheres Risiko für eine eingeschränkte körperliche Leistungsfähigkeit und ein 20-fach höheres Risiko für eine körperliche Behinderung auf [90]. In einer Untersuchung zu den Spätfolgen einer Hirntumorerkrankung im Kindesalter fanden MACEDONI-LUKSIC et al. bei 27 ($\cong 44\%$) der Langzeitüberlebenden eine Behinderung, davon 12 leichte, 14 mäßige und eine schwere Behinderung [77].

Ebenso findet sich bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten ein erhöhtes Risiko für eine Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit, da der tumorchirurgische Eingriff

im Rahmen der Lokalthherapie mit einer Schädigung oder einem Verlust von Strukturen verbunden ist, die wiederum für die Fortbewegung und somit für die Aktivitäten des täglichen Lebens notwendig sind. Über ein Drittel der Überlebenden eines Knochentumors sind in ihrer körperlichen Leistungsfähigkeit eingeschränkt und 11% sind aufgrund ihres Gesundheitszustands nicht in der Lage, zur Schule oder zur Arbeit zu gehen [90].

Derartige gravierende neurologische oder muskuloskelettale Einschränkungen sind bei Leukämie- und Lymphompatienten nicht zu erwarten, auch wenn bei Überlebenden unter anderem eine eingeschränkte (aerobe) Leistungsfähigkeit und ein reduziertes Kraftniveau nachgewiesen wurden, die einen signifikanten Einfluss auf die Alltagsaktivität ausüben können [52,137].

Erwartungsgemäß zeigen sich die Aktivitätsunterschiede zwischen den Diagnosegruppen nicht nur in den Aktivitätsumfängen, sondern auch in den Intensitätsvariablen der Alltagsaktivität (z.B. MVPA). Insgesamt ist das Aktivitätsniveau der Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten am geringsten. Die Hirntumorpatienten schneiden insbesondere in den Umfangsvariablen besser ab, weisen jedoch im Vergleich mit den Leukämie- und Lymphompatienten beträchtliche Aktivitätsdefizite auf. Dementsprechend zeigten in sämtlichen Variablen der Alltagsaktivität die Leukämie- und Lymphompatienten das höchste Niveau bei. Dass Leukämie- und Lymphompatienten dennoch von der Rehabilitation profitieren, wird im Bereich der gesundheitsbezogenen Lebensqualität im folgenden Kapitel behandelt.

Welche Patienten profitieren am meisten von der stationären Rehabilitation?

Im gesamten Untersuchungszeitraum deuten die Ergebnisse auf die größten Effekte bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten hin, auch wenn kein statistisch signifikanter Gruppenunterschied ermittelt wurde. Wie im Kapitel „Gangbild“ bereits diskutiert wurde, ist dieses Ergebnis mit hoher Wahrscheinlichkeit durch die unterschiedlichen Voraussetzungen und Einschränkungen der Patienten zu erklären. Während insbesondere bei Patienten mit Knochentumoren und Weichteilsarkomen der unteren Extremität Schmerzen, muskuläre Dysbalancen/Schwächen und Beweglichkeitsdefizite mit einer eingeschränkten Alltagsaktivität einhergehen, zeigen sich bei Hirntumorpatienten in erster Linie neurologische Störungen.

In den physio- und trainingstherapeutischen Behandlungen ist der kurzfristige Erfolg rehabilitativer Maßnahmen bei muskuloskelettalen Einschränkungen wahrscheinlicher als bei neurologischen Störungen, deren Therapie wesentlich mehr Zeit in Anspruch nimmt. Da gleichzeitig das initiale Aktivitätsniveau der Leukämie- und Lymphompatienten

vergleichsweise hoch war, konnte auch in dieser Patientengruppe keine signifikant höhere Alltagsaktivität nach Beendigung der Rehabilitation erwartet werden. Zudem spricht die Feststellung, dass Patienten mit Knochentumoren und Weichteilsarkomen unter allen Patienten das geringste Aktivitätsniveau aufwiesen, für das größte Entwicklungspotenzial in dieser Gruppe.

Entwicklung der Alltagsaktivität bei Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau

Auf Basis der Normwerte der CANPLAY Studie [35] wurden 36 Patienten mit niedrigem Alltagsaktivitätsniveau identifiziert, die sich mit jeweils zwölf Patienten auf die drei Hauptdiagnosegruppen verteilten. Der prozentuale Anteil in der jeweiligen Diagnosegruppe lag bei den Hirntumorpatienten bei 31,6%, bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten bei 46,2% und bei den Leukämie- und Lymphompatienten bei 14,0% und spiegelt damit die bisherigen Ergebnisse wider, nach denen Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten am häufigsten körperliche und aktivitätsbedingte Einschränkungen aufweisen.

Die Gruppe der Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten bestand aus elf Patienten mit Tumoren im Bereich der unteren Extremität und einem Patienten mit einem Tumor im Bereich der Halswirbelsäule. Dieses Verhältnis spiegelt die zuvor angesprochenen größeren Einschränkungen von Patienten mit Tumoren der unteren Extremität wider. Ebenfalls in dieser Gruppe mit niedrigem Aktivitätsniveau war eine 15-jährige Osteosarkompatientin, die in einer früheren Querschnittsuntersuchung von Umkehrplastikpatienten noch im Alter von elf Jahren die aktivste Patientin der Gruppe war und durchschnittlich 25.588 Schritte pro Tag erreichte.

Die Gruppe der Hirntumorpatienten setzte sich aus den Diagnosen Medulloblastom (n=5), Astrozytom (n=4) sowie PNET, Gliom und Germinom zusammen. Darüber hinaus wurde das Aktivitätsniveau von acht Leukämiepatienten (davon ein Patient mit Trisomie 21) und vier Lymphompatienten als niedrig eingestuft.

Bei diesen Patienten zeigte sich für sämtliche Umfangs- und Intensitätsvariablen eine signifikante Steigerung des Aktivitätsniveaus. Die Rehabilitationseffekte sind zusammengefasst für die 36 Patienten durchweg als groß einzustufen ($0,9 < d < 2,0$) und die Wahrscheinlichkeit einer förderlichen Wirkung der Rehabilitationsmaßnahme auf die Alltagsaktivität liegt bei 100%, mit Ausnahme der Aktivitätsdauer im höchsten Intensitätsbereich von ≥ 60 Gangzyklen pro Minute mit 99,6%.

Eine Einordnung dieser Ergebnisse in die aktuelle Literatur fällt erneut schwer. Bisher liegen keine Daten zur Effektivität einer stationären Rehabilitation von Kindern und Jugendlichen nach einer Krebserkrankung vor. Darüber hinaus wurden in den bisher veröffentlichten Interventionsstudien, die überwiegend im Rahmen der Akuttherapie durchgeführt wurden, Stichprobengrößen von maximal 30 Patienten erreicht, die somit keine weitere sinnvolle Differenzierung zwischen Patienten mit niedrigem und Patienten mit alters- und geschlechtsentsprechend normalem Ausgangsniveau erlaubten. Die bisherigen Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung deuten jedoch darauf hin, dass für die Patienten eine stationäre Rehabilitation grundsätzlich mit positiven Effekten auf die Entwicklung der Alltagsaktivität verbunden ist. Diese Effekte kommen nur deutlich zum Vorschein, wenn ein entsprechendes Entwicklungspotenzial auf Basis eines initial signifikant eingeschränkten Aktivitätsniveaus vorhanden ist. Dieses war zu Beginn der Rehabilitation nicht bei allen Patienten gegeben, insbesondere nicht bei den Leukämie- und Lymphompatienten, die eingangs bereits sehr aktiv waren. Bei den Patienten mit auffällig geringem Aktivitätsniveau hingegen konnten diese positiven Effekte eindrucksvoll demonstriert werden.

Frage 4:

Erreichen die Patienten nach einer stationären Rehabilitationsmaßnahme wieder das Niveau gleichaltriger, gesunder Kinder?

- **Leukämie- und Lymphompatienten erreichten im gesamten Untersuchungszeitraum ein alters- und geschlechtsentsprechendes Aktivitätsniveau.**
- **Hirntumorpatienten steigerten ihre Aktivität im Verlauf der Rehabilitation und erreichten zwölf Monate nach Abschluss der Maßnahme auf das Aktivitätsniveau gleichaltriger, gesunder Kinder.**
- **Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten konnten auch zwölf Monate nach Ende der Rehabilitation den Aktivitätsumfang gleichaltriger Kinder und Jugendlicher hingegen nicht erreichen.**

Das Aktivitätsniveau der Hirntumorpatienten lag vor der Rehabilitation nur leicht unter dem des gesunden Vergleichskollektivs (Abb. 44). Im Laufe des Untersuchungszeitraums wurden bei den Patienten zunehmend höhere Aktivitätsumfänge gemessen. Zwölf Monate nach Abschluss der Rehabilitation erreichten die Hirntumorpatienten das Niveau der alters- und geschlechtsentsprechenden Vergleichsstichprobe [35].

Das Aktivitätsniveau der Leukämie- und Lymphompatienten lag im gesamten Untersuchungszeitraum über dem Niveau der Vergleichsstichprobe (Abb. 46) und zeigte signifikant höhere Aktivitätsumfänge vor und auch zwölf Monate nach Ende der Rehabilitation.

Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten erreichten hingegen nicht das Niveau der Vergleichsstichprobe (Abb. 45), auch wenn sie ihre Alltagsaktivität im Untersuchungszeitraum steigern konnten. In der Abschlussmessung erreichten sie mit 4.500 Gangzyklen pro Tag denselben Aktivitätsumfang, den SHEIKO et al. in ihrer Untersuchung mit 20 Patienten mit Knochtumoren der unteren Extremität gemessen hatten [119]. Auch die Intensitätsvariablen der Alltagsaktivität waren vergleichbar. In den aktivsten 60 zusammenhängenden Minuten (Aktivitätsblock „top60_cons“) als Indikator der Ausdauerleistungsfähigkeit erreichen die Patienten in der oben zitierten Studie 18 Gangzyklen pro Minute (Spanne 8-33). Dieser Wert lag bei den Patienten in der Abschlussmessung zwölf Monate nach der stationären Rehabilitation bei 18,7 Gangzyklen pro Minute (Spanne 5-35). Für beide Aktivitätsparameter ermittelten SHEIKO et al. in einer gesunden Kontrollgruppe gleichen Alters und Geschlechts jeweils signifikant höhere Werte. Diese lagen bei 7.670 Gangzyklen pro Tag und bei durchschnittlich 28 Gangzyklen pro Minute (Spanne 18-48) in den aktivsten, zusammenhängenden 60 Minuten des Tages.

Zu berücksichtigen ist bei den Patienten mit Knochtumoren der unteren Extremität, dass im Rahmen der Lokalthherapie in der Regel eine extremitätenerhaltende tumorprothetische Versorgung durchgeführt wird. Aufgrund der häufig beobachteten pathologischen Bewegungsabläufe nach endoprothetischer Versorgung der ausgedehnten Tumorchirurgie ist bei vergleichbaren Aktivitäten des täglichen Lebens der Energieverbrauch erhöht [39,40,64,66,96]. KAWAI et al. ermittelten bei Patienten nach Tumorresektion des distalen Femurs und endoprothetischer Versorgung einen um 35% erhöhten Energieverbrauch beim freien Gehen im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe [64]. Da sich aktuelle Gesundheitsempfehlungen zur körperlichen Aktivität auf den Energieverbrauch beziehen (moderate bis anstrengende körperliche Aktivität, MVPA \cong 4-6 MET), könnte daraus gefolgert werden, dass die Patienten mit Tumoren der unteren Extremität trotz geringerer Aktivitätsumfänge ein vergleichbares allgemeines Aktivitätsniveau erreichen.

Zusammenfassend kann aus diesen Ergebnissen abgeleitet werden, dass ein Großteil der Patienten zwölf Monate nach der Rehabilitation das Aktivitätsniveau gesunder Gleichaltriger erreicht. Zu diesem Ergebnis kommen auch RUEEGG et al. in der *Swiss Childhood Cancer Survivor* Studie [107,108]. Dennoch gibt es Raum für Verbesserungen. Daher sollten alle Patienten nach einer Krebserkrankung entsprechend ihrer individuellen Voraussetzungen und Einschränkungen bewegungstherapeutisch beraten werden, um ein angemessenes

Aktivitätsniveau im Alltag zu erreichen und somit das Risiko für aktivitätsbedingte Folgeerkrankungen zu reduzieren. Dabei sollten sich die Bemühungen unabhängig von der Diagnose auf die Patienten mit niedrigem Aktivitätsniveau konzentrieren und konkrete Hilfestellungen für die Umsetzung eines gesunden und aktiven Lebensstils ermöglichen.

Einschränkend ist zu erwähnen, dass für einen Vergleich mit dem Aktivitätsniveau gleichaltriger, gesunder Kinder auf unterschiedliche Datenbanken zurückgegriffen werden musste, da die Untersuchung einer gesunden Kontrollgruppe von der Ethikkommission abgelehnt wurde. Trotz sorgfältiger Auswahl der Vergleichsstudien ließ es sich nicht vermeiden, dass Untersuchungen mit unterschiedlichen Messmethoden herangezogen wurden. Dies betrifft insbesondere die Aktivitätsmessungen (Akzelerometer/SAM versus Pedometer/Schrittzähler), Aktivitätsanalyseprotokolle (z.B. Anzahl der Tage, minimale Anzahl an Tragestunden pro Tag), aber auch die Stichproben (kulturelle Unterschiede zwischen US-amerikanischen vs. europäischen Kindern und Jugendlichen), wodurch die Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse eingeschränkt wird.

Ergebnisse

Gesundheitsbezogene Lebensqualität (HRQoL)

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse des KINDL®-Fragebogens zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität deskriptiv dargestellt. In den Tabellen werden in der ersten Spalte Mittelwert (MW) und einfache Standardabweichung (SD) für die sechs Subskalen sowie den Gesamtskalenwert (SUMME) präsentiert. In der zweiten Spalte werden die Referenzdaten der Normstichprobe aus der KiGGS-Studie angegeben. Hier fließt für jeden individuellen Patientenwert ein alters- und geschlechtsentsprechender Normwert aus der Referenzstichprobe [101] ein. Die dritte Spalte beinhaltet Prozentangaben zu fehlenden Werten der jeweiligen Subskala. Abschließend werden in der rechten Tabellenhälfte Boden- und Deckeneffekte, sowie Minima und Maxima (Spanne) der Skalenwerte präsentiert.

KINDL® prä (n=188)	MW(SD)	Norm (KiGGS)	Fehlende Werte %	Effekt %		Spanne	
				<i>Boden-</i>	<i>Decken-</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
Körper	71,2 (18,2)	76,5	1,1	0	4,8	25,0	100
Psyche	77,3 (14,7)	82,1	0,5	0	7,0	31,3	100
Selbstwert	66,7 (17,4)	66,3	0,5	0	3,2	12,5	100
Familie	80,5 (15,2)	81,1	0,5	0	13,9	25,0	100
Freunde	69,6 (19,5)	78,5	0,5	1,1	2,7	0	100
Schule	73,0 (19,0)	75,6	16,5	0	8,9	12,5	100
SUMME	73,1 (10,9)	76,7	0	0	0	43,8	95,8

Tab. 25: Ergebnisse zur HRQoL vor Beginn der Rehabilitationsmaßnahme

An der Fragebogenerhebung nahmen insgesamt 188 Patienten teil. Das entspricht, ausgehend von 210 möglichen Patienten, einer Teilnahmequote von 89%. 22 Patienten nahmen an der ersten Erhebung aus folgenden Gründen nicht teil:

- 1) Der vorliegende KINDL®-Fragebogen kann bis zu einem Alter von einschließlich 16 Jahren eingesetzt werden. 14 Patienten waren zum Zeitpunkt der ersten Messung über 17 Jahre alt.
- 2) Fehlende Einverständnis bzw. Motivation: drei Patienten sprachen sich gegen eine Teilnahme an der Fragebogenerhebung aus.

- 3) Aufgrund kognitiver Einschränkungen waren zwei Patienten nicht in der Lage, die Fragen selbständig oder im Beisein eines Erziehungsberechtigten zu beantworten.
- 4) Aufgrund sprachlicher Probleme konnten zwei Patienten nicht an der Fragebogenerhebung teilnehmen.
- 5) Ein Patient hatte den Fragebogen der Eingangsmessung nicht ausgefüllt. Die follow-up Fragebögen (post1-post3) liegen jedoch vor.

Der Fragebogen wurde gut akzeptiert. Lediglich in der Subskala „schulisches Wohlbefinden“ wurden insbesondere zu den ersten beiden Messzeitpunkten die Fragen, die sich jeweils auf das Erleben der vorangegangenen Woche bezogen, nicht durchgehend von allen Patienten bzw. Eltern oder Erziehungsberechtigten beantwortet, da einige Kinder und Jugendliche vor ihrem Reha-Aufenthalt den Kindergarten oder die Schule nicht besucht hatten. So erklärt sich die hohe Quote fehlender Werte von 16,5% in der Eingangsmessung (prä) und 15,5% in der zweiten Messung direkt nach der Rehabilitationsmaßnahme (post1). Darüber hinaus ist eine gute Ausnutzung der Skalenbreite mit Boden- und Deckeneffekten von unter 10% mit Ausnahme der Dimension „Wohlbefinden in der Familie“ erkennbar. Hier ergeben sich Werte von bis zu 18,5% (Tab. 27), was den Ergebnissen einer Prüfung der psychometrischen Eigenschaften des KINDL®-Fragebogens in einer repräsentativen Stichprobe deutscher Kinder und Jugendlicher entspricht [24].

Insgesamt zeigten sich in der Eingangsmessung mit Ausnahme der Subskala „Wohlbefinden in der Familie“ im Vergleich zur Normstichprobe teils erhebliche Einschränkungen. Diese werden insbesondere in der physischen Dimension („körperliches Wohlbefinden“) als auch im sozialen Bereich („Wohlbefinden in Bezug auf Freunde/Gleichaltrige“) offensichtlich.

Ein Großteil der Kinder und Jugendlichen ist in der Zeit zwischen Akuttherapie im Krankenhaus und anschließender Rehabilitationsmaßnahme in hohem Maße mit den Nebenwirkungen und Spätfolgen der mehrmonatigen Chemotherapie, teilweise tumorchirurgischen Eingriffen, einer signifikant reduzierten Leistungsfähigkeit und ausgeprägten körperlichen Inaktivität konfrontiert und hat darüber hinaus deutlich weniger Möglichkeiten der Interaktion mit Freunden und Gleichaltrigen. In diesem Zeitraum übernimmt häufig die Familie die Rolle der „peer group“, was den um +2,2 Punkte höheren Ausgangswert im Vergleich zur Normstichprobe erklären würde.

Vergleicht man die Ergebnisse der Eingangsmessung mit den Follow-up-Messungen, ist ein positiver Trend erkennbar. Sämtliche Skalen weisen zu den späteren Messzeitpunkten durchweg höhere Werte im Vergleich zur Eingangsmessung auf. Der Gesamtskalenwert des KINDL®-Fragebogens liegt in den Untersuchungen nach Abschluss der

Rehabilitationsmaßnahme im Durchschnitt zwischen 75,6 (post3) und 76,5 (post2) und somit nur leicht unter dem Referenzwert der Normstichprobe [101] von 76,9 (95% CI 76,7-77,1):

KINDL® post1 (n=187)	MW(SD)	Norm (KiGGS)	Fehlende Werte %	Effekt %		Spanne	
				Boden-	Decken-	min	max
Körper	76,4 (16,5)	76,5	0,5	0	7,0	6,3	100
Psyche	80,2 (12,7)	82,1	0,5	0	6,5	31,3	100
Selbstwert	70,2 (15,9)	66,3	0,5	0	2,7	6,3	100
Familie	82,7 (12,4)	81,0	1,6	0	13,6	37,5	100
Freunde	71,2 (18,5)	78,4	2,1	0	5,5	12,5	100
Schule	75,4 (17,6)	75,8	15,5	0,6	10,1	0	100
SUMME	76,0 (10,7)	76,7	0	0	0	39,6	96,9

Tab. 26: Ergebnisse zur HRQoL direkt nach Abschluss Rehabilitationsmaßnahme

KINDL® post2 (n=179)	MW(SD)	Norm (KiGGS)	Fehlende Werte %	Effekt %		Spanne	
				Boden-	Decken-	min	max
Körper	75,2 (16,8)	76,1	0,6	0	5,1	18,8	100
Psyche	80,6 (13,3)	81,9	0	0	7,8	25,0	100
Selbstwert	69,5 (16,3)	65,9	0,6	0,6	3,4	0	100
Familie	83,7 (13,4)	81,0	0,6	0	18,5	25,0	100
Freunde	73,9 (16,5)	78,2	1,1	0	5,1	21,9	100
Schule	76,1 (16,0)	75,3	7,3	0	7,2	31,3	100
SUMME	76,5 (10,7)	76,4	0	0	0	28,1	95,8

Tab. 27: Ergebnisse zur HRQoL sechs Monate nach Abschluss der Rehabilitationsmaßnahme

KINDL® post3 (n=178)	MW(SD)	Norm (KiGGS)	Fehlende Werte %	Effekt %		Spanne	
				Boden-	Decken-	min	max
Körper	73,1 (18,1)	75,6	0	0	5,6	25,0	100
Psyche	81,1 (12,4)	81,7	0	0	6,7	31,3	100
Selbstwert	69,0 (17,2)	65,6	0	0,6	3,4	0	100
Familie	82,2 (13,2)	80,8	0	0	11,8	37,5	100
Freunde	74,1 (17,8)	78,0	0	0	6,2	6,3	100
Schule	74,5 (17,1)	74,6	5,6	0	8,9	18,8	100
SUMME	75,6 (11,1)	76,0	0	0	0	36,5	95,8

Tab. 28: Ergebnisse zur HRQoL zwölf Monate nach Abschluss der Rehabilitationsmaßnahme

Im Bereich „Wohlbefinden in der Familie“ werden durchgehend überdurchschnittliche Werte erzielt. Die Ergebnisse zum emotionalen, psychischen Wohlbefinden deuten ebenfalls einen positiven Trend im Studienverlauf an. Deutliche Defizite bestehen hingegen auch zwölf

Monate nach Abschluss der Rehabilitationsmaßnahme in Bad Oexen im Bereich des „körperlichen Wohlbefindens“ und dem „Wohlbefinden in Bezug auf Freunde/Gleichaltrige“.

Hier könnten anhaltende Funktionsdefizite auf der körperlichen Ebene und damit verbunden eingeschränkte Interaktionsmöglichkeiten mit der *peer group* verantwortlich sein. Dieses Ergebnis steht zum Teil im Widerspruch zu einer aktuellen Querschnittsstudie mit 26 Kindern und Jugendlichen der pädiatrischen Onkologie in Köln, in der im Durchschnitt 1,3 Jahre nach Erstdiagnose ebenfalls deutliche, jedoch nicht signifikante Einschränkungen in der körperlichen Dimension der gesundheitsbezogenen Lebensqualität des KINDL®-Fragebogens gefunden wurden, im Gegensatz dazu jedoch leicht höhere Werte hinsichtlich des Wohlbefindens in Bezug zur *peer group* [13], obwohl sich einige dieser Patienten zum Zeitpunkt der Lebensqualitätserhebung noch in der Akuttherapie befanden.

Unmittelbare Auswirkung der Rehabilitation auf die HRQoL

Frage 1:

Verbessert sich die gesundheitsbezogene Lebensqualität von onkologisch erkrankten Kindern und Jugendlichen während und direkt nach dem vierwöchigen stationären Rehabilitationsaufenthalt?

Im Folgenden werden mittels inferenzstatistischer Verfahren und Effektstärkenberechnungen die Auswirkungen der stationären Rehabilitationsmaßnahme auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität dargestellt. Hierzu werden zunächst die unmittelbaren, kurzfristigen Effekte über den Vergleich von Eingangs- (prä) und zweiter Messung direkt nach Abschluss der Rehabilitationsmaßnahme (post1) untersucht (Abb. 50). Darauf aufbauend werden die langfristigen Auswirkungen unter Einbeziehung der Follow-up-Messungen sechs (post2) und zwölf Monate (post3) nach Abschluss der Rehabilitationsmaßnahme analysiert und dargestellt.

Der Vergleich der gesundheitsbezogenen Lebensqualität vor und direkt nach Abschluss der stationären Rehabilitationsmaßnahme zeigt einen deutlichen positiven Trend auf. Im Gesamtskalenwert sowie in den Subskalen „körperliches Wohlbefinden“, „Selbstwert“, „Wohlbefinden in der Familie“ wurde ein statistisch signifikanter HRQoL-Anstieg für die gesamte Stichprobe gefunden. Die Patienten gaben darüber hinaus in den drei weiteren Subskalen „Psyche“, „Freunde“ und „Schule“ ein gesteigertes Wohlbefinden im Vergleich zur Situation vor ihrer Rehabilitation an. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass trotz eines überdurchschnittlich hohen Ausgangswerts in der KINDL®-Subskala

„Wohlbefinden in der Familie“ der Anstieg dieses Skalenwerts zur post1-Messung statistische Signifikanz erreicht ($p=0,013$).

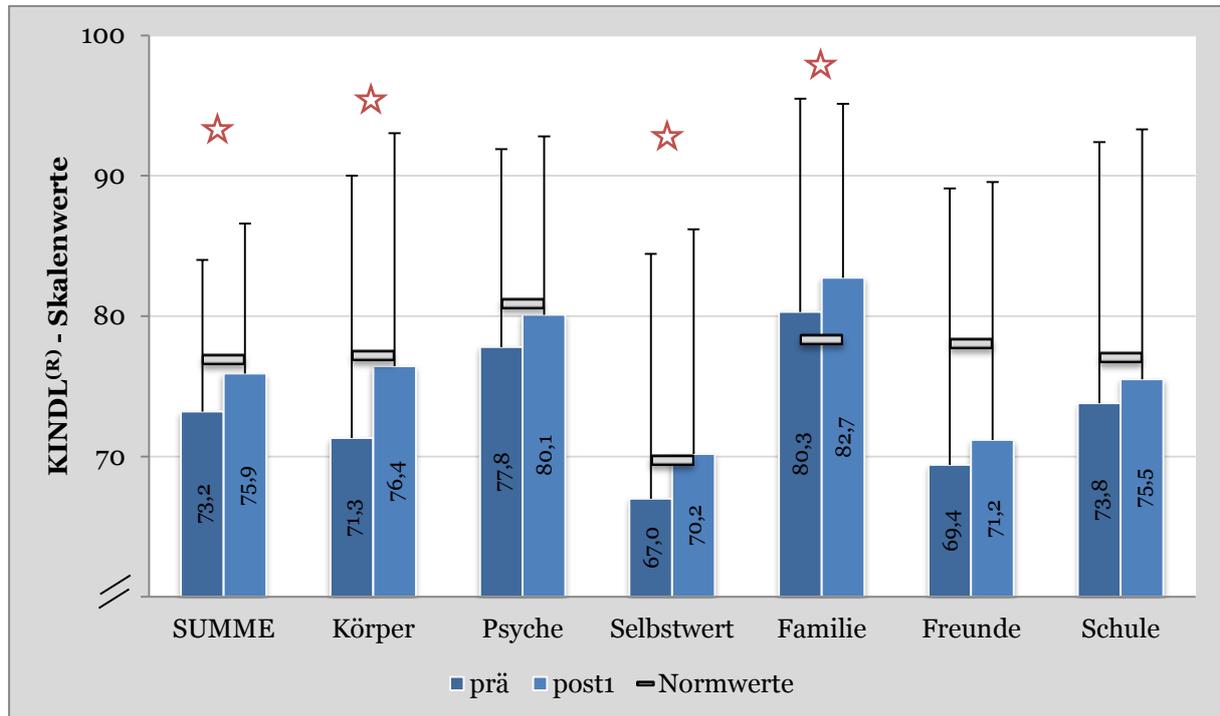


Abb. 50: Unmittelbare Auswirkung der stationären Rehabilitationsmaßnahme auf die HRQoL prä-post1 – Vergleich (n=186)

Tab. 29 stellt die Mittelwertsdifferenzen zwischen beiden Messzeitpunkten sowie die Effektgrößen (Cohen's d) für eine differenziertere Betrachtung der Lebensqualitätsveränderungen durch die Rehabilitation dar:

KINDL® Skalenwerte	n	Mittelwert- differenz	Konfidenzintervall (95%)		Cohen's d
			unteres	oberes	
Gesamt skalenwert	186	+2,72	+1,3	+4,1	0,26
Körper	184	+5,17	+2,4	+8,0	0,29
Psyche	184	+2,30	+0,2	+4,4	0,19
Selbstwert	184	+3,18	+0,9	+5,5	0,20
Familie	183	+2,39	+0,4	+4,4	0,15
Freunde	181	+1,77	-1,2	+4,8	0,08
Schule	135	+1,76	-1,3	+4,8	0,13

Tab. 29: Unmittelbare Effekte der stationären Rehabilitationsmaßnahme auf die HRQoL: prä-post1 – Vergleich

Für den Gesamtskalenwert des KINDL®-Fragebogens können unmittelbare positive Effekte der stationären Rehabilitationsmaßnahme als gesichert angesehen werden (100%). Ein positiver Einfluss auf die körperliche Funktionsfähigkeit aus Patientensichtweise ist als sehr wahrscheinlich anzusehen (97,2%). Für das emotionale Wohlbefinden („Psyche“), den Selbstwert und auch das Wohlbefinden in der Familie weist die stationäre Rehabilitationsmaßnahme wahrscheinliche positive Effekte auf (75-93%), wohingegen die Effekte in den Subskalen „Wohlbefinden in Bezug auf Freunde/Gleichaltrige (*peer group*)“ und „schulisches Wohlbefinden“ möglich, aber nicht eindeutig sind. Negative Auswirkungen in sämtlichen Skalen zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität des KINDL®-Fragebogens sind hingegen sehr unwahrscheinlich (0-1,1%). Die beobachteten Effekte liegen zwischen $d=0,1$ und $d=0,3$ und sind somit für die gesamte Stichprobe als gering zu beurteilen.

Nachhaltige Effekte der stationären Rehabilitation auf die HRQoL

Frage 2:

Zeigen sich anhaltende Effekte der Rehabilitation auf die Lebensqualität, die auch sechs und zwölf Monate nach Ende des Aufenthalts nachgewiesen werden können?

Die Lebensqualitätsforschung von Kindern und Jugendlichen steckt noch in der Entwicklung. Es fehlen insbesondere Daten über kurz- und langfristige Effekte der rehabilitativen Versorgung [25]. Zur Erfassung nachhaltiger Effekte der stationären Rehabilitation auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität werden im Folgenden die Ergebnisse aus den Vergleichen zwischen der Eingangsmessung (prä) sowie den Follow-up-Messungen direkt nach der Rehabilitation (post1), nach sechs (post2) und nach zwölf Monaten (post3) dargestellt.

KINDL® Gesamtskalenwert	MW Diff	95% CI		p-Wert [†]	Cohen's <i>d</i>
		unteres	oberes		
		$F_{3,504}=6,080, p=0,001, \eta_p^2=0,035^*$			
prä vs. post1	+2,60	+0,6	+4,6	0,003	0,26
prä vs. post2	+3,11	+1,0	+5,2	0,001	0,31
prä vs. post3	+2,27	0,0	+4,5	0,047	0,23

Tab. 30: Nachhaltige Effekte der stationären Rehabilitationsmaßnahme auf den KINDL®-Gesamtskalenwert

[†] Bonferroni-Anpassung für Mehrfachvergleiche, signifikante Unterschiede **fett** dargestellt;

* Anpassung nach Greenhouse-Geisser

Die Varianzanalyse mit Messwiederholung ergab für die Rehabilitation einen signifikanten Effekt auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität (Abb. 51). Eine förderliche Wirkung der Rehabilitation auf die HRQoL kann als sehr wahrscheinlich (98,7%) angesehen werden. Für die gesamte Patientenstichprobe ergaben sich für den Gesamtskalenwert kleine bis mittlere Effekte (Cohen's $d=0,2-0,3$, Tab. 30).

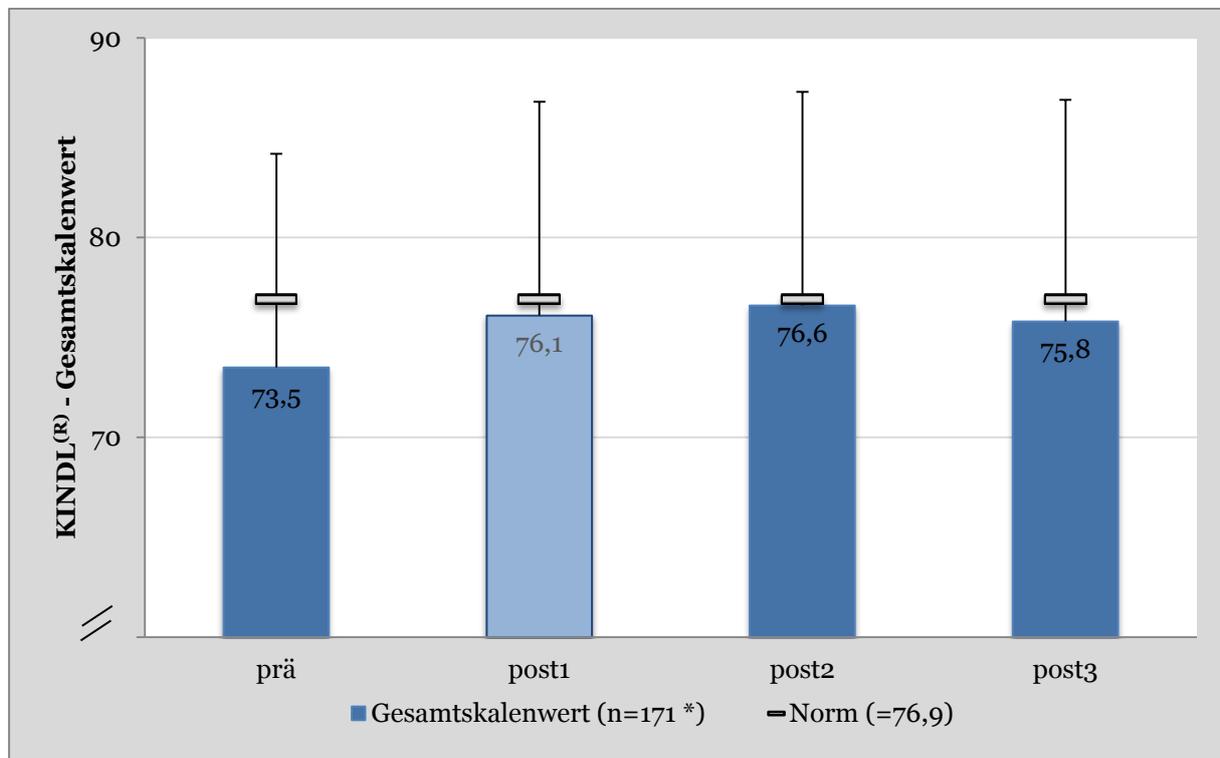


Abb. 51: Entwicklung des KINDL®-Gesamtskalenwerts zwischen den Messzeitpunkten (prä vs. post2 und prä vs. post3)

* n=171: listenweiser Fallausschluss

Tab. 31 dokumentiert anhand der Mittelwertdifferenzen und Effektgrößen, dass Kinder und Jugendliche direkt, sowie sechs und auch zwölf Monate nach Abschluss der Rehabilitationsmaßnahme in sämtlichen Subskalen von einer höheren Lebensqualität profitieren. Statistische Signifikanzen ergeben sich in den Subskalen „körperliches Wohlbefinden“, „Wohlbefinden in der Familie“ und „Wohlbefinden in Bezug auf Freunde“. Gleichzeitig fällt auf, dass in der Abschlussmessung zwölf Monate nach Beendigung der Rehabilitation in keiner Domäne des KINDL®-Fragebogens ein signifikanter Unterschied zur Eingangsmessung ermittelt wurde. Das deutet darauf hin, dass die Lebensqualität nicht über die gesamten zwölf Monate auf dem Niveau der Abschlussmessung direkt bzw. sechs Monate nach der Rehabilitation (post1 bzw. post2) gehalten werden konnte.

Dennoch finden sich durchweg positive, jedoch überwiegend kleine Effekte zwischen $d=0,08-0,29$. Über den gesamten KINDL®-Fragebogen zeigt sich für den Vergleich aller Skalenwerte nach sechs Monaten (prä vs. post2) ein durchschnittlicher Effekt von $d=0,21$ gegenüber $d=0,16$ nach zwölf Monaten (prä vs. post3).

KINDL® Skalenwerte	MW Differenz	95% CI		p-Wert [†]	Cohen's <i>d</i>
		unteres	oberes		
Körper					
$F_{3,501}=3,769, p=0,012, \eta_p^2=0,064$					
prä vs. post1	+4,63	+0,8	+8,4	0,008	0,29
prä vs. post2	+3,09	-0,8	+7,0	0,209	0,22
prä vs. post3	+1,80	-2,3	-5,9	1,0	0,10
Psyche					
$F_{3,504}=1,971, p=0,120, \eta_p^2=0,034$					
prä vs. post1	+1,88	-1,1	+4,8	0,537	0,19
prä vs. post2	+2,64	-0,5	+5,8	0,150	0,22
prä vs. post3	+2,32	-0,6	+5,3	0,224	0,25
Selbstwert					
$F_{3,501}=1,852, p=0,144, \eta_p^2=0,011^*$					
prä vs. post1	+3,04	-0,3	+6,3	0,089	0,20
prä vs. post2	+2,34	-1,5	+6,2	0,614	0,16
prä vs. post3	+1,74	-2,3	+5,7	1,0	0,13
Familie					
$F_{3,498}=2,740, p=0,045, \eta_p^2=0,016^*$					
prä vs. post1	+2,25	-0,6	+5,1	0,225	0,15
prä vs. post2	+2,96	+0,1	+5,8	0,040	0,21
prä vs. post3	+1,90	-1,2	+5,0	0,649	0,11
Freunde					
$F_{3,498}=3,901, p=0,010, \eta_p^2=0,023^*$					
prä vs. post1	+1,31	-3,1	+5,7	1,0	0,08
prä vs. post2	+4,36	+0,5	+8,3	0,020	0,22
prä vs. post3	+4,10	-0,3	+8,5	0,079	0,23
Schule					
$F_{3,330}=0,559, p=0,630, \eta_p^2=0,005^*$					
prä vs. post1	+1,48	-3,1	+6,1	1,0	0,13
prä vs. post2	+1,91	-2,7	+6,5	1,0	0,16
prä vs. post3	+0,36	-4,3	+5,0	1,0	0,08

Tab. 31: Nachhaltige Effekte der stationären Rehabilitationsmaßnahme auf die KINDL®-Subskalen

[†] Bonferroni-Anpassung für Mehrfachvergleiche, signifikante Unterschiede **fett** dargestellt;

^{*} Anpassung nach Greenhouse-Geisser

Unterschiede in der HRQoL zwischen den Hauptdiagnosegruppen

Frage 3:

Gibt es Unterschiede zwischen den Diagnosegruppen, d.h. welche Diagnosegruppen profitieren mehr oder weniger von der Maßnahme?

Da sich Grunderkrankung, Therapie(verlauf) sowie Nebenwirkungen und mögliche Spätfolgen einer onkologischen/ hämatologischen Erkrankung im Kindes- und Jugendalter erheblich unterscheiden können, werden im Folgenden Unterschiede zwischen den Diagnosegruppen mittels Quer- und Längsschnittanalysen dargestellt. Da sich die KINDL®-Skalenwerte über die Altersgruppen hinweg mit zunehmendem Alter verringern und sich zusätzlich ein Einfluss des Geschlechts auf die Ergebnisse des Fragebogens zeigt, wurden das Geschlecht und das Alter zu Beginn der Rehabilitation als Kovariate berücksichtigt.

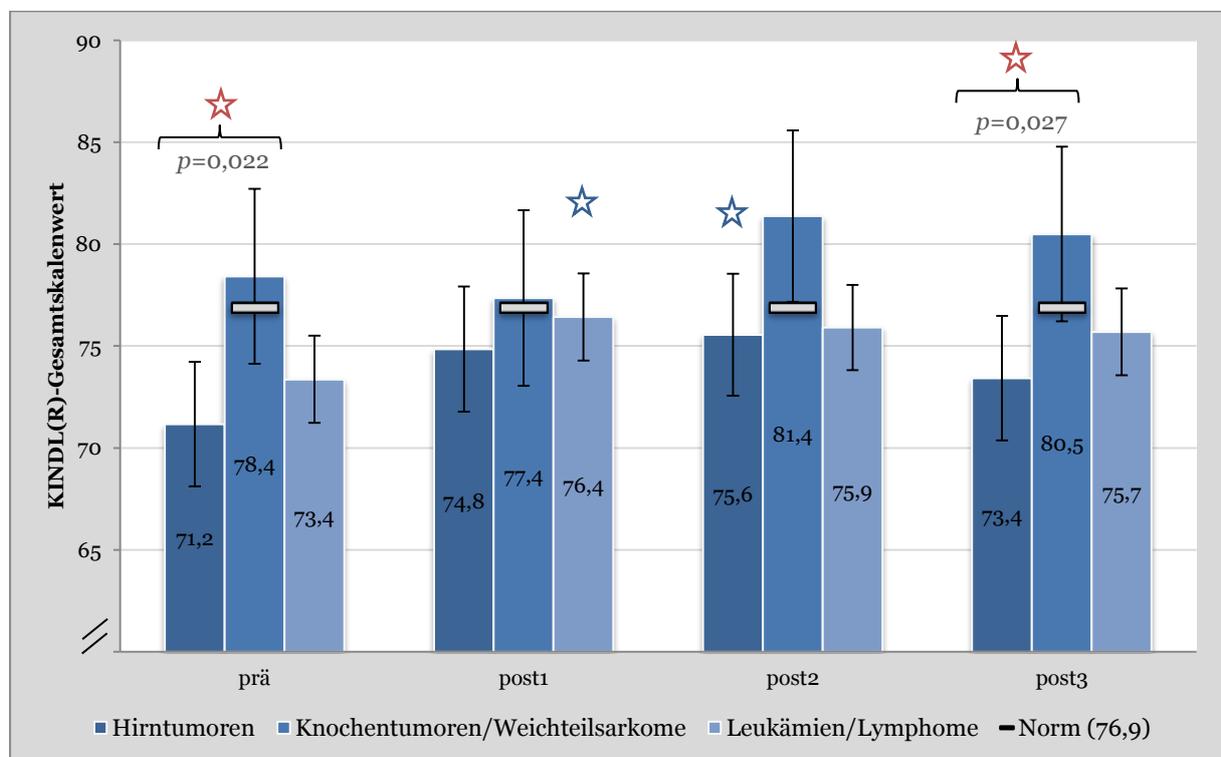


Abb. 52: KINDL®-Gesamtskalenwert zu den vier Messzeitpunkten differenziert nach Hauptdiagnosegruppe

Hirntumoren (n=47), Knochen-/Weichteiltumoren (n=26) sowie Leukämien und Lymphome (n=98)

Mittelwert und Konfidenzintervall (95%), Kovariate: Alter ($p < 0,001$) und Geschlecht (n.s.)
Bonferroni-Anpassung für Mehrfachvergleiche

☆ signifikanter Unterschied zwischen Hirntumor- und Knochentumor-/Weichteilsarkompatienten ($p < 0,05$)

☆ signifikant höher im Vergleich zur Eingangsmessung ($p < 0,05$)

Das Alter der Patienten wies einen signifikanten Einfluss, das Geschlecht hingegen nur einen geringen Effekt auf die HRQoL auf. Der deutlichste Unterschied im Gesamtskalenwert des KINDL®-Fragebogens zwischen den Diagnosegruppen wurde sowohl vor Beginn der Rehabilitationsmaßnahme in der Eingangsmessung sowie in der Abschlussmessung nach zwölf Monaten beobachtet. Dabei wurde für Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten jeweils ein statistisch signifikant höherer Wert im Vergleich zu den Hirntumorpatienten ermittelt. Auffällig ist, dass die Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten nicht nur im Vergleich zu den beiden anderen Patientengruppen, sondern auch im Vergleich zur Norm eine überdurchschnittliche gesundheitsbezogene Lebensqualität berichten.

In den folgenden Tabellen werden die Ergebnisse in den KINDL®-Subskalen differenziert nach Diagnosegruppe zusammengefasst. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen sind **farbig** gekennzeichnet. Signifikante Unterschiede innerhalb einer Diagnosegruppe, die sich im Verlauf der Untersuchung ergeben haben und auf einen Effekt der Rehabilitation hinweisen, werden in der ersten Spalte mit hochgestellten Buchstaben gekennzeichnet (nur bei Leukämie- und Lymphompatienten).

Hirntumoren (Normwert)	prä	post1	post2	post3
Körper (77,4)	69,5 (64,4-74,6)	76,8 (71,9-81,7)	74,5 (69,8-79,2)	71,6 (66,5-76,7)
Psyche (82,4)	75,5 (71,5-79,5)	78,4 (74,8-82,0)	80,5 (76,9-84,1)	79,1 (75,6-82,7)
Selbstwert (66,6)	64,2 (59,3-69,2)	69,1 (64,6-73,6)	69,3 (64,7-73,8)	66,5 (61,7-71,3)
Familie (81,4)	83,2 (78,9-87,5)	84,0 (80,3-87,7)	84,1 (80,1-88,0)	80,8 (77,0-84,6)
Freunde (79,0)	62,1 (56,3-67,8)	67,0 (61,3-72,7)	68,8 (63,9-73,6)	69,7 (64,4-74,9)
Schule (77,2)	74,2 (67,7-80,7)	75,3 (68,9-81,7)	75,1 (69,4-80,8)	71,7 (65,6-77,9)

Tab. 32: HRQoL-Ergebnisse der Hirntumorpatienten in den KINDL®-Subskalen zu den vier Messzeitpunkten

Dargestellt sind Mittelwert und 95% Konfidenzintervall; angepasst nach Alter und Geschlecht

Die Analyse der gesundheitsbezogenen Lebensqualität in den Subskalen zeigt, dass Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten in der Eingangsmessung in sämtlichen Bereichen höhere Werte als Leukämie- und Lymphompatienten erreichen, wobei sich das „körperliche Wohlbefinden“ signifikant zwischen beiden Gruppen unterscheidet. Mit Ausnahme der Skala „Wohlbefinden in der Familie“ erreichen die Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten in der Eingangsmessung auch höhere Werte als die Hirntumor-

patienten. Signifikante Unterschiede ergeben sich erneut für das „körperliche Wohlbefinden“ und das „Wohlbefinden in Bezug auf Freunde“. Darüber hinaus lassen die Gruppenvergleiche erkennen, dass Hirntumorpatienten insgesamt das geringste Lebensqualitätsniveau aufweisen, wohingegen sie das „familiäre Wohlbefinden“ am höchsten bewerten.

Knochentumoren/ Weichteilsarkome	prä	post1	post2	post3
Körper (72,2)	81,2 † (74,1-88,3)	76,5 (69,5-83,4)	79,2 (72,6-85,8)	75,7 (68,6-82,9)
Psyche (81,1)	81,2 (75,6-86,8)	82,1 (77,1-87,1)	86,1 (81,0-91,1)	87,4 † (82,4-92,3)
Selbstwert (60,9)	72,7 (65,7-79,6)	71,5 (65,2-77,8)	74,6 (68,2-81,0)	76,0 (69,3-82,7)
Familie (81,3)	80,6 (74,6-86,6)	82,0 (76,9-87,1)	83,4 (77,9-89,0)	86,0 (80,7-91,3)
Freunde (77,4)	74,5 † (66,8-82,2)	72,5 (64,9-80,1)	84,1 † (77,5-90,6)	78,2 (71,1-85,3)
Schule (76,6)	79,3 (70,9-87,8)	77,8 (69,5-86,1)	80,9 (73,4-88,4)	80,3 (72,4-88,3)

Tab. 33: HRQoL-Ergebnisse der Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten in den KINDL®-Subskalen zu den vier Messzeitpunkten

Dargestellt sind Mittelwert und 95% Konfidenzintervall; angepasst nach Alter und Geschlecht

† signifikant höherer Wert im Vergleich zu Hirntumor- und Leukämie-/Lymphompatienten, * signifikant höherer Wert im Vergleich zu Hirntumorpatienten (Bonferroni-Anpassung für Mehrfachvergleiche)

Leukämien/ Lymphome	prä	post1	post2	post3
Körper^a (77,2)	70,5 (66,9-74,1)	76,4 (72,9-79,8)	74,0 (70,7-77,4)	74,1 (70,5-77,8)
Psyche (82,2)	79,4 (76,5-82,2)	81,0 (78,5-83,5)	86,1 (81,0-91,1)	87,4 (82,4-92,3)
Selbstwert (67,7)	67,8 (64,3-71,3)	71,1 (67,9-74,3)	68,9 (65,7-72,2)	68,8 (65,4-72,4)
Familie^{a,b} (80,8)	79,4 (76,4-82,4)	82,5 (79,9-85,1)	83,4 (80,6-86,2)	82,4 (79,7-85,1)
Freunde (78,5)	72,2 † (68,3-76,1)	72,8 (68,9-76,6)	74,1 (70,8-77,4)	74,8 (71,2-78,4)
Schule (76,6)	72,9 (68,4-77,4)	75,5 (71,0-80,0)	75,4 (71,4-79,4)	74,4 (70,1-78,7)

Tab. 34: HRQoL-Ergebnisse der Leukämie- und Lymphompatienten in den KINDL®-Subskalen zu den vier Messzeitpunkten

Dargestellt sind Mittelwert und 95% Konfidenzintervall; angepasst nach Alter und Geschlecht

^a post1>prä ($p<0,05$), ^b post2>prä ($p<0,05$), † signifikant höherer Wert im Vergleich zu Hirntumorpatienten (Bonferroni-Anpassung für Mehrfachvergleiche)

In den Subskalen des KINDL®-Fragebogens konnten lediglich bei Leukämie- und Lymphompatienten signifikant höhere Werte in den Folgemessungen ermittelt werden. Sie schätzen ihr „körperliches Wohlbefinden“ direkt im Anschluss an den Rehabilitationsaufenthalt in Bad Oexen signifikant höher ein. Das „Wohlbefinden in der Familie“ ist zudem in den Folgemessungen direkt und sechs Monate nach der Rehabilitation signifikant erhöht.

Darüber hinaus fällt beim Vergleich der Diagnosegruppen auf, dass die Hirntumor- sowie Leukämie- und Lymphompatienten unmittelbar im Anschluss an die Rehabilitation durchweg höhere HRQoL-Werte in sämtlichen KINDL®-Subskalen erreichen, während die Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten schlechtere Werte nach Abschluss der Rehabilitationsmaßnahme aufweisen. Das spiegelt sich auch in den im Untersuchungszeitraum ermittelten Effektgrößen wider, die für sämtliche Vergleiche in der folgenden Tabelle zusammengefasst dargestellt werden. Während bei Leukämie- und Lymphompatienten ausschließlich positive Effekte ermittelt wurden, zeigen sich bei den Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten auch negative Entwicklungen:

Cohen's <i>d</i>	Summe	Körper	Psyche	Selbstwert	Familie	Freunde	Schule
HT	0,26-0,43	0,13-0,43	0,24-0,35	0,14-0,28	-0,18-0,16	0,18-0,35	0,07-0,21
KWT	-0,08-0,16	-0,06 -0,36	0,05-0,40	-0,12-0,11	0,01-0,14	-0,07-0,37	-0,20-0,02
LL	0,28-0,32	0,20-0,33	0,15-0,20	0,13-0,25	0,22-0,29	0,06-0,21	0,13-0,20

Tab. 35: Zusammenfassung der Effektgrößen der Rehabilitation auf die HRQoL

Negative Werte zeigen einen reduzierten HRQoL-Wert nach Abschluss der Rehabilitation im Vergleich zur Eingangsmessung an

HT=Hirntumoren, KWT=Knochentumoren und Weichteilsarkome, LL=Leukämien und Lymphome

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten eingangs eine überdurchschnittliche gesundheitsbezogene Lebensqualität aufwiesen. Signifikante Verbesserungen haben sich für den Gesamtskalenwert für Hirntumorpatienten nach sechs Monaten und für Leukämie-/Lymphompatienten direkt im Anschluss an die Rehabilitation ergeben. Sowohl Hirntumorpatienten, als auch Leukämie- und Lymphompatienten bewerteten ihre gesundheitsbezogene Lebensqualität nach Abschluss der Rehabilitation in sämtlichen Skalen des KINDL®-Fragebogens höher im Vergleich zur Eingangsmessung, wohingegen Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten zu diesem Zeitpunkt geringere Werte erzielten.

Patienten mit niedrigem HRQoL-Ausgangsniveau

Die gesundheitsbezogene Lebensqualität wird von Kindern- und Jugendlichen nach einer Krebserkrankung sehr unterschiedlich bewertet [81]. Einige Patienten schätzen ihre HRQoL vergleichsweise schlecht ein, andere bewerten sie – wie die Knochentumorpatienten in dieser Studie – als überdurchschnittlich gut, obwohl aufgrund der langwierigen und intensiven Therapie eine schlechtere Einschätzung zu erwarten gewesen wäre [43]. Diese Patienten weisen aufgrund ihrer hohen HRQoL Bewertung kaum Verbesserungspotenzial durch die Rehabilitation auf. Vor diesem Hintergrund wurde ein Schwerpunkt auf die Analyse der Lebensqualität von Kindern und Jugendlichen mit niedrigem Ausgangsniveau gelegt.

Hierzu wurden die KINDL®-Referenzwerte der Normstichprobe für Deutschland herangezogen [101]. In diese Analyse flossen die Daten der Patienten ein, deren Lebensqualitätswerte in der Eingangsmessung unterhalb des unteren Grenzwertes des 95%-Konfidenzintervalls der Normstichprobe lagen. Deutlich ist in [Abb. 53](#) der Anstieg der HRQoL bei Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau nach Abschluss der Rehabilitation erkennbar. Mit Ausnahme des „schulischen Wohlbefindens“ sechs und zwölf Monate nach Abschluss der Rehabilitation wurde in sämtlichen Skalenwerten im Vergleich zwischen Eingangs- und Folgemessung eine statistisch signifikant erhöhte Lebensqualität ermittelt.

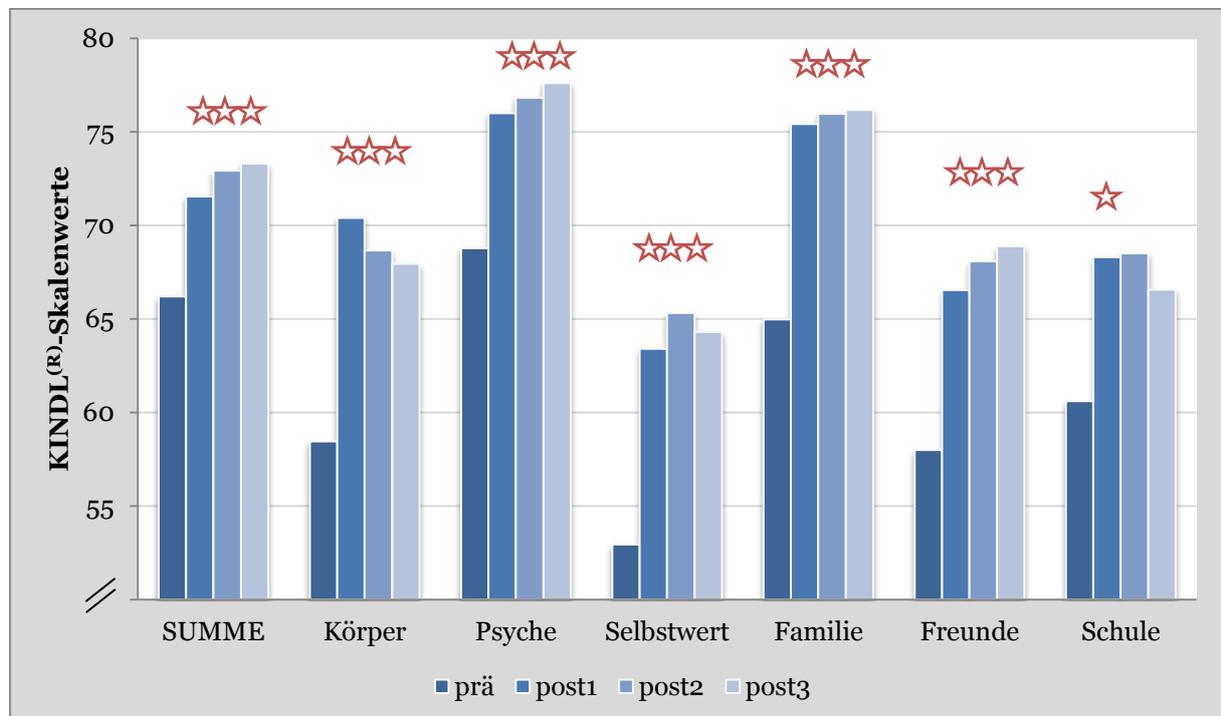


Abb. 53: Entwicklung der KINDL®-Skalenwerte zwischen den Messzeitpunkten bei Kindern und Jugendlichen mit niedrigem HRQoL-Ausgangsniveau

★ signifikant höher im Vergleich zur Eingangsmessung ($p < 0,05$)

KINDL® Skalenwert	n	Mittelwert Differenz	Konfidenzintervall (95%)		Cohen's <i>d</i>
			unteres	oberes	
Summe			$F_{3, 168}=19,655, p<0,001, \eta_p^2=0,167$		
prä - post1	111	+5,34	+3,5	+7,2	0,53
prä - post2	106	+6,54	+4,7	+8,4	0,64
prä - post3	106	+7,26	+5,3	+9,2	0,69
Körper			$F_{3, 267}=12,106, p<0,001, \eta_p^2=0,295$		
prä - post1	101	+11,94	+8,1	+15,8	0,83
prä - post2	98	+10,25	+6,2	+14,3	0,71
prä - post3	98	+10,18	+6,3	+14,0	0,70
Psyche			$F_{3, 288}=14,952, p<0,001, \eta_p^2=0,323$		
prä - post1	111	+7,22	+4,5	+10,0	0,57
prä - post2	106	+8,46	+5,6	+11,3	0,64
prä - post3	106	+9,47	+6,6	+12,3	0,70
Selbstwert			$F_{3, 216}=16,354, p<0,001, \eta_p^2=0,185^{\ddagger}$		
prä - post1	84	+10,45	+7,0	+14,0	0,71
prä - post2	81	+11,88	+8,0	+15,7	0,84
prä - post3	81	+11,48	+7,4	+15,5	0,77
Familie			$F_{3, 195}=23,499, p<0,001, \eta_p^2=0,528$		
prä - post1	77	+10,44	+7,5	+13,4	0,79
prä - post2	70	+11,36	+8,0	+14,8	0,83
prä - post3	73	+11,14	+7,8	+14,5	0,84
Freunde			$F_{3, 288}=11,830, p<0,001, \eta_p^2=0,110^{\ddagger}$		
prä - post1	112	+8,56	+4,7	+12,4	0,48
prä - post2	107	+9,89	+6,4	+13,4	0,57
prä - post3	108	+10,71	+6,4	15,0	0,60
Schule			$F_{3, 162}=3,318, p=0,027, \eta_p^2=0,161$		
prä - post1	72	+7,69	+3,5	+11,9	0,47
prä - post2	71	+9,07	+4,1	+14,0	0,56
prä - post3	74	+7,66	+2,7	+12,5	0,44

Tab. 36: Entwicklung der KINDL®-Skalenwerte zwischen den Messzeitpunkten bei Kindern und Jugendlichen mit niedrigem HRQoL-Ausgangsniveau

* Anpassung nach Greenhouse-Geisser bei Verletzung der Sphärizität

Differenziert nach Diagnosegruppe: siehe Anhang für Hirntumoren [Tab. 51](#); Knochentumoren/
Weichteilsarkome [Tab. 52](#); Leukämien/ Lymphome [Tab. 53](#)

Im Folgenden werden die Auswirkungen der Rehabilitation auf die HRQoL bei Kindern und Jugendlichen mit niedrigem Lebensqualitäts-Ausgangsniveau differenziert nach Hauptdiagnosegruppe (1. Hirntumoren, 2. Knochentumoren und Weichteilsarkome, 3. Leukämien/Lymphome) zusammengefasst. Zunächst wird die Entwicklung der Skalenwerte zu den Messzeitpunkten präsentiert, gefolgt von einer grafischen Darstellung der Effektstärken zwischen der Eingangsmessung und den drei Folgeuntersuchungen. Die zugehörigen statistischen Analysen finden sich in den Tabellen im Anhang.

Abb. 54 stellt die Entwicklung der Lebensqualität sowohl für den Gesamtscore (blaue durchgezogene Linie) als auch für die sechs Subskalen des KINDL®-Fragebogens dar. Deutlich ist der Anstieg der HRQoL nach Abschluss der Rehabilitation (post1) zu erkennen. Besonders ausgeprägt ist bei den Hirntumorpatienten der Anstieg im körperlichen Wohlbefinden von $56,8 \pm 15,4$ vor Beginn der Rehabilitation auf $73,2 \pm 16,6$ Punkte direkt im Anschluss ($p < 0,001$; $d = 1,06$). Die Vergleiche der Eingangsmessung mit den Follow-up-Messungen nach sechs und zwölf Monaten ergeben ebenfalls eine signifikant besser bewertete Lebensqualität in der physischen Domäne des KINDL®-Fragebogens mit großen Effekten von $d = 0,97-1,00$. Ähnliche Effekte ergeben sich bei den Hirntumorpatienten für die Subskala „Selbstwert“ ($d = 0,88-0,96$).

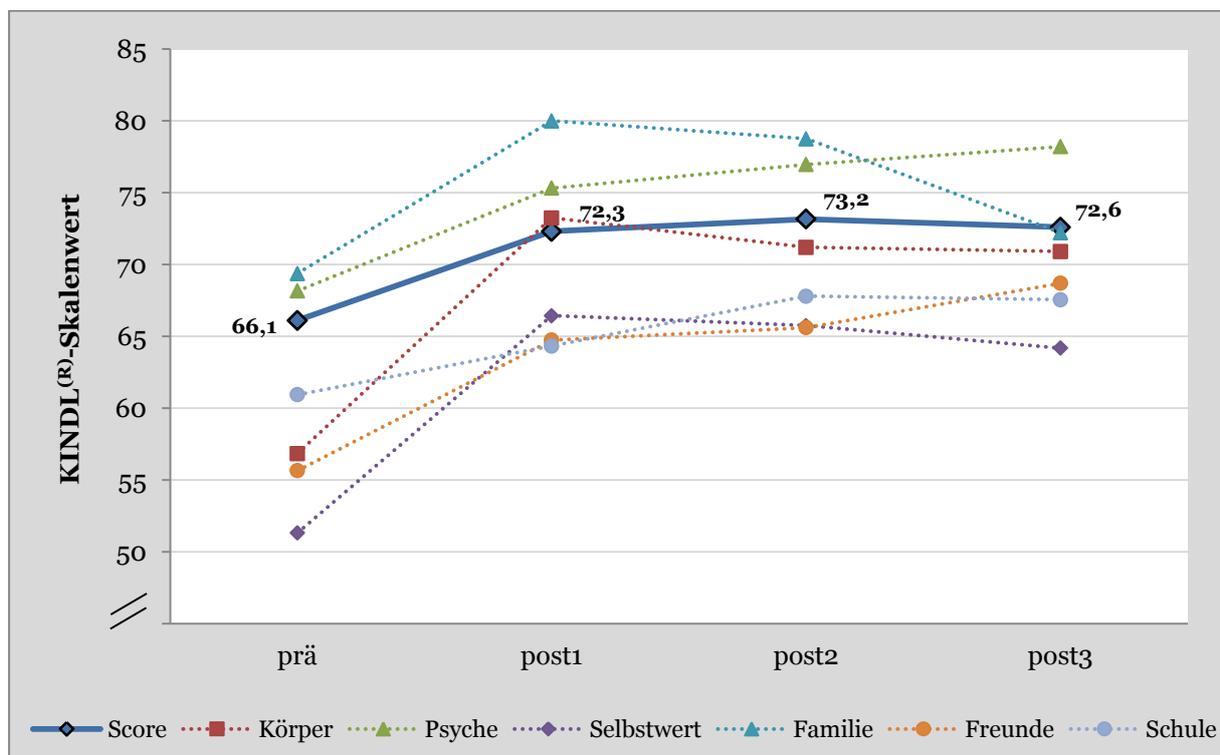


Abb. 54: Entwicklung der KINDL®-Skalenwerte zwischen den Messzeitpunkten bei Hirntumorpatienten mit niedrigem HRQoL-Ausgangsniveau

Detaillierte statistische Analyse siehe Anhang, Tab. 51

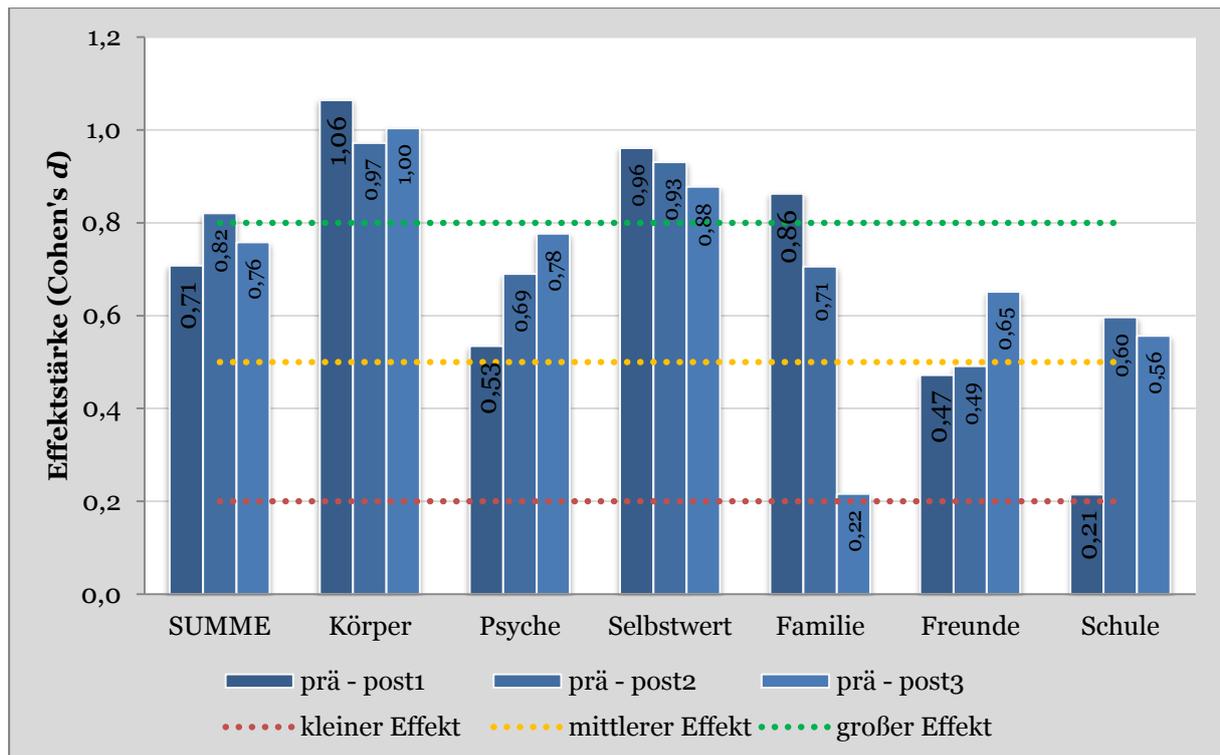


Abb. 55: Größe der Effekte der Rehabilitationsmaßnahme auf die Entwicklung der HRQoL bei Hirntumorpatienten mit niedrigem Ausgangsniveau

In den sozialen Domänen des Wohlbefindens („Freunde“ und „Schule“) zeigen sich kleine bis überwiegend mittlere Effekte ($d=0,21$ und $d=0,47-0,65$). Insgesamt wurden mittlere bis große Effekte beobachtet (Gesamtskalenwert $d=0,71-0,82$), ohne dass ein wesentlicher Einfluss des Erhebungszeitpunkts (direkt im Anschluss gegenüber sechs oder zwölf Monaten nach der Rehabilitationsmaßnahme) erkennbar wurde. Die gesundheitsbezogene Lebensqualität bleibt demnach in den Follow-up – Messungen nahezu stabil auf einem höheren Niveau, was bei Hirntumorpatienten mit niedrigem Ausgangsniveau für die Nachhaltigkeit der Rehabilitation spricht.

Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten mit unterdurchschnittlichem Ausgangsniveau bewerten ihre HRQoL nach Abschluss der Rehabilitation ebenfalls besser im Vergleich zur Eingangsmessung (Abb. 56). Im Gegensatz zu den Hirntumorpatienten ist dieser Unterschied jedoch nicht signifikant (vgl. Tab. 52), was auf die geringe Stichprobengröße in dieser Patientengruppe zurückzuführen ist. Die einzige signifikante HRQoL-Veränderung wurde in der Subskala „Psyche“ im Zwölf-Monats Follow-up ermittelt.

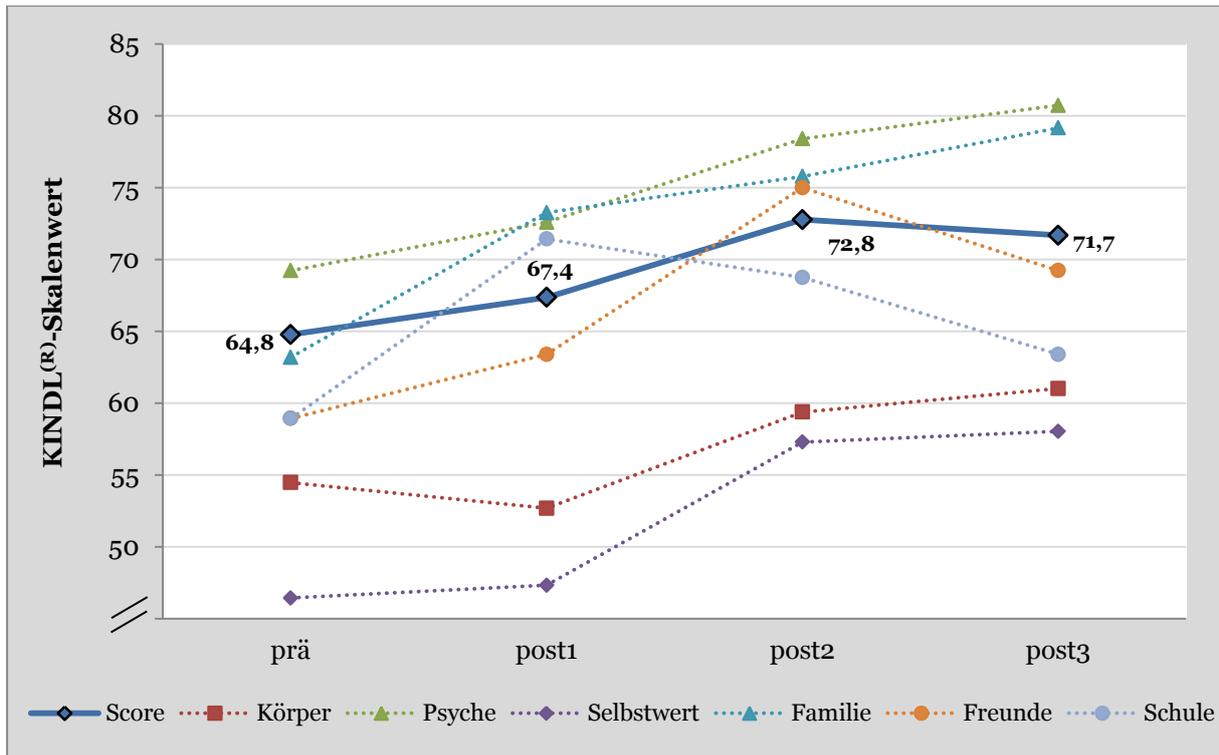


Abb. 56: Entwicklung der KINDL®-Skalenwerte zwischen den Messzeitpunkten bei Knochtumor- und Weichteilsarkompatienten mit niedrigem HRQoL-Ausgangsniveau

Detaillierte statistische Analyse siehe Anhang, Tab. 52

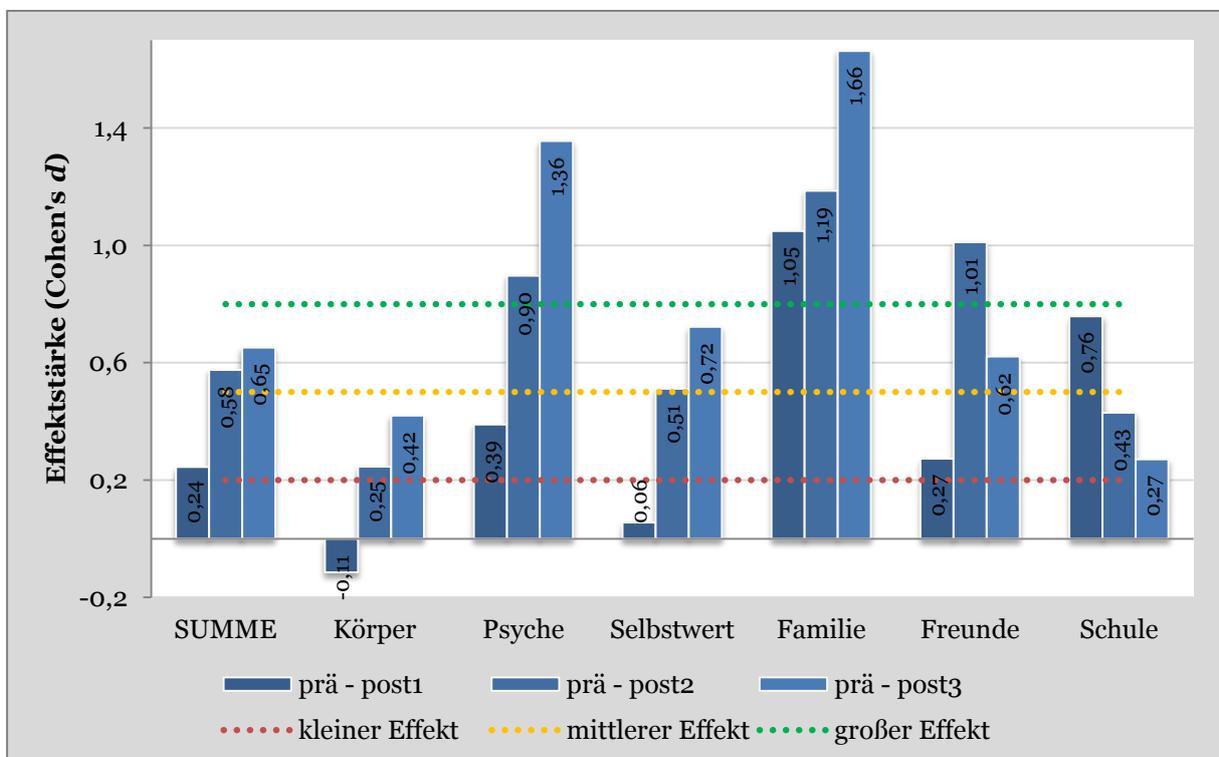


Abb. 57: Größe der Effekte der Rehabilitationsmaßnahme auf die Entwicklung der HRQoL bei Knochtumor- und Weichteilsarkompatienten mit niedrigem Ausgangsniveau

Bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten ist die Streubreite der Effekte wesentlich größer als bei Hirntumorpatienten (Abb. 57). Das körperliche Wohlbefinden ($d=-0,11$) wird direkt nach Abschluss der Rehabilitation sogar schlechter bewertet ($52,7\pm 30,4$) als zu Beginn ($54,5\pm 15,6$). Im weiteren Untersuchungsverlauf zeigt die physische Domäne hingegen eine leichte Verbesserung des körperlichen Wohlbefindens mit kleinen bis mittleren Effekten (prä vs. post2: $d=0,25$ und prä vs. post3: $d=0,42$). Besonders ausgeprägt sind die Veränderungen in den Dimensionen „emotionales Wohlbefinden“ für die Folgemessungen nach sechs ($d=0,90$) und zwölf Monaten ($d=1,36$) sowie durchgehend für das „Wohlbefinden in der Familie“ ($d=1,05-1,66$). Bei der Analyse des Gesamtskalenwerts ergibt sich zwischen den ersten beiden Messungen ein kleiner Effekt ($d=0,24$), in den Folgemessungen nach sechs und zwölf Monaten ein mittlerer Effekt ($d=0,58-0,65$).

Die deutlichsten Veränderungen der HRQoL finden sich bei den Leukämie- und Lymphompatienten mit mittleren bis großen Effekten (Gesamtskalenwert „Summe“ $d=0,63-0,89$). Wie zuvor bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten zeigen sich die größten Zunahmen in der Skala „Wohlbefinden in der Familie“ ($d=0,90-1,16$). Während die Bewertung der HRQoL in den Skalen „Körper“ und „Schule“ in den Folgemessungen nach sechs und zwölf Monaten leicht rückläufig ist (Abb. 58), stabilisieren sich die Skalenwerte der restlichen Domänen auf dem höheren Niveau nach Abschluss der Rehabilitation.

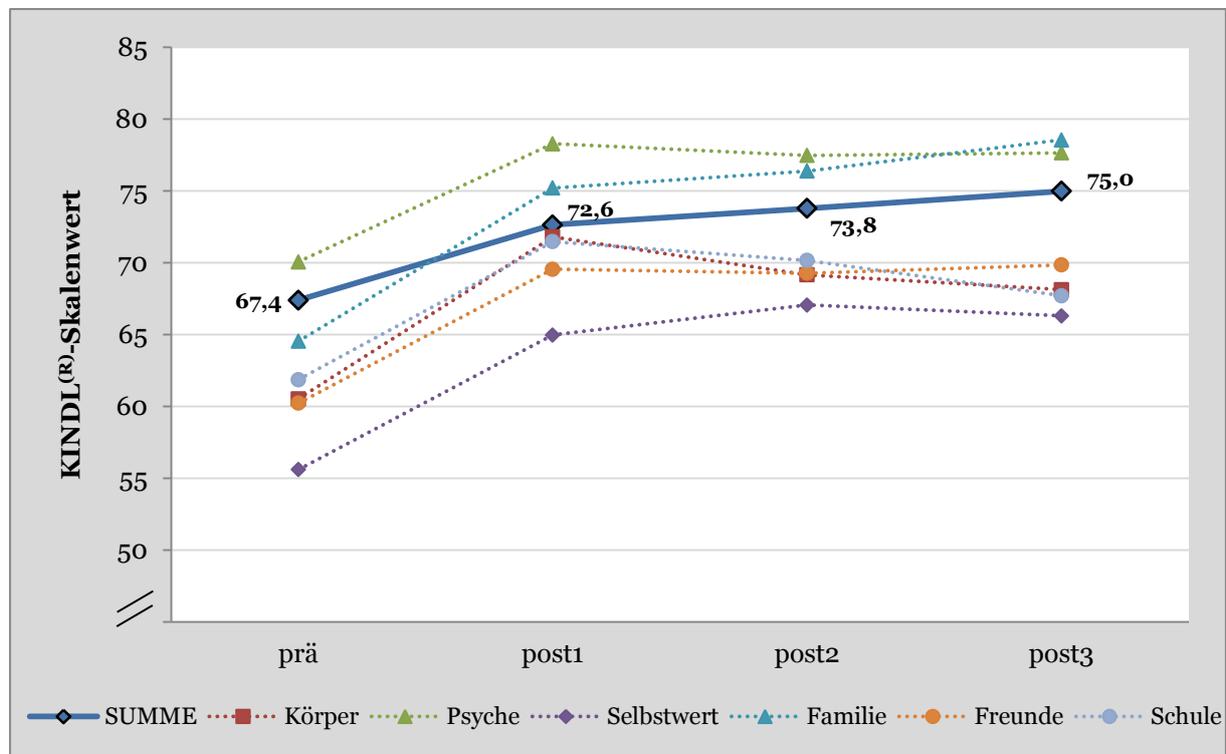


Abb. 58: Entwicklung der KINDL®-Skalenwerte zwischen den Messzeitpunkten bei Leukämie- und Lymphompatienten mit niedrigem HRQoL-Ausgangsniveau

Detaillierte statistische Analyse siehe Anhang, Tab. 53

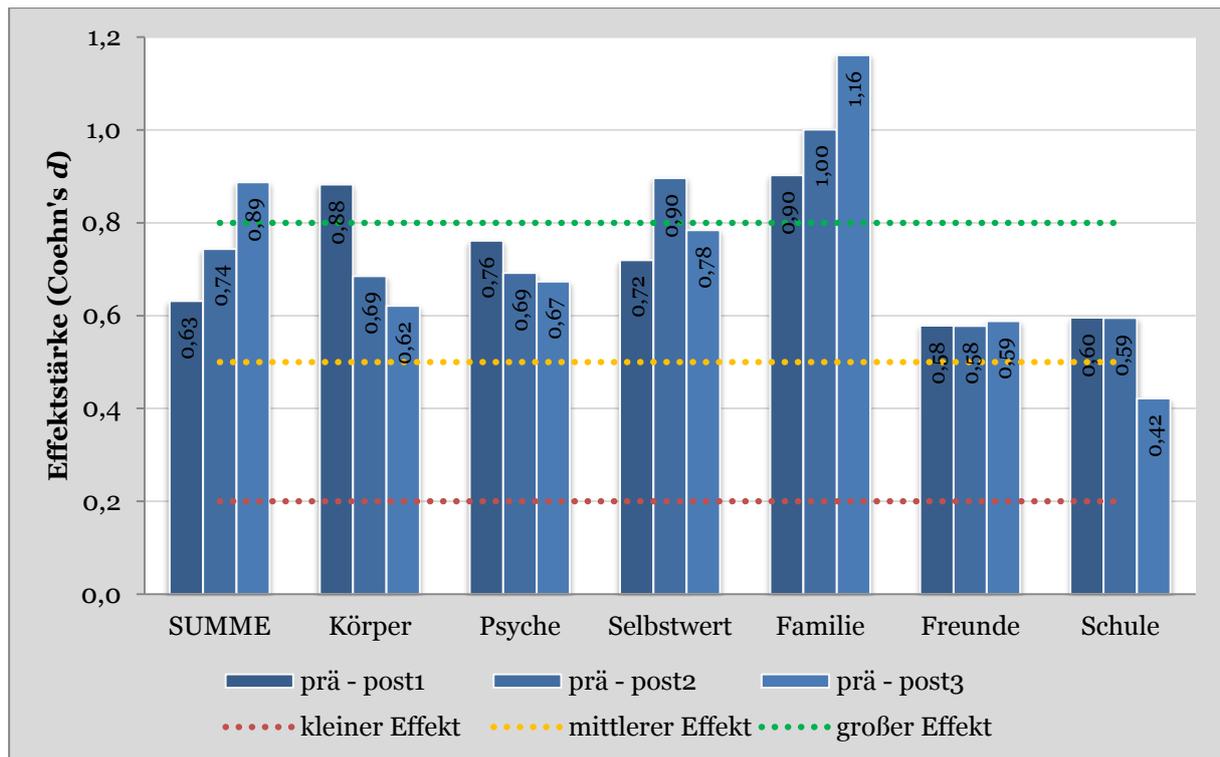


Abb. 59: Größe der Effekte der Rehabilitationsmaßnahme auf die Entwicklung der HRQoL bei *Leukämie- und Lymphompatienten* mit niedrigem Ausgangsniveau

Vergleich der HRQoL zwischen pädiatrisch onkologischen Patienten und der Normstichprobe

Frage 4:

Erreichen die Patienten nach einer Rehabilitationsmaßnahme wieder das Niveau gleichaltriger, gesunder Kinder?

Im Rahmen des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS) des Robert Koch-Instituts wurden Normwerte zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität von Kindern und Jugendlichen in Deutschland erhoben [101]. Auf Basis dieser alters- und geschlechtsentsprechenden Normwerte sollte ein Vergleich zwischen den Rehabilitanden und der Normstichprobe die Frage zu beantworten, ob Kinder und Jugendliche nach einer Krebserkrankung ein geringeres Lebensqualitätsniveau aufweisen und nach Abschluss der vierwöchigen stationären Rehabilitationsmaßnahme wieder das Lebensqualitätsniveau gleichaltriger, gesunder Kinder erreichen können. [Abb. 60](#) fasst die Veränderung des KINDL®-Gesamtskalenwerts der Patienten in Relation zur Normstichprobe zusammen. Die Patienten schätzen vor Beginn der Rehabilitation ihre HRQoL im Vergleich zur Referenz signifikant schlechter ein. Die Folgemessungen direkt im Anschluss und auch nach sechs und zwölf Monaten zeigen keinen signifikanten Lebensqualitätsunterschied.

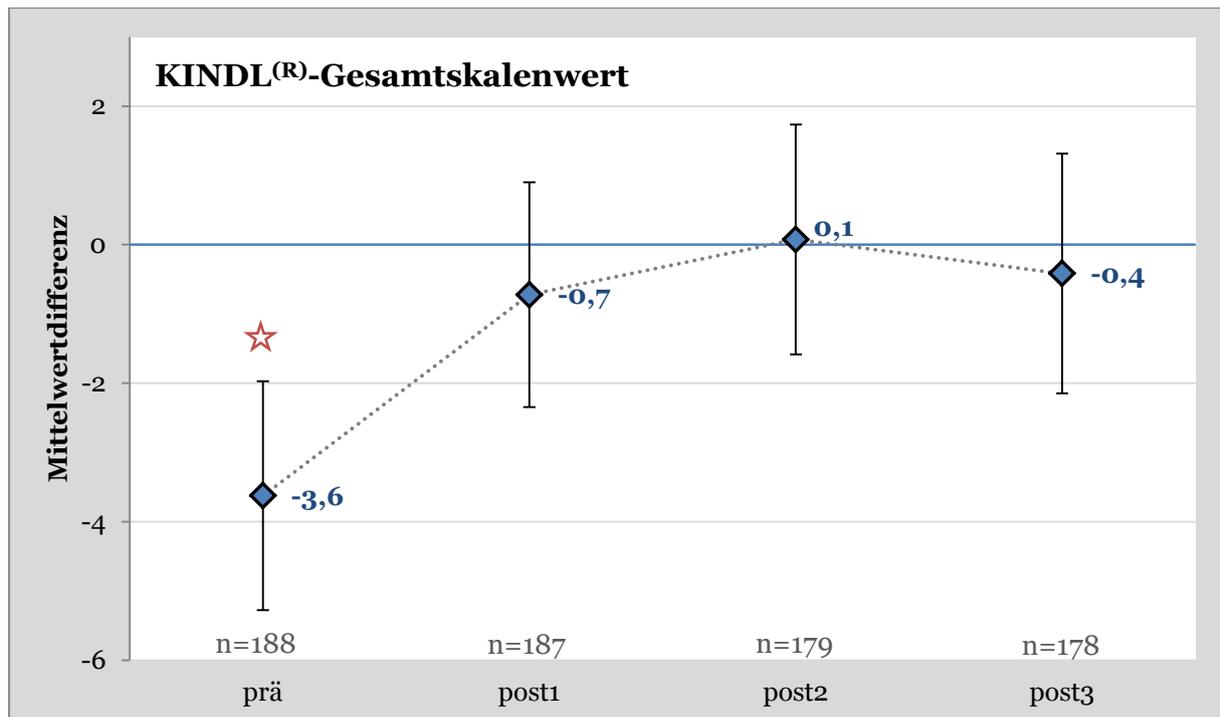


Abb. 60: Vergleich des KINDL[®]-Gesamtskalenwerts zwischen den Patienten und der Normstichprobe [101]

Negative Werte zeigen eine niedrigere Lebensqualität der Patienten an. Dargestellt sind Mittelwertdifferenz und Konfidenzintervall (95%).

Neben dem Gesamtskalenwert wird die Lebensqualität der Patienten in der Eingangsmessung auch in den Subskalen „Psyche“, „Familie“ und „Freunde“ schlechter bewertet, während die Patienten in der Domäne „Selbstwert“ überdurchschnittlich hohe Werte angeben:

KINDL [®]	MW Differenz	95% CI		p-Wert	Cohen's d
		untere Grenze	obere Grenze		
prä					
Gesamtskalenwert	-3,63	-5,28	-1,97	<0,001	0,33
Körper	-5,28	-8,02	-2,54	0,227	0,29
Psyche	-4,76	-6,89	-2,62	0,007	0,32
Selbstwert	+0,48	-2,25	+3,20	0,025	-0,03
Familie	-0,56	-2,76	+1,64	0,040	0,04
Freunde	-8,93	-11,76	-6,11	0,018	0,46
Schule	-2,65	-5,94	+0,64	0,726	0,14

Tab. 37: Vergleich der KINDL[®]-Skalenwerte der Eingangsmessung (prä) zwischen Patienten und Normstichprobe

Negative Werte in der Spalte Mittelwert-Differenz zeigen eine niedrigere HRQoL der Patienten an.

In den Folgemessungen direkt nach der Rehabilitation (Tab. 38) sowie nach sechs (Tab. 39) und zwölf Monaten (Tab. 40) reduzieren sich die eingangs beobachteten Einschränkungen in den Subskalen „körperliches Wohlbefinden“, „Psyche“, „Freunde“ und auch „Wohlbefinden in der Schule“. Analog dazu reduzieren sich die beobachteten Effekte in allen vier Subskalen deutlich. Andererseits zeigt sich in den eingangs vergleichbar mit der Normstichprobe eingeschätzten Domänen „Selbstwert“ und „Wohlbefinden in der Familie“ sogar eine deutliche Steigerung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Die Skalenwerte liegen für sämtliche Folgemessungen nach Abschluss der Rehabilitation signifikant über dem Normbereich:

KINDL® post1	MW Differenz	95% CI		p-Wert	Cohen's d
		untere Grenze	obere Grenze		
Gesamt- skalenwert	-0,72	-2,34	+0,90	0,742	0,07
Körper	-0,04	-2,55	+2,48	0,010	0,00
Psyche	-1,86	-3,70	-0,01	0,971	0,15
Selbstwert	+3,91	+1,39	+6,44	<0,001	-0,25
Familie	+1,74	-0,08	+3,56	0,001	-0,14
Freunde	-7,24	-9,95	-4,53	0,024	0,39
Schule	-0,40	-3,48	+2,68	0,527	0,02

Tab. 38: Vergleich der KINDL®-Skalenwerte direkt nach Abschluss der Rehabilitationsmaßnahme (post1) zwischen Patienten und Normstichprobe [101]

KINDL® post2	MW Differenz	95% CI		p-Wert	Cohen's d
		untere Grenze	obere Grenze		
Gesamt- skalenwert	+0,08	-1,58	+1,73	0,361	-0,01
Körper	-0,94	-3,56	1,68	0,003	0,06
Psyche	-1,32	-3,29	+0,65	0,652	0,10
Selbstwert	+3,57	+0,94	+6,20	<0,001	-0,22
Familie	+2,72	+0,73	+4,71	<0,001	-0,20
Freunde	-4,34	-6,80	-1,88	0,541	0,26
Schule	+0,84	-1,96	+3,64	0,177	-0,05

Tab. 39: Vergleich der KINDL®-Skalenwerte sechs Monate nach Abschluss der Rehabilitationsmaßnahme (post2) zwischen Patienten und Normstichprobe [101]

KINDL® post3	MW Differenz	95% CI		p-Wert	Cohen's d
		untere Grenze	obere Grenze		
Gesamt- skalenwert	-0,42	-2,15	+1,32	0,309	0,04
Körper	-2,50	-5,32	+0,33	0,628	0,14
Psyche	-0,68	-2,53	+1,17	0,386	0,05
Selbstwert	+3,36	+0,63	+6,10	<0,001	-0,20
Familie	+1,41	-0,56	+3,38	0,002	-0,11
Freunde	-3,91	-6,56	-1,26	0,806	0,22
Schule	-0,10	-3,04	+2,85	0,665	0,01

Tab. 40: Vergleich der KINDL®-Skalenwerte zwölf Monate nach Abschluss der Rehabilitationsmaßnahme (post2) zwischen Patienten und Normstichprobe [101]

Abschließend soll die Frage geklärt werden, ob sich die eingangs definierten Hauptdiagnosegruppen im Untersuchungszeitraum deutliche Diskrepanzen in der Lebensqualität im Vergleich zur Normstichprobe aufweisen. Hierzu werden die Daten differenziert nach den Diagnosen 1) Hirntumoren, 2) Knochentumoren/Weichteilsarkomen und 3) Leukämien/Lymphome mit den alters- und geschlechtsentsprechenden Normdaten verglichen.

Die folgenden Abbildungen fassen die Ergebnisse grafisch zusammen, die zugehörigen statistischen Analysen sind den Tabellen (Tab. 54, Tab. 55 und Tab. 56) im Anhang zu entnehmen. In den Abbildungen sind sämtliche Skalenwerte in Relation zur Normstichprobe dargestellt. Ein Wert oberhalb der blauen Null-Linie deutet auf eine im Vergleich zur Normstichprobe bessere Lebensqualität hin, Werte darunter entsprechend auf eine schlechtere Lebensqualität. Datenbeschriftungen werden aus Gründen der Lesbarkeit in den Abbildungen lediglich für den Gesamtskalenwert präsentiert, finden sich jedoch in Detail in den Tabellen im Anhang.

Hirntumorpatienten weisen von allen drei Hauptdiagnosegruppen die niedrigste Lebensqualität im Vergleich zur Normstichprobe auf. Der Gesamtskalenwert liegt zwischen -6,9 Punkten vor Beginn der Rehabilitation bis -1,5 Punkte sechs Monate nach Abschluss der Rehabilitation unter den Referenzwerten. Besonders gravierend sind die Einschränkungen in der Skala „Wohlbefinden in Bezug auf Freunde und Gleichaltrige“. Der Unterschied zum Normkollektiv weist hier zu allen vier Messzeitpunkten statistische Signifikanz auf.

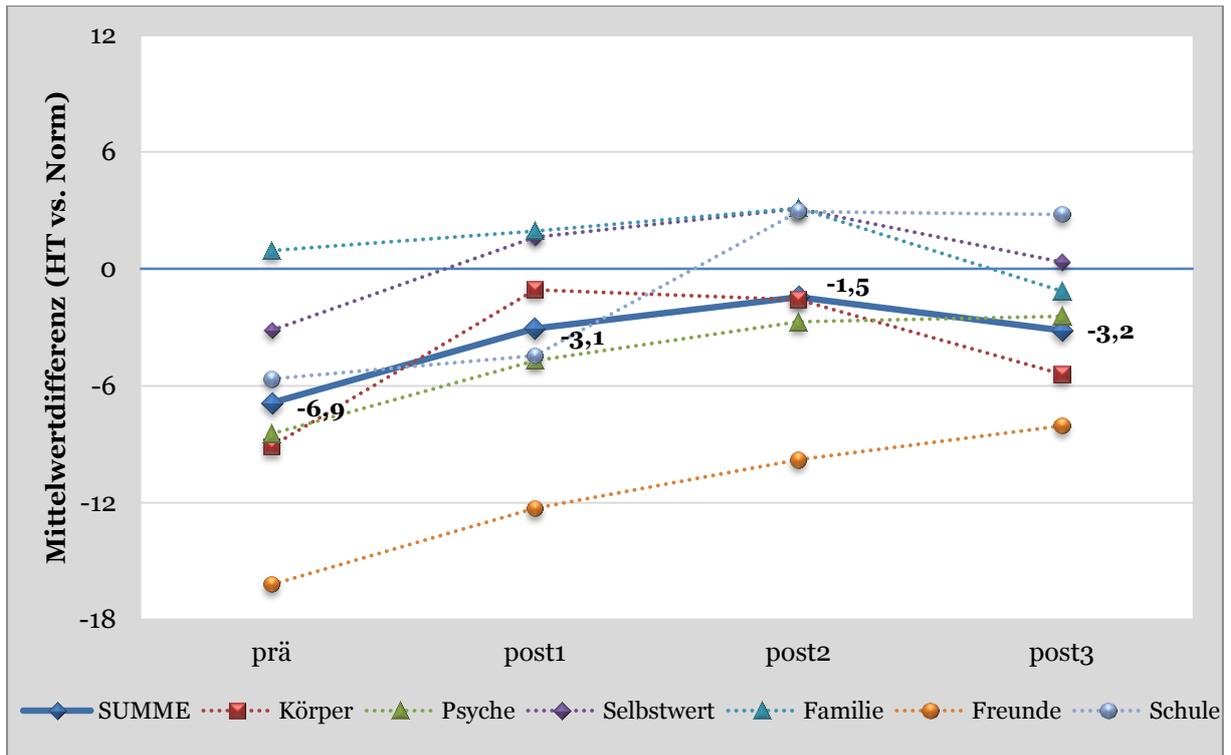


Abb. 61: Vergleich des KINDL®-Gesamtskalenwerts zwischen Hirntumorpatienten und der Normstichprobe [101]

Negative Werte zeigen eine niedrigere Lebensqualität der Patienten an.

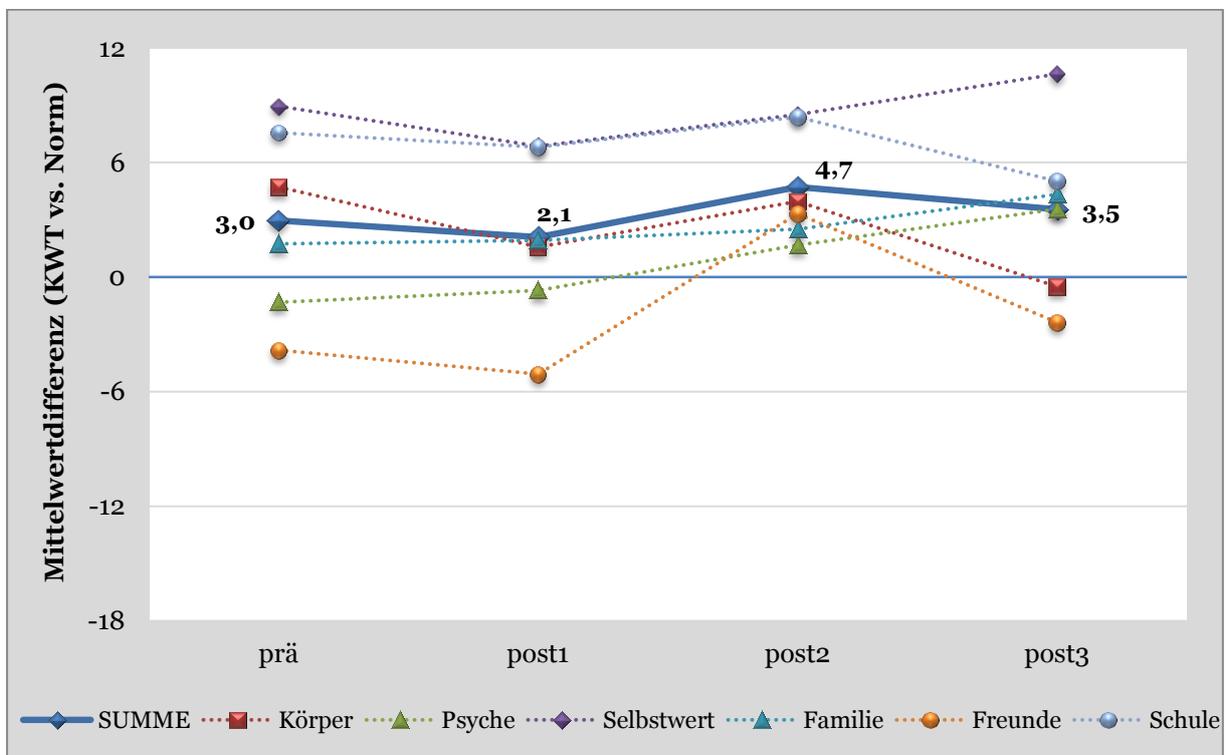


Abb. 62: Vergleich des KINDL®-Gesamtskalenwerts zwischen Knochen-/Weichteiltumorpatienten und der Normstichprobe [101]

Auffällig ist bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten nicht nur der zu sämtlichen Messzeitpunkten überdurchschnittlich hohe Gesamtskalenwert von über 2,0 Punkten oberhalb der Norm, sondern auch das Niveau in der Skala „Selbstwert“, für die sich mit Ausnahme der Messung direkt im Anschluss an die Rehabilitation im Vergleich zur Normstichprobe signifikant höhere Werte von jeweils über 8,5 Punkte oberhalb der Norm ergeben.

Bei den Leukämie- und Lymphompatienten zeigen sich keine auffälligen Diskrepanzen im Vergleich zur Normstichprobe. Signifikante Einschränkungen in der gesundheitsbezogenen Lebensqualität ergeben sich mit Ausnahme der Subskala „Wohlbefinden in Bezug auf Freunde und Gleichaltrige“ lediglich in der Eingangsmessung. Der Gesamtskalenwert des KINDL®-Fragebogens weist ebenfalls lediglich vor Beginn der Rehabilitation ein signifikant niedrigeres Niveau im Vergleich zur Norm auf (-3,8 Punkte), nähert sich dann ab der ersten Folgemessung im Anschluss an die Rehabilitation den Normwerten an (-0,1 bis -0,4 Punkte im Vergleich zu alters- und geschlechtsentsprechenden Referenzdaten). Gleichzeitig zeigen die Skalen „Selbstwert“ und „Wohlbefinden in der Familie“ im Gegensatz zur Eingangsmessung für sämtliche Folgemessungen im Vergleich zur Norm signifikant höhere Skalenwerte.

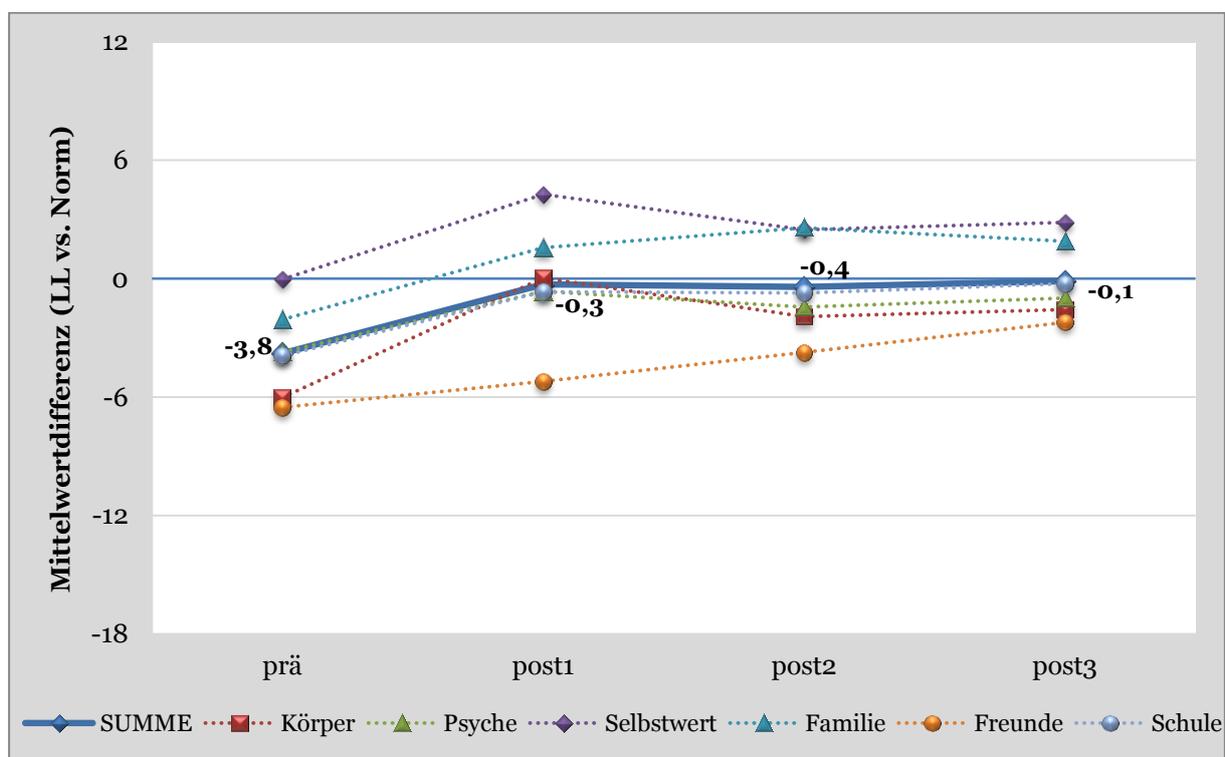


Abb. 63: Vergleich des KINDL®-Gesamtskalenwerts zwischen Leukämie-/Lymphompatienten und der Normstichprobe [101]

Vergleich der HRQoL zwischen Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau und der Normstichprobe

Wird die Entwicklung der Lebensqualität der Patienten mit niedrigem HRQoL-Ausgangsniveau im gesamten Untersuchungszeitraum analysiert, zeigt sich eine deutliche Abnahme der Unterschiede zur Normstichprobe (Abb. 64). Diese Entwicklung ist für den KINDL®-Gesamtskalenwert ebenso wie für sämtliche Subskalen erkennbar. Trotz der oben beschriebenen statistisch signifikanten Zunahme der gesundheitsbezogenen Lebensqualität wird von der Patientengruppe mit niedrigem Ausgangsniveau zu keinem Zeitpunkt das Niveau der Referenzstichprobe erreicht. Lediglich in der Subskala „Selbstwert“ in den Messungen sechs und zwölf Monate nach Abschluss der Rehabilitation weist der Vergleich zwischen Patienten- und Normstichprobe keine statistische Signifikanz auf (post2: 66,1±17,8 vs. 67,5, n.s. und post3: 64,9±17,9 vs. 66,7, n.s.). Für die weiteren Subskalen wurde zu sämtlichen Messzeitpunkten eine signifikant niedrigere HRQoL ermittelt ($p < 0,05$).

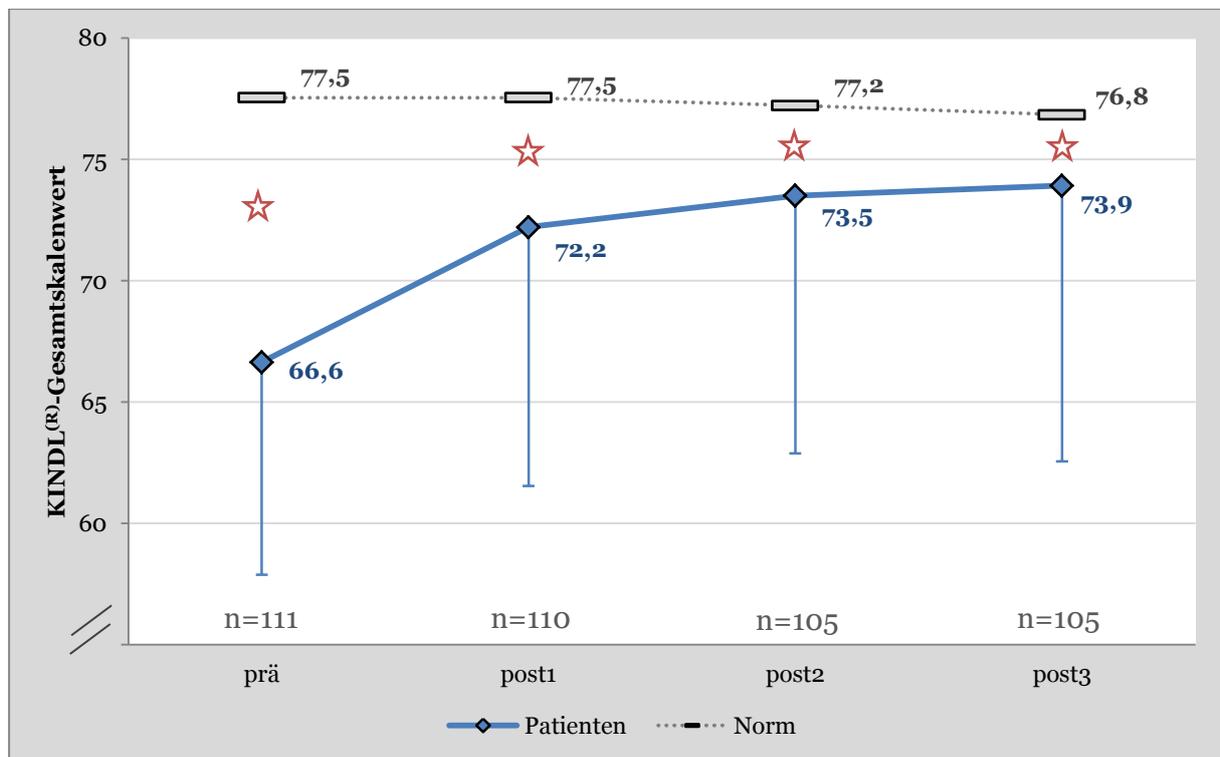


Abb. 64: Unterschiede in der HRQoL zwischen Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau und der Normstichprobe

Die größten Einschränkungen in den Folgemessungen nach Abschluss der Rehabilitation in Relation zur Normstichprobe ergeben sich in den Skalen „körperliches Wohlbefinden“ (-5,5 bis -7,1 Punkte) sowie in den sozialen Domänen „Freunde“ (-8,6 bis -11,7 Punkte) und „Schule“ (-6,9 bis -8,4 Punkte).

KINDL®	MW Diff	95% CI	MW Diff	95% CI	MW Diff	95% CI	MW Diff	95% CI
	prä		post1		post2		post3	
SUMME	-10,9[‡]	-12,7; -9,1	-5,3[‡]	-7,4; -3,2	-3,7[‡]	-5,9; -1,6	-2,9	-5,2; -0,6
Körper	-18,0[‡]	-20,9; -15,1	-5,5[‡]	-9,3; -1,8	-6,9[‡]	-10,7; -3,0	-7,1[†]	-11,0; -3,2
Psyche	-13,6[‡]	-15,9; -11,2	-5,5[‡]	-8,0; -2,9	-4,5[‡]	-7,3; -1,7	-3,4[‡]	-5,9; -0,9
Selbstwert	-15,1[‡]	-18,4; -11,7	-4,1[‡]	-8,0; -0,2	-1,5	-5,7; +2,7	-1,8	-6,1; +2,4
Familie	-15,0[‡]	-17,8; -12,3	-4,5[‡]	-7,1; -1,8	-3,8[‡]	-7,4; -0,2	-3,7[‡]	-7,0; -0,4
Freunde	-20,0[‡]	-23,3; -16,8	-11,7[‡]	-15,3; -8,2	-9,6[†]	-12,7; -6,6	-8,6[‡]	-12,2; -4,9
Schule	-16,8[‡]	-20,8; -12,8	-8,4[‡]	-13,0; -3,9	-6,9[‡]	-11,2; -2,6	-7,5[‡]	-11,8; -3,1

Tab. 41: Entwicklung der Lebensqualität bei Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau in Relation zur Normstichprobe

Signifikanter Unterschied ($p < 0,05$): † Wilcoxon Rangsummentest, ‡ t-Test

Vor Beginn der Rehabilitation ergeben sich für die Hirntumorpatienten mit niedrigem HRQoL-Ausgangsniveau sowohl im Gesamtskalenwert, als auch in sämtlichen Subskalen im Vergleich zur Normstichprobe signifikant geringere Werte ($p < 0,001$). Obwohl sich die Differenzen in der HRQoL zwischen den Patienten und der Normstichprobe in sämtlichen Skalen deutlich reduzieren, erweisen sich lediglich die Gruppenunterschiede in den Domänen „körperliches Wohlbefinden“ und „Selbstwert“ in den drei Folgemessungen nach Abschluss der Rehabilitation als statistisch nicht signifikant. Die deutlichsten Einschränkungen im Vergleich zu den Normwerten finden sich in den sozialen Domänen des KINDL®-Fragebogens „Freunde“ und „Schule“. Hier werden nach der Rehabilitation Differenzen von -14,5 bis -9,3 Punkte für die Skala „Wohlbefinden in Bezug auf Freunde“ und -14,4 bis -7,8 Punkte für die Skala „schulisches Wohlbefinden“ beobachtet.

KINDL®	MW Diff	95% CI	MW Diff	95% CI	MW Diff	95% CI	MW Diff	95% CI
	prä		post1		post2		post3	
SUMME	-11,8[†]	-14,8; -8,7	-5,4[‡]	-8,6; -2,1	-3,5	-6,9; 0,0	-3,9[‡]	-7,7; -0,1
Körper	-21,3[†]	-26,9; -15,6	-4,4	-10,6; +1,7	-5,4	-11,9; +1,1	-5,4	-12,8; +1,9
Psyche	-15,0[†]	-19,5; -10,5	-7,1[‡]	-11,4; -2,8	-5,2[‡]	-10,0; -0,4	-3,7	-7,5; +0,1
Selbstwert	-17,7[†]	-24,2; -11,3	-2,6	-9,5; +4,3	-0,6	-7,8; +6,7	-1,7	-9,4; +5,9
Familie	-11,4[†]	-17,2; -5,6	-0,7	-4,0; +2,6	-2,0	-7,2; +3,3	-8,3[‡]	-16,0; +0,5
Freunde	-22,5[†]	-28,4; -16,7	-14,5[†]	-19,8; -9,3	-12,5[‡]	-17,7; -7,4	-9,3[‡]	-14,5; -4,0
Schule	-18,4[†]	-25,2; -11,6	-14,4[‡]	-22,8; -6,0	-7,8[‡]	-15,4; -0,2	-7,8[‡]	-14,9; -0,8

Tab. 42: Entwicklung der Lebensqualität bei Hirntumorpatienten mit niedrigem Ausgangsniveau in Relation zur Normstichprobe

Signifikanter Unterschied ($p < 0,05$): † Wilcoxon Rangsummentest, ‡ t-Test

Die gesundheitsbezogene Lebensqualität der Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten mit niedrigem Ausgangsniveau unterscheidet sich vor Beginn der Rehabilitation mit Ausnahme der Skala „schulisches Wohlbefinden“ in sämtlichen Subskalen signifikant von den Normwerten. Anders als in der Gruppe der Hirntumorpatienten findet sich im Nachgang nur für die Messung direkt nach Abschluss der Rehabilitation in der Skala „Wohlbefinden in Bezug auf Freunde/Gleichaltrige“ ein signifikanter Unterschied zur Normstichprobe (-14,0 Punkte, $p=0,042$). In dieser Analyse ist jedoch die in einigen Skalen geringe Stichprobengröße der Knochentumor-/Weichteilsarkompatienten zu beachten (z.B. „Familie“ $n=9$ oder „Körper“, „Selbstwert“ und „Schule“ $n=7$). Die beobachteten Mittelwertdifferenzen zwischen diesen Patienten und der Normstichprobe sind vergleichbar mit denen der Hirntumorpatienten. In den Skalen „körperliches Wohlbefinden“, „Psyche“ und auch „Selbstwert“ sind die Unterschiede zur Referenz in den Folgemessungen sogar noch ausgeprägter. Die deutlichsten Einschränkungen finden sich in der physischen Dimension „körperliches Wohlbefinden“ und erneut in den sozialen Domänen des KINDL®-Fragebogens „Freunde“ und „Schule“.

KINDL®	MW Diff	95% CI	MW Diff	95% CI	MW Diff	95% CI	MW Diff	95% CI
	prä		post1		post2		post3	
SUMME	-8,9[‡]	-16,9; -1,0	-6,3	-16,2; +3,5	-0,7	-10,9; +9,6	-1,0	-11,8; +9,7
Körper	-17,1[†]	-31,7; -2,5	-18,9	-47,0; +9,2	-10,8	-27,0; +5,5	-8,9	-26,3; +8,5
Psyche	-12,1[†]	-17,4; -6,9	-8,8	-18,0; +0,5	-2,7	-12,5; +7,2	0,0	-6,4; +6,4
Selbstwert	-12,9[‡]	-27,9; +2,2	-11,9	-30,9; +7,0	-2,4	-27,0; +22,2	-1,2	-19,5; +17,0
Familie	-18,4[‡]	-25,8; -10,9	-8,3	-16,0; 0,0	-5,5	-18,1; +7,2	-1,9	-16,9; +13,1
Freunde	-18,5[‡]	-28,0; -9,0	-14,0[‡]	-27,4; -0,6	-2,0	-10,2; +6,3	-7,5	-19,3; +4,2
Schule	-11,6	-27,1; +3,8	+0,9	-11,4; +13,1	-1,9	-23,2; +19,4	-7,2	-17,3; +2,9

Tab. 43: Entwicklung der Lebensqualität bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten mit niedrigem Ausgangsniveau in Relation zur Normstichprobe

Signifikanter Unterschied ($p<0,05$): † Wilcoxon Rangsummentest, ‡ t-Test

Bei den Leukämie- und Lymphompatienten mit niedrigem HRQoL-Ausgangsniveau zeigt sich in der Eingangsmessung ebenfalls in sämtlichen Skalen ein signifikanter Unterschied zur Normstichprobe. Die größten Diskrepanzen zu den Referenzwerten ergeben sich in den Folgemessungen in den Subskalen „körperliches Wohlbefinden“ sowie erneut in den Skalen „Wohlbefinden in Bezug auf Freunde/Gleichaltrige“ und „schulisches Wohlbefinden“.

KINDL®	MW Diff	95% CI	MW Diff	95% CI	MW Diff	95% CI	MW Diff	95% CI
	prä		post1		post2		post3	
SUMME	-10,6[†]	-12,9; -8,4	-5,2[‡]	-8,1; -2,3	-4,2[‡]	-7,1; -1,3	-2,6	-5,7; +0,5
Körper	-16,4[†]	-19,9; -12,8	-4,6	-8,9; -0,2	-7,2	-12,2; -2,2	-7,7[‡]	-12,6; -2,9
Psyche	-12,9[†]	-16,0; -9,8	-3,7[†]	-7,2; -0,3	-4,4[†]	-8,3; -0,5	-3,9	-7,8; -0,1
Selbstwert	-13,9[†]	-17,9; -9,9	-3,8	-8,5; +0,8	-1,8	-7,2; +3,5	-2,0	-7,5; +3,5
Familie	-16,0[†]	-19,5; -12,5	-5,3[‡]	-9,2; -1,4	-4,1	-9,0; +0,8	-2,2	-5,7; +1,4
Freunde	-18,5[†]	-22,8; -14,2	-9,0[‡]	-14,2; -3,9	-9,2[‡]	-13,6; -4,8	-8,3	-14,1; -2,5
Schule	-16,5[†]	-21,9; -11,1	-6,3[‡]	-12,3; -0,3	-7,0[‡]	-12,5; -1,5	-7,2[‡]	-13,7; -0,7

Tab. 44: Entwicklung der Lebensqualität bei Leukämie- und Lymphompatienten mit niedrigem Ausgangsniveau in Relation zur Normstichprobe

Signifikanter Unterschied ($p < 0,05$)

† Wilcoxon Rangsummentest, ‡ t-Test, Signifikanzen **fett** dargestellt

Zusammenfassend ist die Entwicklung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität bei Patienten mit niedrigem HRQoL-Ausgangsniveau in Relation zur Normstichprobe grafisch detailliert im Anhang differenziert nach Hauptdiagnosegruppen für Hirntumoren in [Abb. 82](#) und [Abb. 83](#), für Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten in [Abb. 84](#) und [Abb. 85](#) sowie für Leukämie- und Lymphompatienten in [Abb. 86](#) und [Abb. 87](#) dargestellt. Zusätzlich wird die Entwicklung der HRQoL der Patienten in den jeweiligen Diagnosegruppen mit Ausgangswerten im und über dem Normbereich dargestellt.

Weitere Fragestellungen

Gibt es Zusammenhänge zwischen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität (HRQoL) und

- dem Geschlecht,
- dem Alter der Patienten,
- dem Body-Mass-Index (standard deviation score, SDS) der Patienten,
- einer Strahlentherapie der Patienten
- der Zeitdauer (in Monaten) seit Therapieende?

Grundlage dieser Berechnungen waren die Daten der Eingangsanalyse. Eine Normalverteilung der Daten lag nicht vor. Daher erfolgte die Überprüfung von Zusammenhängen (Alter, BMI, Dauer seit ED) nicht-parametrisch über die Spearman-Korrelationsanalyse. Im Falle dichotomer Variablen (Geschlecht und Bestrahlung) wurde eine punktbiseriale Korrelationsanalyse durchgeführt.

Das Geschlecht der Patienten weist keinen Einfluss auf den KINDL®-Gesamtskalenwert der Eingangsmessung auf ($r=0,065$, n.s.). Auch in den Subskalen finden sich überwiegend geringe Korrelationskoeffizienten zwischen $r=0,041$ und $r=0,089$. Lediglich die Skalen „Wohlbefinden in der Familie“ ($r=0,122$, n.s.) und „Wohlbefinden in Bezug auf Freunde/Gleichaltrige“ ($r=0,156$, $p=0,033$) deuten für weibliche Patienten auf eine höhere Lebensqualität in den sozialen Dimensionen des Fragebogens hin.

Eine Strahlentherapie weist keinen Einfluss auf den Gesamtskalenwert auf ($r=0,049$, n.s.). In den Skalen „körperliches Wohlbefinden“, „Psyche“ und „Selbstwert“ finden sich ebenfalls keine Zusammenhänge mit einer vorangegangenen Bestrahlung. In den sozialen Dimensionen weisen Patienten nach einer Bestrahlung ein höheres familiäres Wohlbefinden ($r=0,213$, $p=0,003$), gleichzeitig jedoch niedrige Werte in den Skalen „Wohlbefinden in Bezug auf Freunde/Gleichaltrige“ ($r=0,173$, $p=0,018$) und „Wohlbefinden in der Schule“ ($r=0,188$, $p=0,018$) auf.

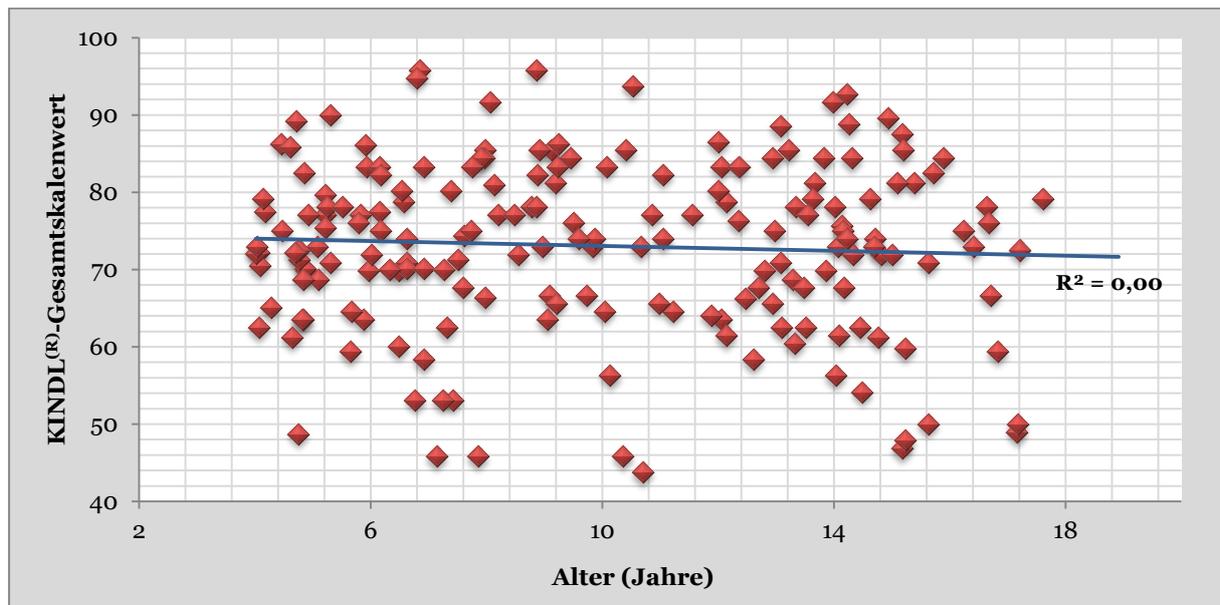


Abb. 65: Zusammenhang zwischen der Lebensqualität und dem Alter

Sowohl bei den Hirntumorpatienten ($r=-0,234$, n.s.) als auch bei den Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten ($r=-0,266$, n.s.) ist mit zunehmendem Alter eine Abnahme des Gesamtskalenwerts der gesundheitsbezogenen Lebensqualität zu beobachten. Dieser Zusammenhang lässt sich bei Leukämie- und Lymphompatienten ($r=+0,039$, n.s.) nicht nachweisen. Auffällig ist das mit zunehmendem Alter höher eingeschätzte „Wohlbefinden in der Familie“ ($r=0,434$, $p=0,001$) bei den Hirntumorpatienten und das schlechter bewertete „körperliche Wohlbefinden“ ($r=-0,325$, n.s.) sowie ein geringeres Selbstwertgefühl ($r=-0,566$, $p=0,001$) bei den Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten.

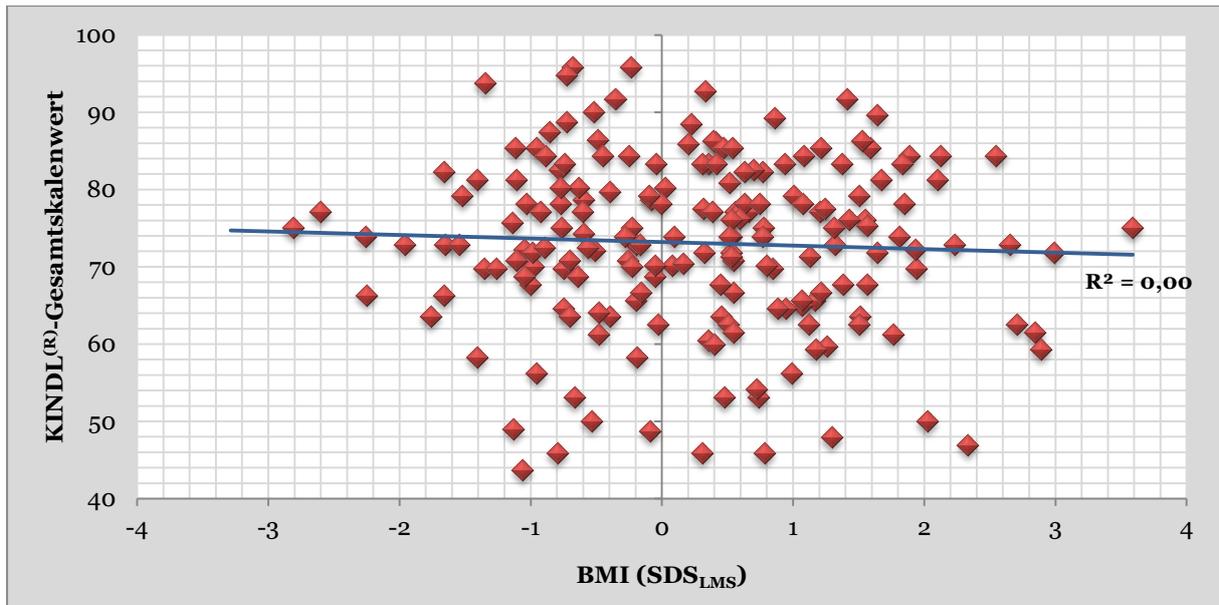


Abb. 66: Zusammenhang zwischen der Lebensqualität und dem BMI

Zwischen dem Body-Mass-Index (BMI) und der gesundheitsbezogenen Lebensqualität wurde ebenfalls kein eindeutiger Zusammenhang gefunden (Abb. 66). Der Korrelationskoeffizient beträgt für den KINDL®-Gesamtscore $r=-0,032$ (n.s.). In den Subskalen liegen die Korrelationskoeffizienten zwischen $r=-0,107$ (n.s.) für die Skala „Selbstwert“ und $r=+0,046$ (n.s.) für das „Wohlbefinden in Bezug auf Freunde/Gleichaltrige“.

Der Zeitraum zwischen Therapieende und Beginn der Rehabilitation hat keinen wesentlichen Einfluss auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität in der Eingangsmessung:

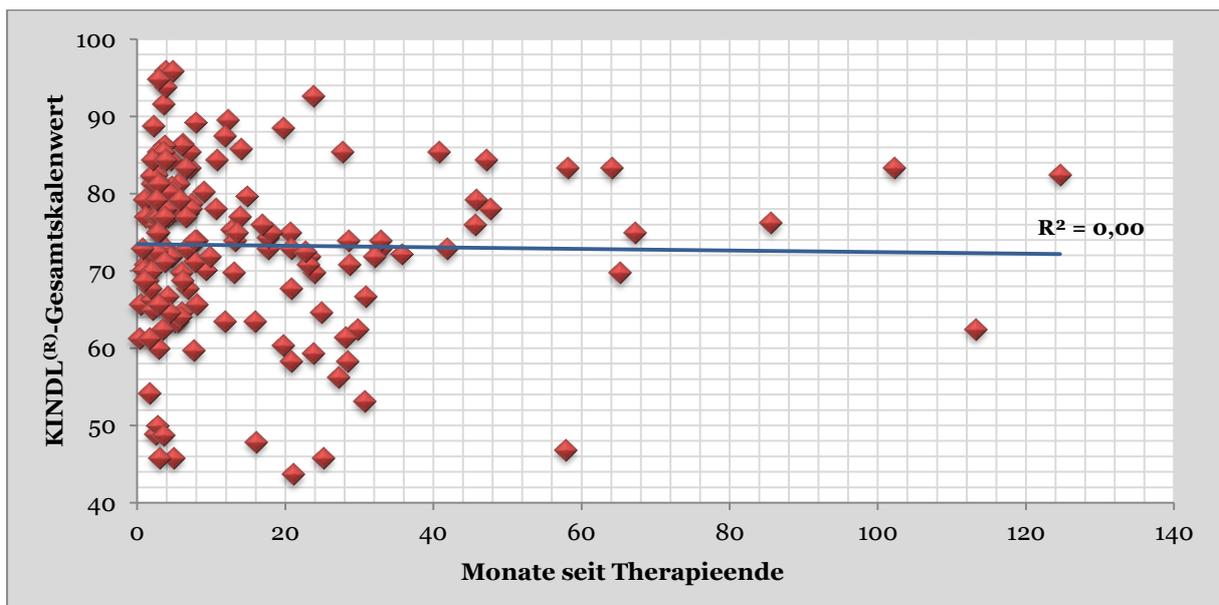


Abb. 67: Einfluss des Zeitraums zwischen Therapieende und Beginn der Rehabilitation auf die HRQoL

Für die gesamte Patientienstichprobe bewegen sich die Korrelationskoeffizienten zwischen $r=-0,115$ (n.s.) für das „Wohlbefinden in der Schule“ und $r=0,058$ (n.s.) für das „Wohlbefinden in der Familie“. Auch der Spearman-Korrelationskoeffizient von $r=-0,014$ (n.s.) für den KINDL®-Gesamtskalenwert zeigt, dass die Zeitspanne zwischen dem Therapieende und dem Beginn der Rehabilitation keinen Einfluss auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität aufweist.

Die Dauer der Akuttherapie weist einen negativen Zusammenhang mit der gesundheitsbezogenen Lebensqualität der Eingangsmessung auf (Gesamtscore: $r=-0,140$, n.s.). Der größte Einfluss zeigt sich zwischen der Dauer der Akuttherapie und dem „emotionalen Wohlbefinden / Psyche“ mit $r=-0,265$ ($p=0,001$).

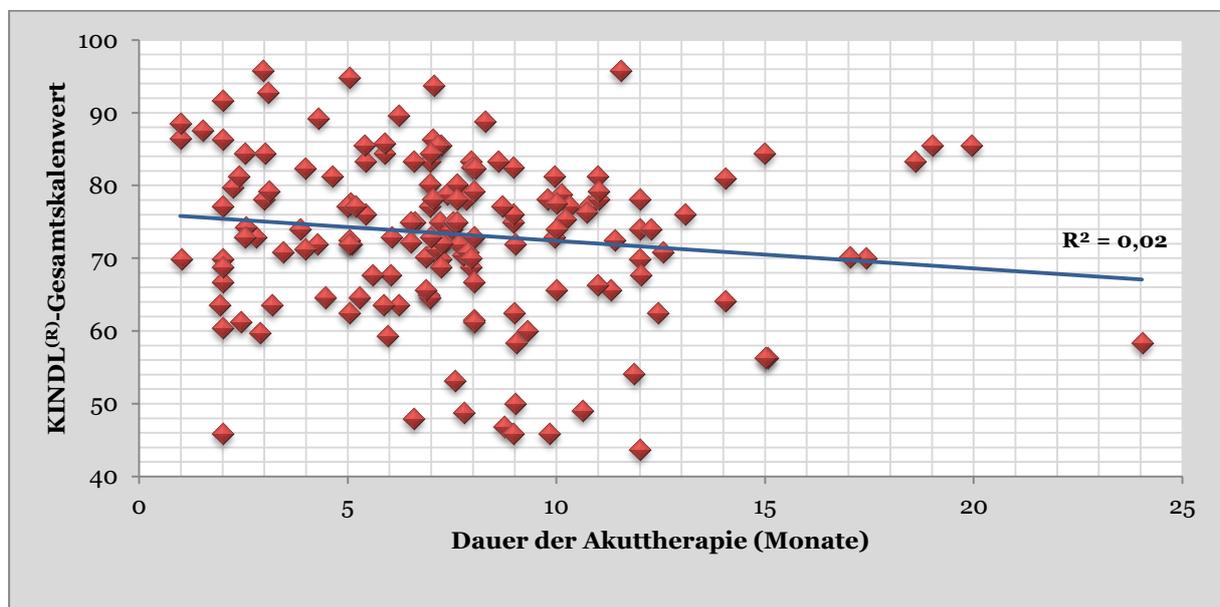


Abb. 68: Einfluss der Dauer der Akuttherapie auf die HRQoL

In den Analysen der drei Hauptdiagnosegruppen wurden keine statistisch signifikanten Korrelationen zwischen dem Zeitraum seit Therapieende und den KINDL®-Skalenwerten zu Beginn der Rehabilitation beobachtet. Der größte Zusammenhang zeigt sich hier in der Gruppe der Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten: je größer der Zeitraum zwischen Ende der Akuttherapie und Beginn der Rehabilitationsmaßnahme ist, desto besser wird das „körperliche Wohlbefinden“ in der Eingangsmessung eingestuft ($r=0,301$, n.s.).

Im Folgenden wird die Frage geklärt, ob sich Zusammenhänge ergeben zwischen den Veränderungen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität und

- dem Alter, Geschlecht und BMI (SDS) der Patienten,
- einer Strahlentherapie
- dem Zeitraum (in Monaten) seit Therapieende sowie
- der Dauer der Akuttherapie

KINDL®	prä vs. post1	prä vs. post2	prä vs. post3
n	210	178	177
Alter	-0,224 **	-0,199 **	-0,216 **
Geschlecht #	-0,088	0,036	0,013
BMI (SDS _{LMS})	-0,019	0,031	-0,136
Bestrahlung #	-0,054	0,103	0,078
Therapieende	-0,070	-0,227 **	-0,199 *
Akuttherapie-Dauer	0,129	0,118	0,194 *
Σ Therapie-EH	0,054	0,067	0,085

Tab. 45: Spearman-Korrelationskoeffizienten zwischen dem KINDL®-Gesamtscore und Patientencharakteristiken sowie den Variablen Zeitspanne seit Ende der Akuttherapie, Dauer der Akuttherapie und Summe der bewegungstherapeutischen Einheiten

* $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ und *** $p < 0,001$; # punktbiseriale Korrelation

Das Alter weist zu allen Messzeitpunkten einen negativen Zusammenhang mit der Entwicklung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität auf (Tab. 45). Die Dauer zwischen Ende der Akuttherapie und Beginn der Rehabilitation hat keinen unmittelbaren Einfluss auf die Entwicklung der HRQoL, weist jedoch für die Folgemessungen ebenfalls einen negativen Zusammenhang auf: Je kürzer die Dauer zwischen Therapieende und stationärer Rehabilitation, umso deutlicher sind die Verbesserungen in der Lebensqualität. Der Einfluss der Akuttherapiedauer ist nach zwölf Monaten am größten: Kinder und Jugendliche geben eine höhere Lebensqualität an, wenn ihre Akuttherapie länger gedauert hat.

Darüber hinaus wurden in den Korrelationsanalysen der KINDL®-Subskalen die folgenden Zusammenhänge gefunden: Die Zeitspanne zwischen dem Ende der Akuttherapie und dem Beginn der Rehabilitation weist einen signifikanten Einfluss auf die Veränderungen in der Skala „körperliches Wohlbefinden“ nach sechs und zwölf Monaten auf: ein geringer Abstand zwischen Therapieende und Beginn der Rehabilitation führt nach sechs und zwölf Monaten

zu einer höher eingeschätzten Lebensqualität in der physischen Dimension des KINDL®-Fragebogens:

- prä vs. post1 $\rightarrow r = -0,030$ (n.s.)
- prä vs. post2 $\rightarrow r = -0,195$ ($p = 0,017$)
- prä vs. post3 $\rightarrow r = -0,223$ ($p = 0,006$)

Das Alter der Patienten und die Dauer der Akuttherapie beeinflussen die Veränderungen in der Skala „emotionales Wohlbefinden / Psyche“. Für die Dauer der Akuttherapie ergibt sich ein positiver, für das Alter der Patienten hingegen ein negativer Zusammenhang:

- prä vs. post1 \rightarrow Akuttherapie: $r = 0,199$ ($p = 0,008$) Alter: $r = -0,165$ ($p = 0,017$)
- prä vs. post2 \rightarrow Akuttherapie $r = 0,191$ ($p = 0,019$) Alter: $r = -0,156$ ($p = 0,038$)
- prä vs. post3 \rightarrow Akuttherapie $r = 0,274$ ($p = 0,001$) Alter: $r = -0,182$ ($p = 0,016$)

Des Weiteren zeigt sich ein negativer Zusammenhang zwischen dem Alter der Patienten und den Veränderungen in der Subskala „Wohlbefinden in der Familie“: Demnach weisen jüngere Patienten ein verbessertes familiäres Wohlbefinden in den Folgeuntersuchungen auf:

- prä vs. post1 $\rightarrow r = -0,178$ ($p = 0,016$)
- prä vs. post2 $\rightarrow r = -0,213$ ($p = 0,005$)
- prä vs. post3 $\rightarrow r = -0,238$ ($p = 0,001$)

Das Alter, der BMI und die Zeitspanne seit Therapieende weisen jeweils einen negativen Zusammenhang mit den Veränderungen im „Wohlbefinden in Bezug auf Freunde und Gleichaltrige“ auf. Allerdings zeigt sich dieser Einfluss erst in den Folgemessungen nach sechs (Alter $r = -0,172$, $p = 0,022$ sowie Therapieende $r = -0,165$, $p = 0,043$) und zwölf Monaten (Alter $r = -0,235$, $p = 0,002$; BMI $r = -0,231$, $p = 0,002$ sowie Therapieende $r = -0,190$, $p = 0,020$). In den Subskalen „Selbstwert“ und „schulisches Wohlbefinden“ hingegen zeigt sich kein Zusammenhang zwischen den untersuchten Variablen und Veränderungen der HRQoL.

Abschließend wird differenziert nach Hauptdiagnosegruppen der Einfluss unterschiedlicher bewegungstherapeutischer Maßnahmen auf die Entwicklung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität untersucht. In den Korrelationsanalysen werden die bewegungstherapeutischen Verordnungen folgendermaßen unterschieden:

- Einzel-Krankengymnastik („KG trocken“)
- Einzel-Krankengymnastik im Wasser („KG Wasser“)
- Hippotherapie („Hippo“)
- Summe der o.g. Einzelbehandlungen („Einzeltherapie“)
- Summe der allgemeinen Bewegungstherapie-Einheiten („Gruppentherapie“)
- Summe aller bewegungstherapeutischen Einheiten („ Σ Therapie-EH“).

Die detaillierten Ergebnisse aus den Korrelationsanalysen sind für Hirntumorpatienten in Tab. 57, für Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten in Tab. 58 und für Leukämie- und Lymphompatienten in Tab. 59 dargestellt.

Bei den Hirntumorpatienten zeigt sich ein geringer positiver Zusammenhang zwischen der Anzahl der verordneten Einzeltherapien (Krankengymnastik $r=0,023$, n.s., Krankengymnastik im Wasser $r=0,062$, n.s. und Hippotherapie $r=0,143$, n.s.) und einer unmittelbar im Anschluss an die Rehabilitation höher bewerteten Lebensqualität (KINDL®-Gesamtskalenwert $r=0,143$, n.s.).

Ähnlich sind die Ergebnisse bei den Leukämie- und Lymphompatienten einzuschätzen. Die Anzahl der verordneten Einzel- oder Gruppentherapien hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Entwicklung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität direkt im Anschluss an die Rehabilitation. Für den Gesamtskalenwert liegen die Korrelationskoeffizienten zwischen $r=0,098$, n.s. (Anzahl der Gruppentherapie-Einheiten) und $r=0,167$, n.s. (Anzahl der Hippotherapie-Einheiten).

Deutlicher ist der Zusammenhang zwischen Anzahl der Verordnungen und gesundheitsbezogener Lebensqualität bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten zu erkennen. Je häufiger Einzeltherapien verordnet wurden, desto höher wurde die HRQoL nach Abschluss der Rehabilitation eingeschätzt (Gesamtskalenwert $r=0,427$, $p=0,008$). Im Rahmen der Einzeltherapien trifft dies insbesondere auf die Krankengymnastik im Wasser zu ($r=0,442$, $p=0,006$). Auch die Anzahl sämtlicher bewegungstherapeutischer Verordnungen (Einzel- und Gruppentherapien) weist einen signifikanten Einfluss auf die HRQoL auf ($r=0,364$, $p=0,027$). Erstaunlicherweise spiegeln sich diese Zusammenhänge nicht in der physischen Dimension des Fragebogens wider. Der Korrelationskoeffizient für den Zusammenhang zwischen der Anzahl der Einzeltherapien und dem Skalenwert „körperliches Wohlbefinden“ liegt bei $r=0,073$ (n.s.). Lediglich zwischen der Anzahl Hippotherapie-Einheiten und dem körperlichen Wohlbefinden lässt sich ein leichter Zusammenhang ($r=0,160$, n.s.) erkennen.

Diskussion

Frage 1:

Verbessert sich die gesundheitsbezogene Lebensqualität von onkologisch erkrankten Kindern und Jugendlichen während und direkt nach dem vierwöchigen stationären Rehabilitationsaufenthalt?

Die gesundheitsbezogene Lebensqualität von onkologisch erkrankten Kindern und Jugendlichen verbessert sich im Verlauf der Rehabilitation in allen Skalenwerten des KINDL®-Fragebogens. Obwohl der HRQoL-Gesamtwert sowie die Subskalen „körperliches Wohlbefinden“, „Selbstwert“ und „Wohlbefinden in der Familie“ in der Abschlussmessung eine signifikant verbesserte Lebensqualität belegen, resultieren lediglich geringe Effekte ($d < 0,30$). Die größten Verbesserungen ergaben sich in der körperlichen Dimension des Fragebogens.

Die gesundheitsbezogene Lebensqualität (HRQoL) reflektiert das Wohlbefinden und die Funktionsfähigkeit der Patienten in Hinsicht auf ihre körperliche, emotionale, mentale, soziale und alltägliche Funktion. Die Lebensqualitätsforschung ist bei erwachsenen Patienten fester Bestandteil als Outcome-Parameter zur Bewertung klinischer Effekte verschiedener Therapien [25]. Bei Kindern hingegen befindet sie sich noch in der Entwicklung [101]. Wichtige Aspekte für die Versorgung und Behandlung von Kindern betreffen aktuell u.a. die Frage, wie sich therapeutische Interventionen wie die stationäre Rehabilitation für krebskranke Kinder auf die Lebensqualität auswirken.

Die Lebensqualität der Patienten ist vor der Rehabilitation im Vergleich zur Normstichprobe insgesamt als unterdurchschnittlich zu bewerten (vgl. [Abb. 50](#)). Lediglich die Subskala „Wohlbefinden in der Familie“ zeigt überdurchschnittliche Werte. Eine eingeschränkte Lebensqualität und somit vergleichbare Ergebnisse wurden in früheren Untersuchungen bei Patienten während der Akuttherapie mit anderen Fragebögen ermittelt [4,44,111]. BEULERTZ et al. setzten im Rahmen einer Kölner Querschnittstudie zur Bestimmung der motorischen Leistungsfähigkeit und der gesundheitsbezogenen Lebensqualität von 26 Patienten durchschnittlich 1,3 Jahre nach Erstdiagnose ebenfalls den KINDL®-Fragebogen ein und fanden keinen Unterschied im Gesamtskalenwert zur Normstichprobe [13]. Dennoch ergeben sich in den Subskalen Parallelen in den Ergebnissen zur vorliegenden Untersuchung, die sich auf ein reduziertes „körperliches Wohlbefinden“, einen niedrigeres Selbstwertgefühl sowie ein im Vergleich zur Norm höher eingeschätztes „Wohlbefinden in der Familie“ beziehen.

Die Tatsache, dass in der vorliegenden Untersuchung lediglich das „familiäre Wohlbefinden“ überdurchschnittlich bewertet wird, kann sicherlich mit einem größeren familiären Zusammenhalt aufgrund einer lebensbedrohlichen Erkrankung erklärt werden, die den Zusammenhalt in einer Familie in den Vordergrund rücken lässt. Zudem sind Kinder und Jugendliche aufgrund der langwierigen und intensiven Therapie nicht in der Lage, den Kontakt zu Freunden wie vor der Diagnosestellung zu halten. Dies wird in den Ergebnissen der Eingangsmessung deutlich, in denen die Patienten ein im Vergleich zur Norm wesentlich niedrigeres „Wohlbefinden in Bezug auf Freunde/Gleichaltrige“ angeben. Es ist anzunehmen, dass die soziale Interaktion mit der Peergroup vermehrt von der Familie übernommen wird, was das höhere „familiäre Wohlbefinden“ erklären würde.

Die kurzfristigen Effekte der Rehabilitation auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität sind als durchweg positiv zu bezeichnen. In sämtlichen Subskalen wurde die HRQoL nach Ende der Rehabilitation höher bewertet. Ähnliche Ergebnisse finden sich bei Kindern und Jugendlichen nach einer bewegungstherapeutischen Intervention [50,53,67,105,112,121]. Das eingangs bereits überdurchschnittliche Niveau in der Subskala „familiäres Wohlbefinden“ erhöhte sich im Verlauf der Rehabilitation signifikant, was als Erfolg der familienorientierten Rehabilitation (FOR) zu werten ist, Patienten, Geschwister und Eltern gemeinsam als Familie zu unterstützen und zu stabilisieren [70].

Ebenso wie bei der Bestimmung des Alltagsaktivitätsniveaus erschweren unterschiedliche Fragebögen zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität (KINDL®, PedsQL™, etc.) die Vergleichbarkeit der Studien. Dennoch kann aus den bisherigen Ergebnissen ein positiver Einfluss zielgerichteter bewegungstherapeutischer Maßnahmen abgeleitet werden. Dass in einigen Studien keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden konnten [78,113], führen SAN JUAN et al. auf Deckeneffekte in den Fragebögen zurück, die entstehen, wenn trotz eines unterschiedlichen Lebensqualitätsniveaus vergleichbare (minimale oder maximale) Werte ermittelt werden [112]. Die in den vier Messungen ermittelten Deckeneffekte lagen für den KINDL®-Fragebogen jedoch mit Ausnahme der Skala „familiäres Wohlbefinden“ unter 10%, was mit den Ergebnissen von BULLINGER et al. zur Bestimmung der psychometrischen Eigenschaften des KINDL®-Fragebogens übereinstimmt und als Indikator einer guten Ausnutzung der gesamten Skalenhöhe (0-100) angesehen werden kann [24], wohingegen ein hoher Boden- oder Deckeneffekt ein Hinweis auf methodische Mängel in der Fragebogenkonzeption sein kann.

Frage 2:

Zeigen sich anhaltende Effekte der Rehabilitation auf die Lebensqualität, die auch sechs und zwölf Monate nach Ende des Aufenthalts nachgewiesen werden können?

In sämtlichen Messungen nach der Rehabilitation wurden für den Gesamtwert des KINDL®-Fragebogens, sowie in den jeweiligen Subskalen durchweg höhere Werte im Vergleich zur Eingangsmessung ermittelt.

Die langfristige Entwicklung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität zeigt, dass das höchste Niveau direkt bzw. sechs Monate nach der Rehabilitation erreicht wurde.

Zum Ende des Untersuchungszeitraums wurde ein leichter Rückgang der HRQoL beobachtet, ohne dass das Eingangsniveau wieder erreicht wurde.

Die Kinder und Jugendlichen konnten sich im Vergleich zur Eingangsmessung in sämtlichen Domänen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität verbessern. Die größten Unterschiede wurden in der Skala „körperliches Wohlbefinden“ direkt im Anschluss an die Rehabilitation und beim „Wohlbefinden in Bezug auf Freunde/Gleichaltrige“ sechs und zwölf Monate nach der Rehabilitation ermittelt.

Aufgrund der Ausführungen in den vorangegangenen Kapiteln zur positiven Entwicklung des Gangbilds und der Alltagsaktivität ist die verbesserte HRQoL in der körperlichen Dimension nicht überraschend. Die meisten Patienten konnten in beiden Bereichen zumindest eine leichte Verbesserung erzielen. Insbesondere Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau konnten in den motorischen Bereichen im Verlauf der Rehabilitation große Fortschritte erzielen, so dass eine Verbesserung des körperlichen Wohlbefindens aufgrund des im Vergleich zum heimischen Umfeld umfassenden Therapieangebots wahrscheinlich war.

Gleichzeitig versetzt eine verbesserte motorische Leistungsfähigkeit die Kinder und Jugendlichen in die Lage, körperlich mit den Freunden mitzuhalten und gemeinsam mit ihnen Sport- und Freizeitaktivitäten nachzugehen, erlaubt also eine Reintegration in die altersgemäße peer-group. Das könnte den verzögerten Anstieg in der Skala „Wohlbefinden in Bezug auf Freunde/Gleichaltrige“ erklären.

Ein wesentliches Ergebnis der Analyse anhaltender Effekte der Rehabilitation auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität ist jedoch die Erkenntnis, dass das HRQoL-Niveau nicht über den gesamten Untersuchungszeitraum auf dem hohen Niveau der ersten beiden Nachuntersuchungen gehalten werden kann. Es kommt mit zunehmender Zeit zu einem

Rückgang, insbesondere in der Domäne „körperliches Wohlbefinden“, ohne dass in einer der Skalen das initiale Niveau wieder erreicht wird. Hier zeigt sich ein Unterschied zur Studie von KEATS et al., die in den Folgeuntersuchungen einer 16-wöchigen bewegungstherapeutischen Intervention für Jugendliche nach einer Krebserkrankung nach drei und zwölf Monaten eine jeweils verbesserte gesundheitsbezogene Lebensqualität ermittelten [67]. Interessanterweise konnten die Patienten das verbesserte Alltagsaktivitätsniveau, das sie während und direkt nach der Intervention aufwiesen, in den Folgemessungen nicht mehr erreichen.

Eine Rolle bei der Bewertung der eigenen gesundheitsbezogenen Lebensqualität dürfte spielen, dass Kinder und Jugendliche, denen es gelingt, sich wieder in die altersgemäße peer group zu integrieren, sich und ihre gesundheitsbezogene Lebensqualität umso mehr mit der Lebensqualität Gleichaltriger vergleichen, je mehr sie sich in deren Fähigkeiten und Fertigkeiten diesen wieder annähern. Dabei rücken die eigenen Defizite wieder vermehrt ins Blickfeld.

Bei Kindern mit Hirntumoren und bleibenden Defiziten spielt dagegen eine Rolle, dass häufig mehrere Entwicklungsschritte durchlaufen werden: zunächst ist dies eine Phase, in der noch sichtbare Verbesserungen erlebt werden. Später, häufig gegen Ende der Rehabilitation, wenn bereits viel ambulante und stationäre Physiotherapie erfolgt ist, eine Phase, in der Patienten erleben, dass Defizite sich nicht mehr bessern. Dies führt oft – ohne Kontakt zu und Vergleich mit gleichaltrigen, gesunden Kindern – zu Frustrationserlebnissen und einer dann schlechteren Bewertung der eigenen Lebensqualität.

Einschränkend muss erwähnt werden, dass lediglich zehn Patienten in die oben genannte Studie eingeschlossen werden konnten. Darüber hinaus wurden der PedsQL™-Fragebogen zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität und ein Fragebogen zur Erfassung der Alltagsaktivität eingesetzt. Aufgrund der unterschiedlichen Messinstrumente ist die Vergleichbarkeit zur vorliegenden Untersuchung eingeschränkt.

EISER et al. sehen in Untersuchungen zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität ein methodisches Problem, das sie „*response shift bias*“ nennen. Damit ist gemeint, dass die Erfahrung einer extremen Situation wie einer lebensbedrohlichen Erkrankung eine Verschiebung von Normen und inneren Einstellungen zur Folge haben kann [43]. Diese Veränderungen spiegeln sich in den Ergebnissen von Quer- und Längsschnittstudien wider. Die Autoren argumentieren, dass eine lineare Verbesserung der HRQoL ab dem Zeitpunkt der Diagnosestellung lediglich die genannten Veränderungen von Normen und Einstellungen widerspiegelt, die sich durch eine schwere (Krebs-)Erkrankung ergeben.

Diese Entwicklung würde jedoch nicht den beobachteten Rückgang der zuvor verbesserten gesundheitsbezogenen Lebensqualität der Patienten zwölf Monate nach Beendigung der Rehabilitation erklären. Diese Entwicklung kann vielmehr derart gedeutet werden, dass sich Kinder und Jugendliche als Patienten einer Längsschnittstudie selbstverständlich weiterentwickeln. Gerade im Jugendalter kann eine Zeitspanne von zwölf Monaten das Bewusstsein im Umgang mit einer lebensbedrohlichen Erkrankung und einer möglichen Konfrontation mit Spätfolgen und den damit einhergehenden Konsequenzen für die Zukunft (Familie, Karriere, etc.) nachhaltig verändern.

Frage 3:

Gibt es Unterschiede in der HRQoL zwischen den Diagnosegruppen, d.h. welche Diagnosegruppen profitieren mehr oder weniger von der Maßnahme?

Es wurden Unterschiede in der gesundheitsbezogenen Lebensqualität zwischen den Diagnosegruppen ermittelt. Hirntumorpatienten schätzen ihre HRQoL am niedrigsten ein. Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten bewerten ihre HRQoL hingegen am höchsten, insbesondere das körperliche Wohlbefinden.

Bei Leukämie- und Lymphompatienten wurden in allen Bereichen der HRQoL ausschließlich positive Rehabilitationseffekte ermittelt. Hirntumorpatienten hingegen erzielten die größten Effekte.

Die Analyse von Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau belegt die Wirksamkeit der Rehabilitation für diese Kinder und Jugendliche. Die gesundheitsbezogene Lebensqualität wurde in den Folgemessungen signifikant höher bewertet. Der Effekt der Rehabilitation ist als moderat bis groß zu bewerten.

Eine Einordnung der Ergebnisse in die aktuelle Literatur ist kaum möglich, da sich Studien zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität in der pädiatrischen Onkologie in der Regel auf den Zeitraum der Akuttherapie beziehen, oder Langzeitüberlebende nach einer Krebserkrankung im Kindes- und Jugendalter untersuchen. Darüber hinaus handelt es sich bis auf die im vorangegangenen Kapitel genannten Arbeiten um Querschnittsuntersuchungen, die den Einfluss einer Intervention wie der stationären Rehabilitation nicht berücksichtigen. Insofern können die Erkenntnisse der vorliegenden Untersuchung hilfreich sein, den Nutzen und die Wirksamkeit der stationären Rehabilitation bei Kindern und Jugendlichen nach einer Krebserkrankung zu beurteilen.

Veränderung der HRQoL im Untersuchungszeitraum

In allen Hauptdiagnosegruppen konnte ein positiver Einfluss auf die HRQoL nachgewiesen werden. Leukämie- und Lymphompatienten beurteilten in den drei Folgeuntersuchungen ihre gesundheitsbezogene Lebensqualität im Vergleich zur Eingangsmessung als besser. Das betrifft sowohl den KINDL®-Gesamtskalenwert, als auch sämtliche Subskalen. Hirntumorpatienten bewerteten ihre gesundheitsbezogene Lebensqualität mit Ausnahme der Skala „familiäres Wohlbefinden“ ebenfalls in sämtlichen Folgeuntersuchungen höher. Im Vergleich mit Leukämie- und Lymphompatienten ergaben sich für Hirntumorpatienten

größere Effekte. Besonders positiv fällt die Veränderung des „körperlichen Wohlbefindens“ und des „Wohlbefindens in Bezug auf Freunde und Gleichaltrige“ aus. Beide Domänen stellen wesentliche Merkmale einer gelungenen Rehabilitation krebskranker Kinder und Jugendlicher dar [69].

Im Gegensatz zu diesen durchweg positiven Ergebnissen bewerteten Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten ihr „körperliches Wohlbefinden“ nach Abschluss der Rehabilitation schlechter statt besser. In Anbetracht ihres überdurchschnittlichen Ausgangsniveaus ist es denkbar, dass sich diese Patienten im Verlauf der Rehabilitation durch die Interaktion mit anderen Kindern und Jugendlichen vermehrt ihrer existierenden Einschränkungen bewusst werden, die sie zuvor möglicherweise verdrängt haben. Ein Hinweis hierauf könnte sein, dass die Patienten in den Folgemessungen in der körperlichen Domäne das hohe Niveau der Eingangsmessung nicht mehr erreichen. In den anderen Skalen des KINDL®-Fragebogens konnte in den Folgemessungen trotz des hohen Ausgangsniveaus eine bessere Lebensqualität aufgezeigt werden. Diese positive Entwicklung wird insbesondere in den psychosozialen Domänen („emotionales Wohlbefinden“, „familiäres Wohlbefinden“ und „Wohlbefinden in Bezug auf Freunde“) der Lebensqualität deutlich.

Der Zusammenhang zwischen der HRQoL und bewegungstherapeutischen Maßnahmen wie Physio, Hippo- oder Sporttherapie konnte bei Hirntumorpatienten sowie Leukämie- und Lymphompatienten nicht nachgewiesen werden. Es wurden nahezu ausschließlich nicht signifikante Korrelationen im Bereich von $r < 0,20$ für den Zusammenhang zwischen der Therapiehäufigkeit und der Entwicklung der KINDL®-Skalenwerte ermittelt.

Im Gegensatz dazu konnte bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten ein Zusammenhang zwischen den therapeutischen Maßnahmen und der Lebensqualität angedeutet werden: So konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Anzahl der Einzeltherapien ($r=0,43$) und dem Gesamtskalenwert des KINDL®-Fragebogens gezeigt werden (Tab. 58). Im Rahmen der Einzeltherapien zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Gesamtskalenwert und der Anzahl der Physiotherapieeinheiten im Wasser ($r=0,44$) sowie ein positiver Zusammenhang mit der Anzahl der Einzelkrankengymnastik- und Hippotherapie-Einheiten.

Unterschiede zwischen den Diagnosegruppen (Schwerpunkt Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten)

Ausgehend vom Gesamtskalenwert des KINDL®-Fragebogens bewerteten die Patienten ihre gesundheitsbezogene Lebensqualität vor Beginn der Rehabilitation schlechter als gesunde Kinder gleichen Alters und Geschlechts. GRANT et al. kamen bei der Untersuchung mit dem *Health Utility Index* (HUI) zur Erfassung der HRQoL von 84 Jugendlichen nach unterschiedlichen Krebserkrankungen zu einem vergleichbaren Ergebnis [55]. Auf der anderen Seite konnten SHANKAR et al. zeigen, dass Patienten während der Akuttherapie im Vergleich zu gesunden Kindern ihre HRQoL schlechter, nach Abschluss der Akuttherapie hingegen überdurchschnittlich gut bewerten [118]. Ebenso fanden DE CLERCQ et al. eine besser bewertete HRQoL bei Kindern und Jugendlichen nach einer Krebserkrankung im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe [36]. Der psychosoziale Bereich wird häufig von einem Großteil der Patienten tendenziell besser bewertet als von Außenbeurteilern. Ähnliche Beobachtungen sind aus der Lebensqualitätsforschung bekannt. Patienten mit schweren Krankheitsbildern, deren Lebensqualität von Dritten eher als schlecht beurteilt wurde, schätzen ihre Lebensqualität selbst oft wesentlich besser ein [27,128]. Diese exemplarischen Untersuchungen verdeutlichen die Komplexität der Lebensqualitätsforschung in der pädiatrischen Onkologie, die sich in mehreren Übersichtsarbeiten in widersprüchlichen Ergebnissen bei der Einschätzung der HRQoL von Kindern und Jugendlichen nach einer Krebserkrankung widerspiegelt [26,45,74,81,123].

Dennoch zeigen sich in den genannten Untersuchungen auch Übereinstimmungen, denen zufolge die Überlebenden einer Krebserkrankung im Kindes- und Jugendalter ihr körperliches Wohlbefinden signifikant schlechter bewerten als Vergleichspersonen ohne Vorerkrankung [120,143]. SPEECHLEY et al. fanden bei 800 Kindern und Jugendlichen unter 16 Jahren die größten Einschränkungen im körperlichen Wohlbefinden bei Hirntumorpatienten, gefolgt von Knochentumorpatienten sowie Leukämie- und Lymphompatienten [120].

Während dieses Ergebnis in der vorliegenden Studie für Patienten mit Hirntumoren (Abb. 61) sowie Leukämien und Lymphomen (Abb. 63) bestätigt wurde, ist das als sehr gut bewertete körperliche Wohlbefinden der Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten im Widerspruch zu den oben genannten Literaturquellen (Abb. 62). Möglicherweise handelt es sich hierbei um eine anfängliche Selbstüberschätzung der Patienten, denn nach Abschluss der Rehabilitation bewerten die Patienten trotz eines verbesserten Gangbilds und einer höheren Alltagsaktivität ihr körperliches Wohlbefinden schlechter.

Darüber hinaus gibt es viele Gründe, warum Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten ihre HRQoL schlechter bewerten als Patienten anderer Tumorentitäten. Dazu zählen körperliche Beschwerden, die die Interaktion mit dem sozialen Umfeld beeinträchtigen können, sowie ein beeinträchtigtes Körperbild aufgrund einer Amputation oder extremitätenerhaltender Operation, das insbesondere in der Jugend eine bedeutende Rolle spielt [43]. Darüber hinaus ist das Alter der Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten ein weiterer Faktor. Ältere Kinder und Jugendliche sind sich der lebensbedrohlichen Lage sowie möglicher Folgekomplikationen durch die Therapie eher bewusst. Darüber hinaus wurde die Lebensqualität der vier- bis siebenjährigen Patienten von den Eltern beurteilt. Das betrifft insbesondere die Hirntumor- und Leukämiepatienten, weniger die Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten, die aufgrund des höheren Alters den Fragebogen selbst ausfüllten. Eltern bewerten erfahrungsgemäß die Lebensqualität der Kinder schlechter als die Kinder selbst [75,115], so dass auch dies Ursache für die deutlichen Unterschiede in der HRQoL zwischen den Diagnosegruppen sein kann.

Dennoch finden sich analog zu den Ergebnissen dieser Untersuchung in der Literatur zahlreiche Quellen, in denen Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten ihre Lebensqualität überdurchschnittlich gut bewerten [36,81,98,118,135,143]. Das kann mit dem Phänomen zusammenhängen, dass Patienten häufig krankheitsbedingte Probleme bestreiten [93]. Das Erfahren einer Lebenskrise wie die einer Krebserkrankung kann zudem zu einer Veränderung der inneren Einstellungen führen [21,122]. So kann ein Patient, der vor der Diagnose regelmäßiges Sporttreiben als sehr wichtig für das eigene Wohlbefinden angesehen hat, diesen Sport während und nach einer Tumorerkrankung mit negativen Konsequenzen für die körperliche Leistungsfähigkeit jedoch zunehmend ablehnen. Somit sollte bei Veränderungen der HRQoL eine mögliche Änderung innerer Einstellungen und Normen bedacht werden [43].

Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau

Die Anzahl der Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau war vergleichsweise groß. 59% der Patienten wiesen in der Eingangsmessung einen KINDL®-Gesamtskalenwert auf, der unterhalb des unteren Konfidenzintervalls der Normstichprobe lag [101]. Bei diesen Patienten konnte der Erfolg der stationären Rehabilitation eindrucksvoll belegt werden (vgl. hierzu auch die detaillierten Ergebnisse in [Tab. 51](#) für Hirntumorpatienten, [Tab. 52](#) für Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten sowie [Tab. 53](#) für Leukämie- und Lymphompatienten).

Die Patienten schätzten ihre gesundheitsbezogene Lebensqualität in allen Bereichen nach ihrem Aufenthalt in Bad Oexen signifikant besser ein. Trotz deutlich verbesserter Bewertung

wies lediglich der Unterschied im „schulischen Wohlbefinden“ nach sechs und zwölf Monaten keine Signifikanz auf (Abb. 53).

Von den Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau profitierten die Hirntumorpatienten am stärksten. Besonders deutlich wurde dies in einer besseren Bewertung des „körperlichen Wohlbefindens“ und einem gesteigerten Selbstwertgefühl mit jeweils großen Effekten. Ähnlich positiv fielen die Ergebnisse für Leukämie- und Lymphompatienten mit niedrigem Ausgangsniveau aus. Diese Patienten bewerteten insbesondere das „familiäre Wohlbefinden“ in den Folgeuntersuchungen deutlich besser im Vergleich zur Eingangsmessung.

Trotz der insgesamt überdurchschnittlich hoch bewerteten Lebensqualität wiesen einige Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten ein unterdurchschnittliches HRQoL-Niveau auf. Analog zu den Ergebnissen der Leukämie- und Lymphompatienten bewerteten auch diese Patienten das „familiäre Wohlbefinden“ in den Folgeuntersuchungen deutlich höher (Effektgröße $d=1,05-1,66$).

Erstaunlicherweise wurde von den Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten direkt im Abschluss an die stationäre Rehabilitation im Vergleich zur Eingangsmessung ein geringeres „körperliches Wohlbefinden“ angegeben, dass sich im weiteren Untersuchungsverlauf nach sechs und zwölf Monaten jedoch wieder verbessert. Möglicherweise lässt sich diese negative Entwicklung ebenfalls mit der Erkenntnis erklären, dass sich insbesondere Patienten mit Tumoren der unteren Extremität im Vergleich zu anderen Diagnosegruppen ihrer körperlichen Einschränkungen durch die Interaktion mit anderen Kindern und Jugendlichen während des Rehabilitationsaufenthalts bewusst werden. Außerdem werden viele Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten während der Rehabilitation mit sehr intensivem Training sich ihrer Defizite mehr bewusst, selbst dann, wenn sie hier deutliche Fortschritte erzielen. Individuelle telefonische Nachbefragungen zeigen, dass sich diese Entwicklung in den folgenden Monaten wieder relativiert.

Neben den insgesamt sehr positiven Auswirkungen der stationären Rehabilitation bei Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau zeigt sich bei den übrigen Patienten ein Trend in Richtung „Normalisierung“ der HRQoL, was differenziert nach Diagnosegruppe für die Hirntumorpatienten in Abb. 82, für Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten in Abb. 84 sowie für Leukämie- und Lymphompatienten in Abb. 86 dargestellt wird.

Frage 4:

Erreichen die Patienten nach einer Rehabilitationsmaßnahme wieder das Niveau gleichaltriger, gesunder Kinder?

Obwohl die Patienten ihre gesundheitsbezogene Lebensqualität in der Eingangsmessung unterdurchschnittlich einschätzen, erreichen sie in den Folgemessungen ein Niveau, das dem gleichaltriger, gesunder Kinder entspricht.

Die Analyse der gesundheitsbezogenen Lebensqualität der Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau zeigt trotz einer deutlich besseren Beurteilung der HRQoL im Nachgang statistisch signifikante Unterschiede zur Normstichprobe.

Leukämie- und Lymphompatienten beurteilen ihre gesundheitsbezogene Lebensqualität eingangs unterdurchschnittlich, weisen in den Folgemessungen jedoch ein höheres HRQoL-Niveau auf, so dass nach der Rehabilitation kein Unterschied mehr zum Normkollektiv erkennbar ist. Hirntumorpatienten beurteilen ihre HRQoL im Anschluss an die Rehabilitation zwar ebenfalls besser, im Vergleich zur Normstichprobe bewerten sie ihr Wohlbefinden jedoch unterdurchschnittlich, während Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten ihre Lebensqualität auch in den Folgemessungen weiterhin überdurchschnittlich einschätzen.

Bei Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau wird die gesundheitsbezogene Lebensqualität, gemessen am Gesamtskalenwert, auch in der Zeit nach der Rehabilitation mit hoher Wahrscheinlichkeit im unterdurchschnittlichen Bereich bleiben. Die Analyse der Subskalen deutet darauf hin, dass trotz einer signifikant besseren Bewertung die größten Defizite im körperlichen und sozialen Bereich („Wohlbefinden in Bezug auf Freunde“, „schulisches Wohlbefinden“) bestehen bleiben (vgl. hierzu auch die detaillierten Ergebnisse in [Tab. 54](#) für Hirntumorpatienten, [Tab. 55](#) für Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten sowie [Tab. 56](#) für Leukämie- und Lymphompatienten). In der Literatur hingegen werden im psychosozialen Bereich nur geringe bis keine Unterschiede zur Norm berichtet [16,55,73,79,81,120,123]. Es ist daher denkbar, dass sich die bestehenden Differenzen zu den Normwerten mit zunehmender Zeit reduzieren.

Es liegen Querschnittsuntersuchungen zur Beurteilung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität in der pädiatrischen Onkologie vor (siehe vorige Kapitel), deren Ergebnisse nicht eindeutig sind: Es wurden sowohl überdurchschnittliche, wie auch vergleichbare und unterdurchschnittliche Beurteilungen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität beobachtet.

Aufgrund eines so einschneidenden Erlebnisses wie einer lebensbedrohlichen Krebserkrankung wäre eine weit unterdurchschnittliche Beurteilung des körperlichen und psychosozialen Wohlbefindens zu erwarten. Die gesamte Familie und insbesondere das betroffene Kind werden nach einer Krebsdiagnose in eine schwere Krise gestürzt, die mit dem Verlust von allem, was bisher normal war, verbundenen ist [69].

Umso überraschender erscheint das Ergebnis dieser Untersuchung, dass Patienten nach ihrer stationären Rehabilitation zumindest für den Zeitraum von zwölf Monate ein Lebensqualitätsniveau erreichen, das dem gleichaltriger, gesunder Kinder entspricht. Die Lebensqualitätsforschung bei Langzeitüberlebenden im Kindes- und Jugendalter geht tendenziell davon aus, dass vom Zeitpunkt der Diagnosestellung mit zunehmender Dauer die HRQoL im Vergleich zur Norm abnimmt. Möglicherweise hängt diese Entwicklung mit dem Auftreten von Spätfolgen einer Tumortherapie im Kindes- und Jugendalter zusammen.

Eine Limitierung in der vorliegenden Untersuchung zur Lebensqualität besteht darin, dass die gesundheitsbezogene Lebensqualität der Kinder und Jugendlichen nicht zusätzlich von den Eltern erhoben wurde. So konnten LEVI et al. einen signifikanten Unterschied in der Bewertung der HRQoL zwischen Eltern und Kindern nachweisen [75]. Dabei wird die HRQoL in den körperlichen und psychosozialen Domänen von Eltern schlechter bewertet als von den Kindern selbst [115].

Da das primäre Untersuchungsziel nicht darin bestand, im Sinne einer Querschnittstudie HRQoL-Unterschiede zwischen Diagnosegruppen darzustellen, sondern die Wirksamkeit der Rehabilitation zu bestimmen, kann davon ausgegangen werden, dass die gemischte Eltern- und Patientenbewertungen keinen signifikanten Einfluss auf das Studienziel hatten. In der Untersuchung wurde darauf geachtet, dass Eltern wie auch Patienten in den Folgemessungen den Fragebogen ausfüllten, wenn dies in der Eingangsmessung bereits der Fall war. So wurde vermieden, dass sich Eltern- und Patientenangaben zur Lebensqualität vermischten.

Fallbeispiele

14-jähriger Osteosarkompatient

Im ersten Fallbeispiel werden die Ergebnisse eines 14-jährigen männlichen Patienten beschrieben, der 9,5 Monate nach Diagnosestellung eines Osteosarkoms des distalen Femurs rechts zur stationären Rehabilitation in Bad Oexen aufgenommen wurde (Größe: 1,68 m; BMI: 16,3 kg/m², \pm -1,52 SDS). Die tumorchirurgische Lokalthherapie umfasste die Tumorresektion und Implantation einer MUTARS-Endoprothese. Der Patient wurde im November 2010 zur stationären Rehabilitation einen Monat nach Abschluss der Akuttherapie und sechs Monate postoperativ aufgenommen. Im Rahmen seiner ersten Rehabilitationsmaßnahme wurden die folgenden sport- und physiotherapeutischen Maßnahmen verordnet:

- 52 Einzeltherapien, davon
 - 18 x Krankengymnastik,
 - 16 x Krankengymnastik im Wasser,
 - 18 x Hippotherapie
- 12 Gruppentherapien
- \approx 64 physio-/bewegungstherapeutische Verordnungen

Die zweite stationäre Rehabilitationsmaßnahme in Bad Oexen erfolgte elf Monate später im Oktober 2011.

Dieser Patient zählte zu den ersten, die in die Studie aufgenommen wurden. Aus organisatorischen Gründen war es nicht möglich, die Alltagsaktivität vor Beginn der Rehabilitation zu erfassen, so dass das Aktivitätsniveau in der ersten Reha-Woche in Bad Oexen erhoben wurde.

Im Rahmen der Bewegungsanalyse konnte in der Eingangsmessung aufgrund der eingeschränkten Belastbarkeit des Patienten lediglich die plantare Druckverteilungsmessung durchgeführt werden. Weder der Einbeinstand, noch die Videoanalyse waren zu diesem frühen Zeitpunkt realisierbar. Der Funktionszustand des Patienten verbesserte sich im Verlauf des Rehabilitationsaufenthalts, so dass in der Abschlussmessung neben der Druckverteilungsmessung auch die Videoanalyse durchführbar war.

Zunächst werden die Ergebnisse aus der **klinischen Ganganalyse** dargestellt.



Initialer Bodenkontakt (IC, initial contact)

Beginn und Ende der Gangphase werden durch den IC markiert, in dem die Ferse auf den Boden trifft. Im rechten Bild ist der Vorfußkontakt der betroffenen Extremität erkennbar.

Mittlere Standphase

Beginnt mit dem Abheben des kontralateralen Fußes und endet mit Anheben der Ferse. Auf der betroffenen Seite ist eine Hyperextension des Kniegelenks als Kompensation des schwachen *M. quadriceps femoris* erkennbar.

„Toe-off“ – Abheben des Referenzbeins

Beginn der Schwungphase mit Abheben des Referenzbeins („Toe-off“): Fußablösung vom Boden und Nachvorneschwingen des Referenzbeins.

Maximaler Kniebeugewinkel

Während der Schwungphase wird der maximale Kniebeugewinkel erreicht, um ausreichend Abstand zwischen Fuß und Boden zu erreichen. Eine eingeschränkte Knieflexion ist im rechten Bild in der betroffenen Extremität erkennbar.

Erneuter Bodenkontakt

Der Gangzyklus schließt mit dem erneuten Bodenkontakt des Referenzbeins ab.

Abb. 69: Laterale Bildreihe der klinischen Ganganalyse aus der post1-Messung (erste Rehabilitation)

In der frontalen Ansicht sind die Kompensationsbewegungen aufgrund der eingeschränkten Kraft- und Beweglichkeitsverhältnisse erkennbar. Während der einbeinigen Standphase

kommt es zu einer übermäßigen Verlagerung des Körperschwerpunkts über die betroffene Extremität, um durch die zentrierte Krafteinleitung die Belastung des Standbeins zu reduzieren (Abbildungen unten links). Auf der kontralateralen Seite kommt es während der Schwungphase der betroffenen Extremität ebenfalls zu einer Seitneigung des Rumpfes (dritte Abbildung von links). Diese ist als Kompensation einer eingeschränkten Beugefähigkeit des betroffenen Kniegelenks zu interpretieren. Auf diese Weise wird ausreichend Abstand zwischen Fuß und Boden während der Schwungphase gewährleistet. Diese Kompensation endet mit dem abschließenden Bodenkontakt der betroffenen Extremität (Abbildung unten rechts). Zu dieser Gangphase ist keine Abweichung des Rumpfes erkennbar.

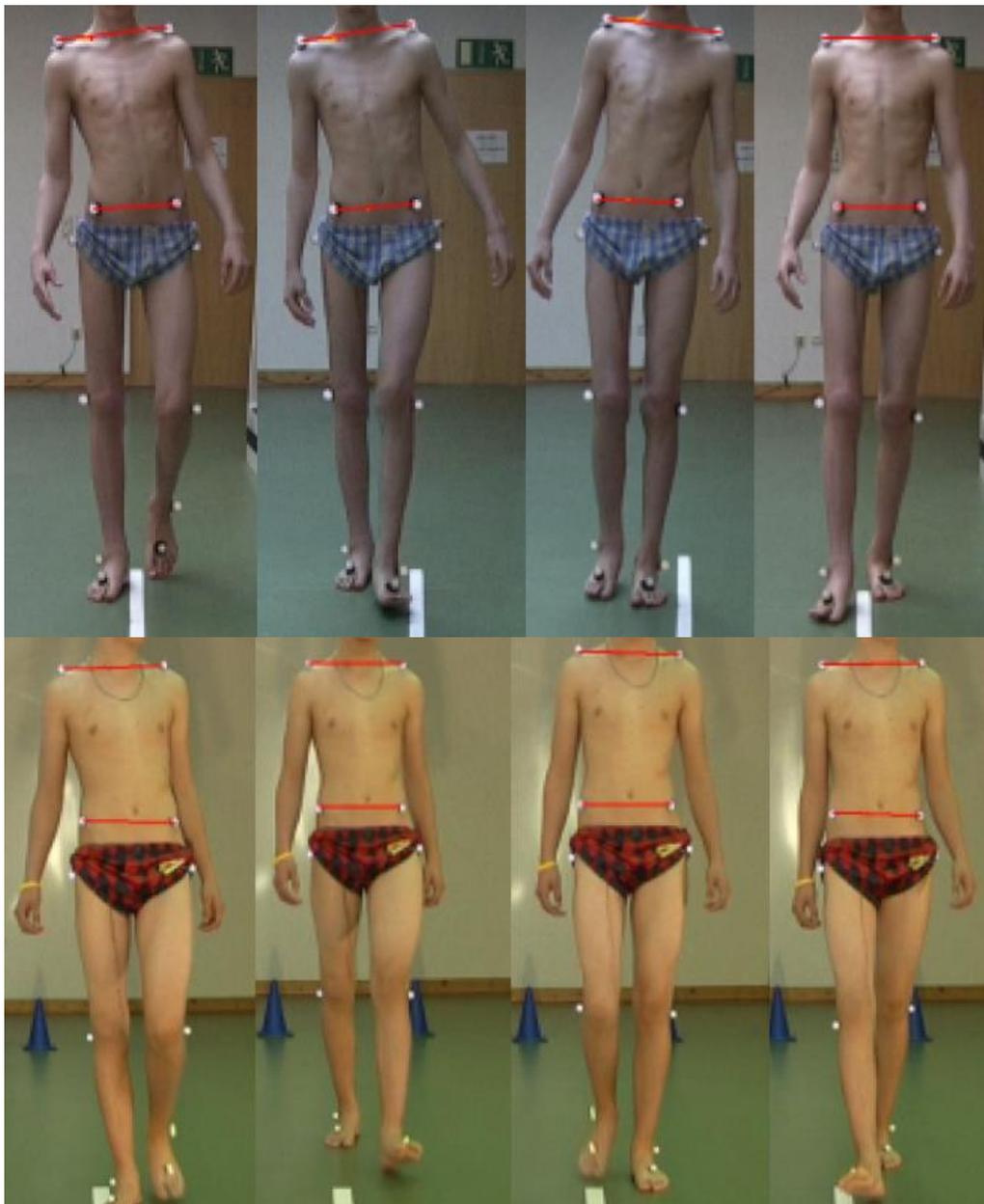


Abb. 70: Grafischer Vergleich der Ganganalyse zwischen erster (post1, oben) und zweiter (post2, unten) stationären Rehabilitation

Deutlich erkennbar ist die Verbesserung des Gangbilds elf Monate nach der ersten Rehabilitation. Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse der drei Ganganalysen des Patienten aus der Abschlussmessung der ersten sowie den beiden Ganganalyse der zweiten Rehabilitation zusammen. Eine deutliche Einschränkung des Gangbilds ist in der post1-Messung für alle erhobenen Parameter erkennbar. Darüber hinaus wird deutlich, wie sich die jeweiligen Gangparameter im zeitlichen Verlauf den Normwerten angleichen.

In der Abschlussmessung der ersten Rehabilitation wies der Patient ein langsames, deutlich von der Norm abweichendes Gangbild auf. Die Kadenz unterschied sich dabei mit 44 Schritten pro Minute sowohl deutlich von den Normwerten, als auch von den Ganganalyse-Ergebnissen der zweiten Rehabilitation. Deutlich sind auch die Unterschiede der Gangphasen zur Norm: Aufgrund der geringen Schrittfrequenz und dem damit einhergehenden langsamen Gangtempo zeigten sich auffallend lange Standphasen, wohingegen die einbeinige, monopedale Standphase insbesondere auf der betroffenen Extremität mit 9% stark von der Norm ca. 40% abwich.

Ganganalyse	Erste Rehabilitation		Zweite Rehabilitation	
	Norm	post1	post2	post3
Kadenz (Schritte pro Minute)	124 (121-127)	43,8	100,9	104,4
Standphase (% des Gangzyklus)	60	89,7	67,8	64,8
Schwungphase (%)	40	10,3	32,2	36,2
monopedale Standphase (betroffene Seite, %)	40	9,3	33,6	35,7
monopedale Standphase (nicht-betroffene Seite, %)	40	19,3	35,3	35,7
Schrittlänge (betroffene Seite, cm)	71 (68,5-74)	24,5	61,2	62,4
Schrittlänge (nicht-betroffene Seite, cm)	71 (68,5-74)	32,7	61,3	62,3
Kniegelenkwinkel (betroffene Seite, °)	60 (55-65)	43,9	46,6	53,7
Kniegelenkwinkel (nicht-betroffene Seite, °)	60 (55-65)	58,6	62,6	65,8

Tab. 46: Ergebnisse der Ganganalyse im Fallbeispiel 1

Normwerte aus [41,99]

Die Gangparameter Schrittlänge und maximaler Kniebeugewinkel waren in der Abschlussmessung der ersten Rehabilitation ebenfalls deutlich eingeschränkt. Hier konnte sich der Patient in den elf Monaten bis zur zweiten Rehabilitation merklich verbessern. Die Schrittlänge steigerte sich auf der betroffenen Seite von 24,5 Zentimeter (post1) auf 62,4 Zentimeter (post3) um ca. 250% und wies somit zur zweiten Rehabilitation die Werte der kontralateralen Seite auf. Auffallend ist auch die Zunahme des maximalen Kniebeugewinkels im Verlauf der zweiten Rehabilitation von 46,6° in der betroffenen Extremität (post2) auf 53,7° (post3).

Die Analyse der Gangsymmetrie über den *absoluten Symmetrie-Index* (ASI, %) zeigte ebenfalls eindeutige Verbesserung des Gangbilds. Auch hier konnte sich der Patient in der zweiten Rehabilitation nochmals verbessern. Sämtliche Symmetriewerte liegen, abgesehen vom maximalen Kniebeugewinkel, unter 5%, wobei ein Wert von 10% noch als physiologisch angesehen wird.

ASI (%)	post1	post2	post3
Standphase	10,7	6,7	0,2
Schwungphase	61,3	13,1	3,1
monopedale Standphase	70,2	4,9	0,0
Schrittlänge	28,9	0,1	0,2
Kniegelenkwinkel	27,7	29,3	20,3

Tab. 47: Absoluter Symmetrie-Index der fünf Gangparameter im Fallbeispiel 1

Im Folgenden werden die Ergebnisse der **plantaren Druckverteilungsmessung** grafisch anhand der Parameter Kontaktfläche des Fußes (cm²) und Kraft-Zeit-Integral (N*s) beim Abrollvorgang für den gesamten Fuß (obere Grafik), sowie für den Rückfuß, Mittelfuß, den Metatarsalbereich und die Zehen zusammengefasst. Die Ergebnisse der betroffenen Extremität sind rot, die der nicht betroffenen Seite blau dargestellt. Die durchgezogenen Linien stellen die Veränderungen zwischen Eingangs- und Abschlussmessung der Rehabilitation dar, die gepunkteten Linien die Veränderungen, die sich zwischen beiden Rehabilitationsmaßnahmen über den Zeitraum von elf Monaten ergeben haben.

Die Analyse des gesamten Fußes deutete in den beiden Messungen der ersten Rehabilitation auf eine zwischen beiden Extremitäten sehr unterschiedliche Belastung hin: Die Kontaktfläche der nicht betroffenen Extremität war 98 cm² deutlich höher als die nicht

kontralaterale Seite mit 65 cm², was als Entlastung der tumorprothetisch versorgten Extremität bei der Schrittabwicklung interpretiert werden kann.

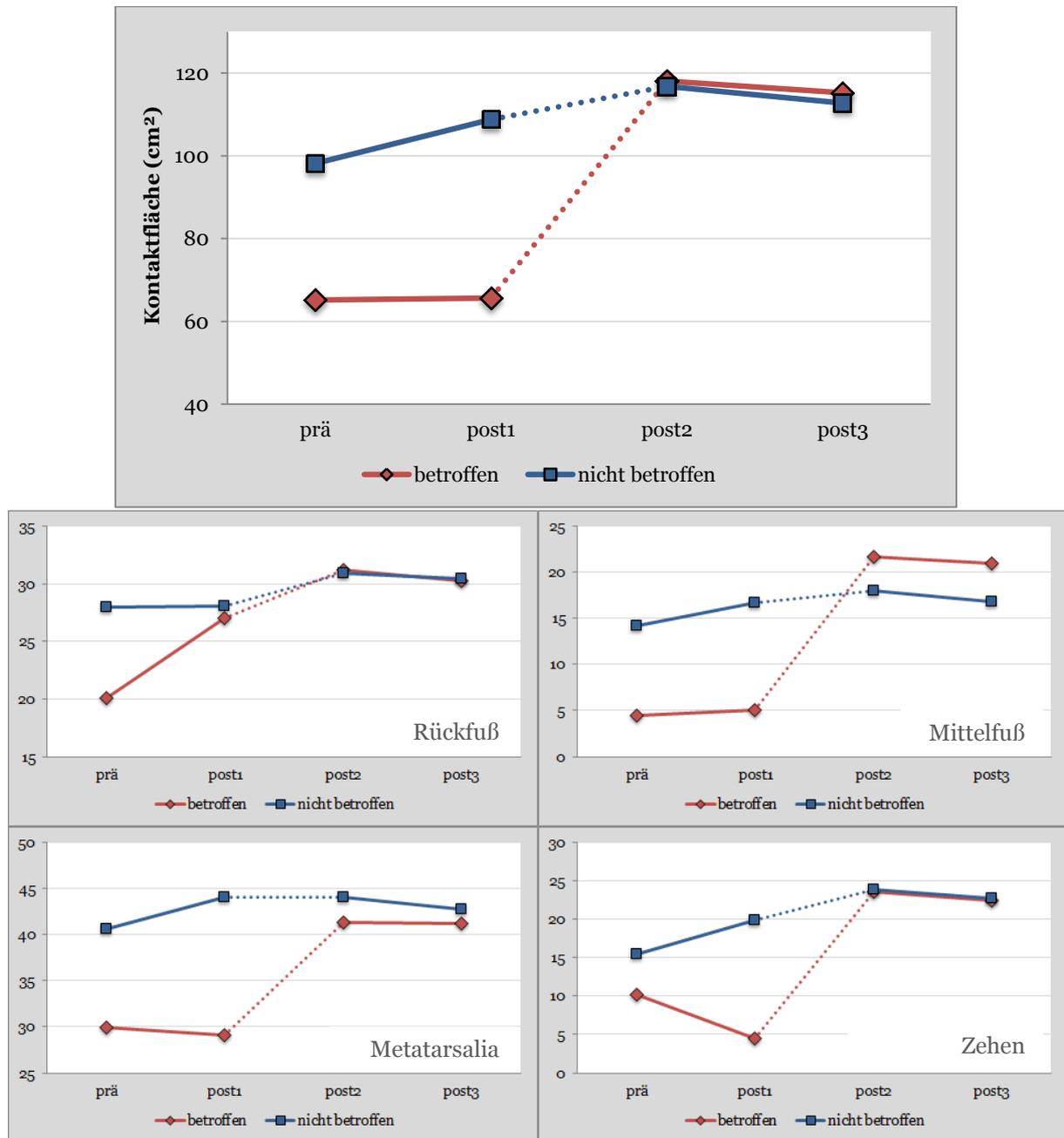


Abb. 71: Kontaktfläche (cm²) des gesamten Fußes (oben) und der vier Fußregionen (unten)

Die in der ersten Rehabilitation ermittelten Seitenunterschiede haben sich zur zweiten Rehabilitation aufgehoben, sowohl für den gesamten Fuß, als auch in den jeweiligen Regionen. Leichte Differenzen bestanden lediglich im Bereich des Mittelfußes.

Ein ähnliches Bild ergab sich für die Analyse des Kraft-Zeit-Integrals (FTI, N*s), auch Impuls genannt:

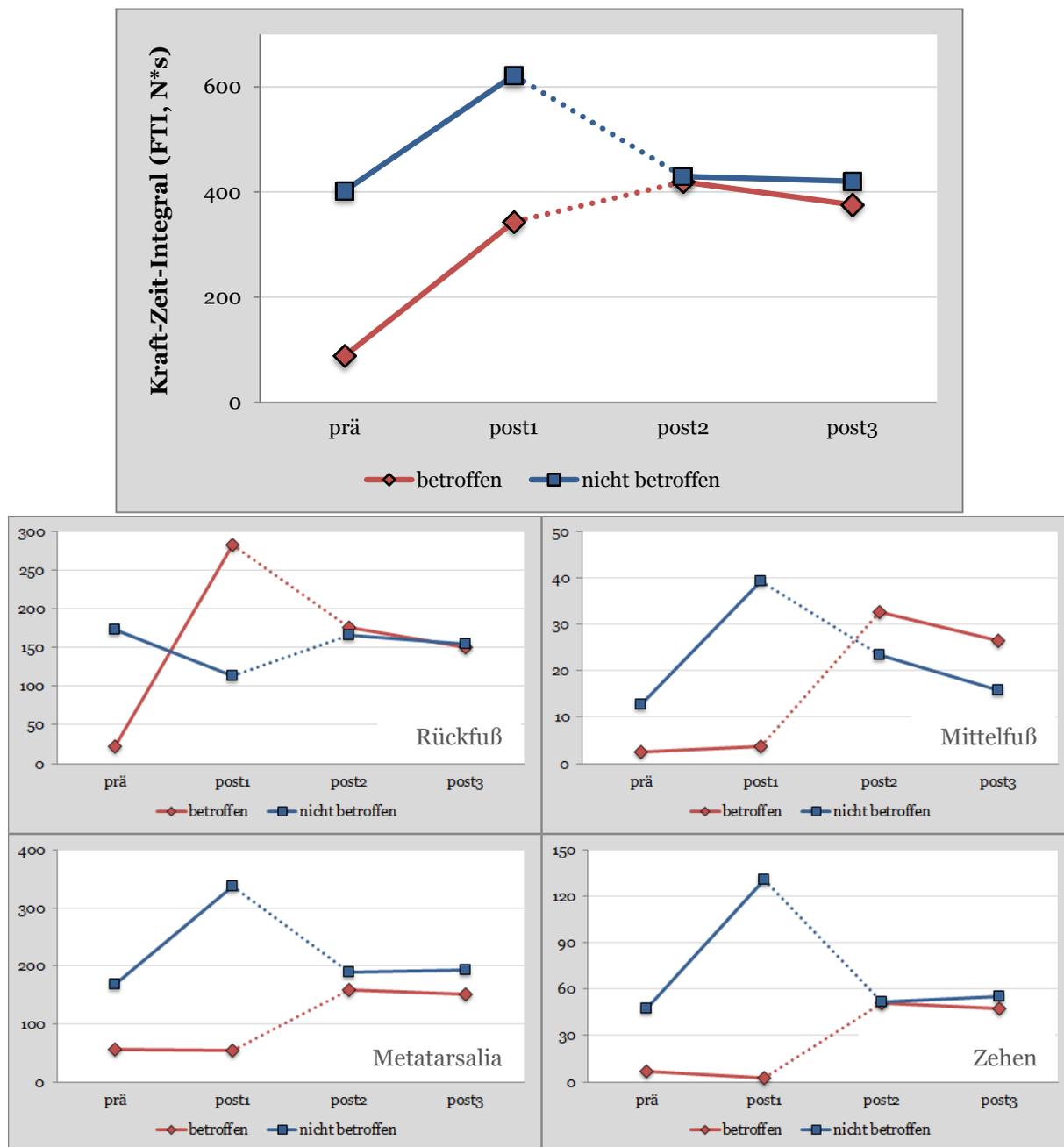


Abb. 72: Kraft-Zeit-Integral (N*s) des gesamten Fußes (oben) und der vier Fußregionen (unten)

In der Eingangsmessung der ersten Rehabilitation (prä) zeigte sich mit 88 N*s ein stark reduzierter Impuls auf der Seite der betroffenen Extremität im Vergleich zur nicht betroffenen Seite mit 402 N*s (Abbildung oben). Der Wert der Eingangsmessung hat sich auf der operierten Seite im Verlauf der ersten Rehabilitation auf 343 N*s nahezu vervierfacht, was als Ausdruck einer zunehmenden Belastung des operierten Beins bei der Schrittabwicklung gewertet werden kann. Ähnlich wie für die Kontaktfläche haben sich die ermittelten Werte beider Seiten bei der zweiten Rehabilitation auch für den Impuls in allen

Fußregionen deutlich angenähert, so dass die Bodenreaktionskräfte bei der Schrittabwicklung als deutlich harmonischer zu bezeichnen sind.

Der **Einbeinstand** war im Rahmen der ersten Rehabilitation aufgrund der eingeschränkten Belastbarkeit der betroffenen Extremität noch nicht realisierbar. In der folgenden Grafik wird daher das Ergebnis der zweiten Rehabilitation dargestellt, auf der linken Seite der Grafik für die betroffene Extremität, rechts für die nicht-betroffene Extremität.

Der Patient war zu diesem Zeitpunkt bereits in der Lage, auf der nicht betroffenen wie auch der betroffenen Seite dreimal 15 Sekunden lang im Einbeinstand zu stehen (rote Linien). Für diese Variable konnte sich daher keine weitere Verbesserung ergeben. Die Geschwindigkeit des Kraftangriffspunkts (Schwankung) auf der Kraftmessplatte reduzierte sich auf der betroffenen Seite im Verlauf der Rehabilitation von 4,8 auf 3,7 Zentimeter pro Sekunde. Dieses Ergebnis deutet auf eine Zunahme der Koordinations-/ Gleichgewichtsfähigkeit der betroffenen Extremität hin.

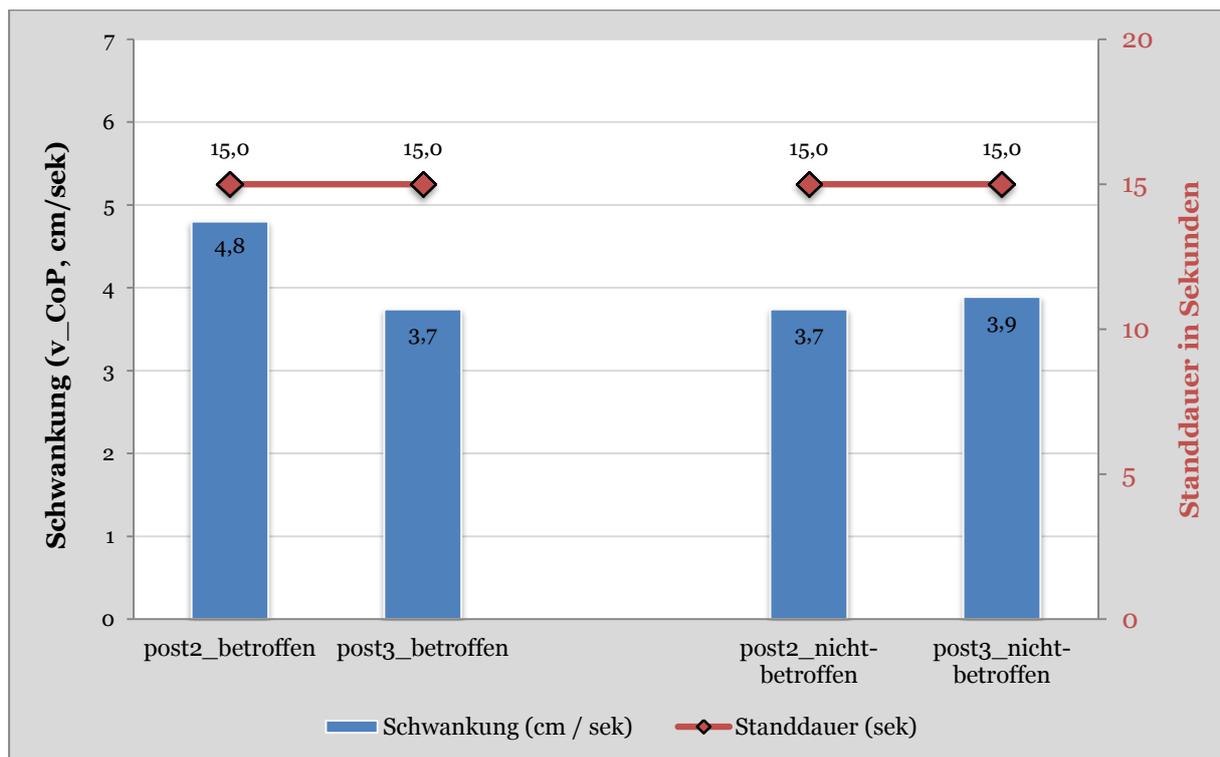


Abb. 73: Ergebnisse des Einbeinstands im zweiten Reha-Aufenthalt

(im Rahmen der ersten Rehabilitation nicht möglich)

Die erste **Alltagsaktivitätsmessung** des Patienten fand nicht wie geplant in der Woche vor, sondern organisatorisch begründet in der ersten Woche der Rehabilitation in Bad Oexen statt. Der Patient erreichte in diesem Zeitraum ein sehr hohes Aktivitätsniveau mit 6.672 Gangzyklen (13.344 Schritten) täglich, was auch durch die intensiven Therapie-Einheiten

begründet ist. Das Niveau reduzierte sich nach Abschluss der Rehabilitation auf ca. 2.500 Gangzyklen (5.000 Schritte). In den Messungen nach sechs und nach zwölf Monaten erzielte der Patient mit 6.300 bzw. 5.900 Gangzyklen erneut ein vergleichsweise hohes Aktivitätsniveau.

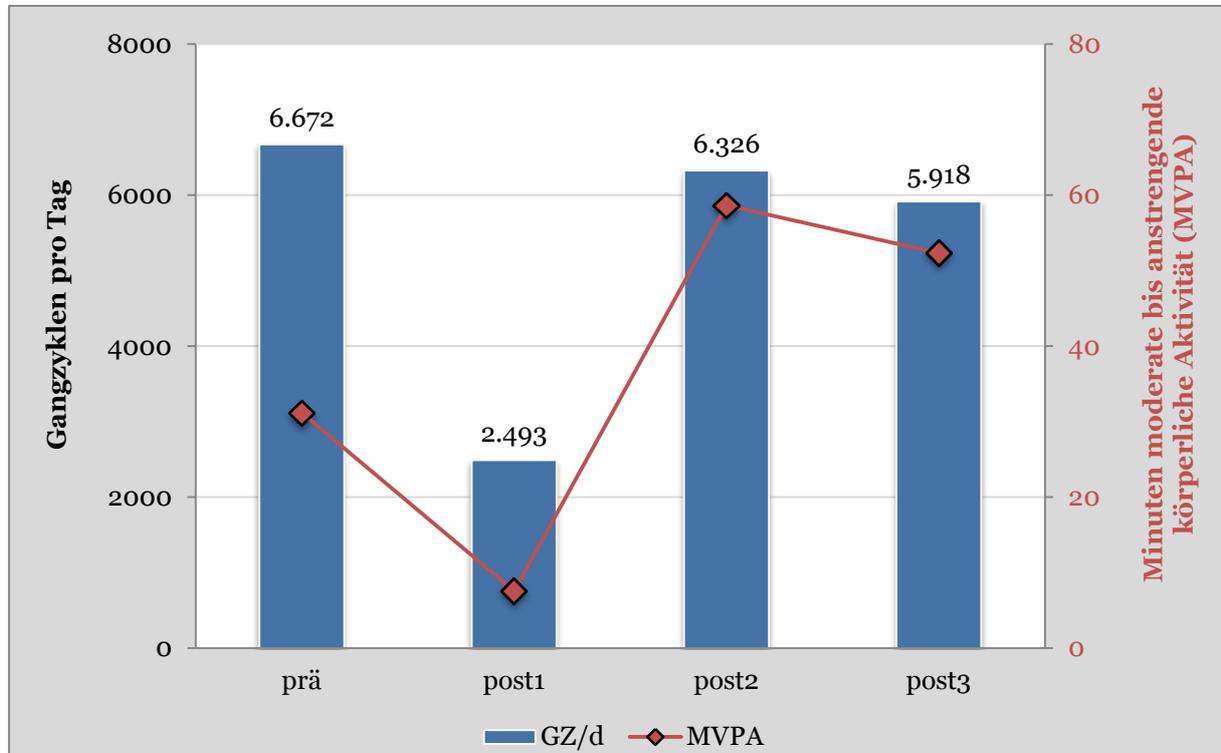


Abb. 74: Entwicklung der Alltagsaktivität (Gangzyklen pro Tag und MVPA) im Fallbeispiel 1

Werden nicht nur die Aktivitätsumfänge, sondern auch die Anteile intensiver körperlicher Aktivitäten berücksichtigt (Abb. 75), wird deutlich, dass sich die Aktivitäten des Patienten in den ersten Messungen nahezu ausschließlich aus Alltagsaktivitäten mit Schrittfrequenzen unterhalb von 50 Gangzyklen pro Minute (100 Schritte pro Minute) zusammensetzten. Höhere Bewegungsintensitäten, die charakteristisch für das Bewegungsverhalten von Kindern und Jugendlichen sind, wurden erst in den Folgemessungen nach sechs und zwölf Monaten realisiert. Hierbei handelt es sich um die Aktivitäten, denen im Hinblick auf die Gesundheitsförderung eine größere Bedeutung zukommt.

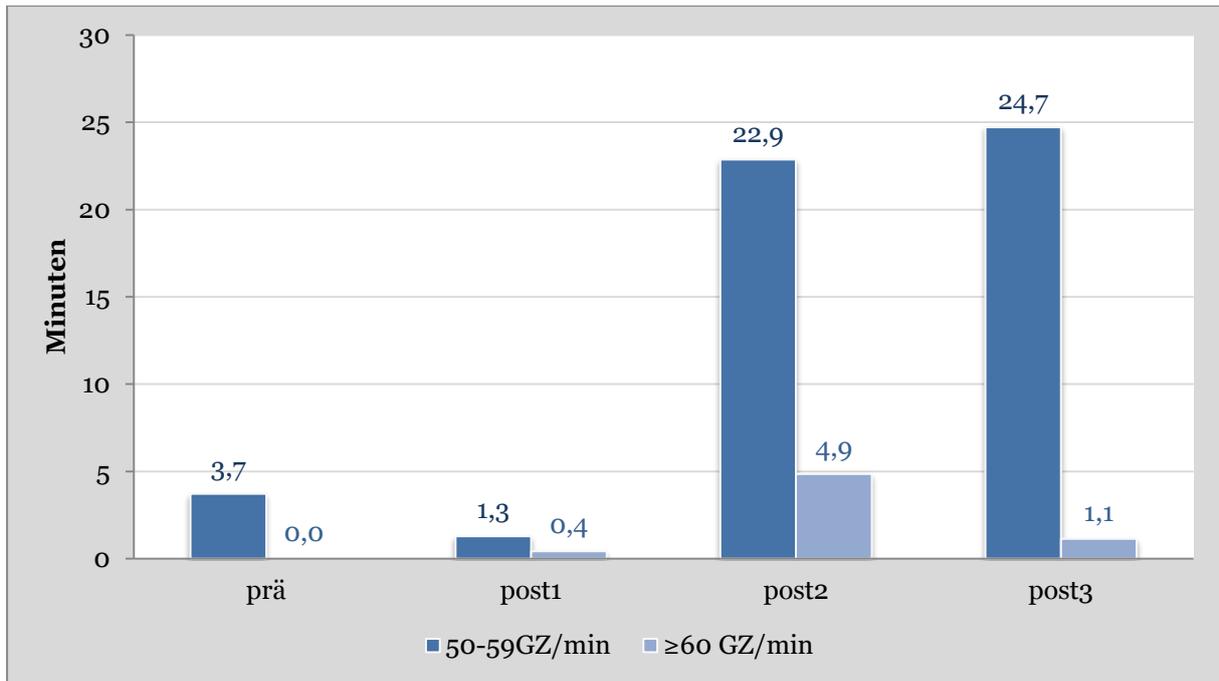


Abb. 75: Entwicklung der Alltagsaktivität in hohen Intensitätsbereichen im Fallbeispiel 1

Abschließend werden die Ergebnisse zur **Lebensqualität** anhand des Summenscores des KINDL®-Fragebogens sowie der Subskalen dargestellt (Abb. 76). Neben einem deutlichen Anstieg des Summenscores im Verlauf der ersten Rehabilitation fällt die leichte Zunahme der Lebensqualität im Follow-up auf, die mit Werten von >90 deutlich über den Normwerten gleichaltriger männlicher Jugendlicher liegt (73,0). Die prägnantesten Veränderungen ergeben sich in der Subskala „Selbstwert“. In der Eingangsmessung wies der Patient einen Wert von 62,5 auf (Norm 62,3). Nach Abschluss der Rehabilitation stieg der Wert auf 81,3 und blieb auch in den Folgemessungen sechs und zwölf Monate nach der stationären Rehabilitation in Bad Oexen oberhalb von 90.

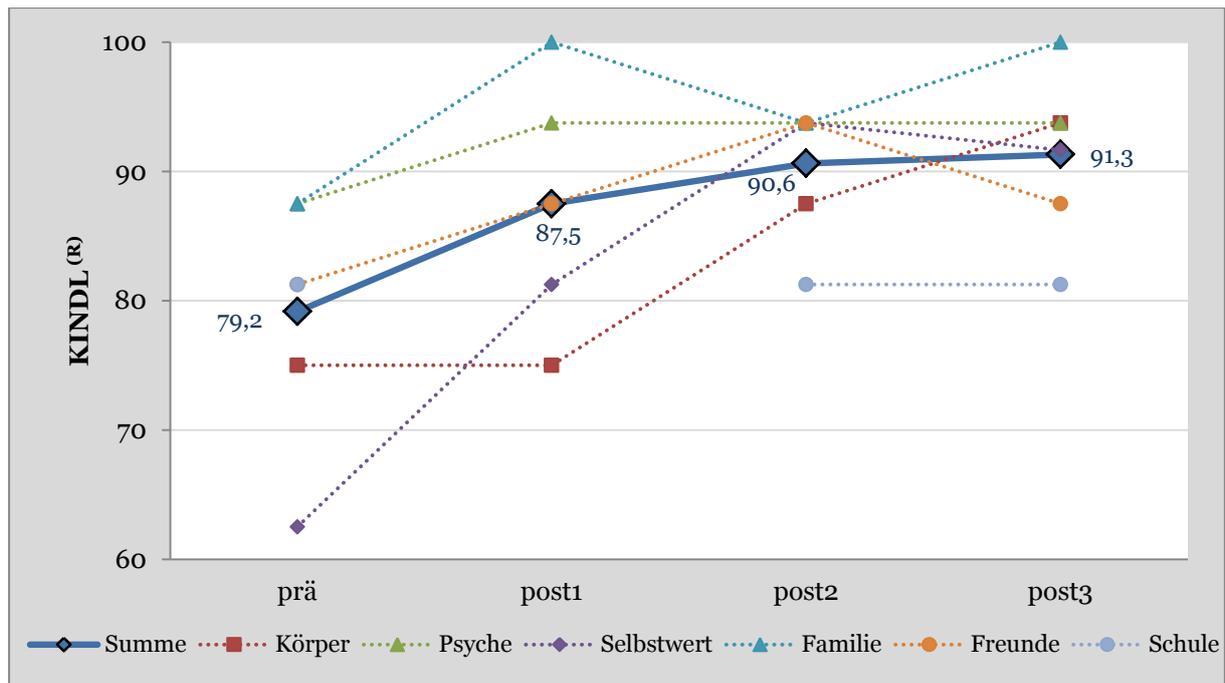


Abb. 76: Entwicklung der HRQoL (Gesamtskalenwert) und der Subskalen im Fallbeispiel 1

13 jähriger Astrozytompatient WHO Grad II

Zweites Fallbeispiel: 13 jähriger männlicher Patient, Rehabilitationsbeginn 28 Monate nach Diagnosestellung eines Astrozytoms WHO Grad II, Größe: 1,89 m; BMI: 27,2 kg/m² (\cong 1,88 SDS). Der Patient wurde im Juni 2011 22 Monate postoperativ (Ventrikulozisternostomie) zu seiner ersten stationären Rehabilitation aufgenommen. Die zweite stationäre Rehabilitationsmaßnahme in Bad Oexen erfolgte 14 Monate später im August 2012. Im Rahmen seiner stationären Rehabilitationsmaßnahme wurden die folgenden sport- und physiotherapeutischen Maßnahmen verordnet:

- 27 Einzeltherapien, davon
 - 7 x Krankengymnastik,
 - 10 x Krankengymnastik im Wasser,
 - 10 x Hippotherapie
- 20 Gruppentherapien
- \cong 47 bewegungstherapeutische Verordnungen

Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse der vier **klinischen Ganganalysen** zusammen:

Ganganalyse	Erste Rehabilitation		Zweite Rehabilitation		
	Norm	prä	post1	post2	post3
Kadenz (Schritte pro Minute)	124 (121-127)	107,2	108,1	96,8	93,1
Standphase (% des Gangzyklus)	60	62,5	63,1	64,5	67,5
Schwungphase (%)	40	37,6	37,0	35,5	32,5
monopedale Standphase (linkes Bein, %)	40	36,7	37,0	33,1	33,8
monopedale Standphase (rechtes Bein, %)	40	38,4	37,9	37,1	36,5
Schrittlänge (linkes Bein, cm)	71 (68,5-74)	69,7	70,5	75,2	73,0
Schrittlänge (rechtes Bein, cm)	71 (68,5-74)	71,1	71,0	77,2	71,2
Kniegelenkwinkel (linkes Bein, °)	60 (55-65)	60,9	54,3	63,8	53,6
Kniegelenkwinkel (rechtes Bein, °)	60 (55-65)	55,9	59,2	56,2	50,7

Tab. 48: Ergebnisse der Ganganalyse im Fallbeispiel 2

Normwerte aus [41,99]

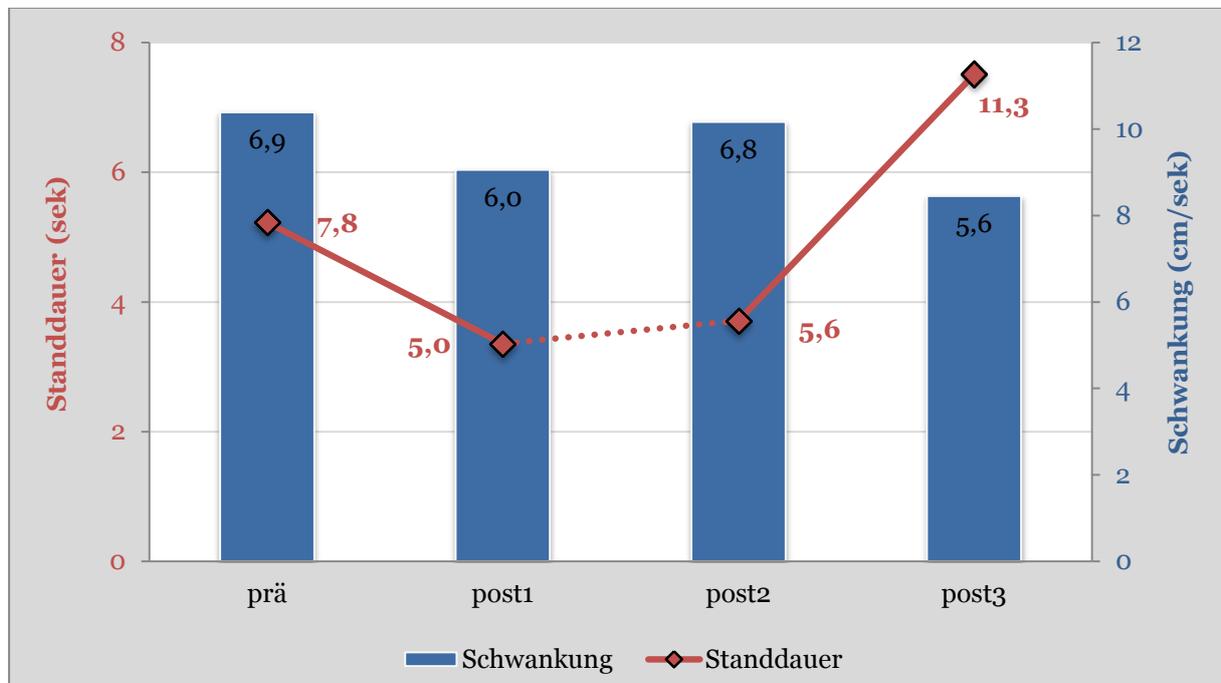
In den vier Ganganalysen sind keine relevanten Auffälligkeiten bzw. Normabweichungen erkennbar. Lediglich die Schrittfrequenz während der zweiten Rehabilitation ist mit einer durchschnittlichen Kadenz von 93-97 Schritten pro Minuten leicht reduziert und deutet auf ein gemächliches Gangtempo hin. Sämtliche Ergebnisse liegen im (erweiterten) Bereich der Normwerte, so dass im Verlauf der Rehabilitation keine bis maximal geringfügige Verbesserungen zu erwarten waren.

Ein ähnliches Bild zeigte sich in der Analyse der Gangsymmetrie, die in der folgenden Tabelle zusammengefasst dargestellt wird. Bis auf die Schwungphase und die monopedale Standphase mit jeweils über 10% Seitenunterschied in der zweiten Rehabilitation wurden keine relevanten Auffälligkeiten beobachtet.

ASI (%)	prä	post1	post2	post3
Standphase	7,8	1,7	6,8	6,8
Schwungphase	13,0	3,0	12,4	14,2
monopedale Standphase	4,7	2,4	11,5	13,8
Schrittlänge	2,0	0,7	2,7	2,5
Kniegelenkwinkel	8,6	8,6	12,7	5,6

Tab. 49: Absoluter Symmetrie-Index der fünf Gangparameter im Fallbeispiel 2

Im **Einbeinstand**, dessen Ergebnisse in der folgenden Abbildung zusammengefasst werden, zeigten sich keine relevanten Unterschiede zwischen linker und rechter Extremität, so dass die Werte gemittelt für beide Seiten zu den jeweiligen Messzeitpunkten dargestellt werden:



Tab. 50: Ergebnisse des Einbeinstands

(Werte gemittelt für linke und rechte Seite)

Während der ersten Rehabilitation zeigte sich eine Verschlechterung der Standdauer im Einbeinstand von eingangs durchschnittlich 7,8 Sekunden für beide Seiten auf 5,0 Sekunden in der Abschlussmessung. Gleichzeitig reduzierte sich die Schwankung, gemessen über die Geschwindigkeit des Kraftangriffspunkts (CoP), von 6,9 auf 6,0 Zentimeter pro Sekunde. In der zweiten Rehabilitation verbesserten sich beide Parameter zwischen der Eingangs- und Abschlussmessung. Die Zeit im Einbeinstand konnte der Patient mehr als verdoppeln und

auch die Schwankung reduzierte sich deutlich von 6,8 auf 5,6 Zentimeter pro Sekunde, was auch bei diesem Patienten auf eine Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit hindeutet.

Die Ergebnisse der **plantaren Druckverteilungsmessung** zu den vier Messzeitpunkten werden in den folgenden Abbildungen zusammengefasst:

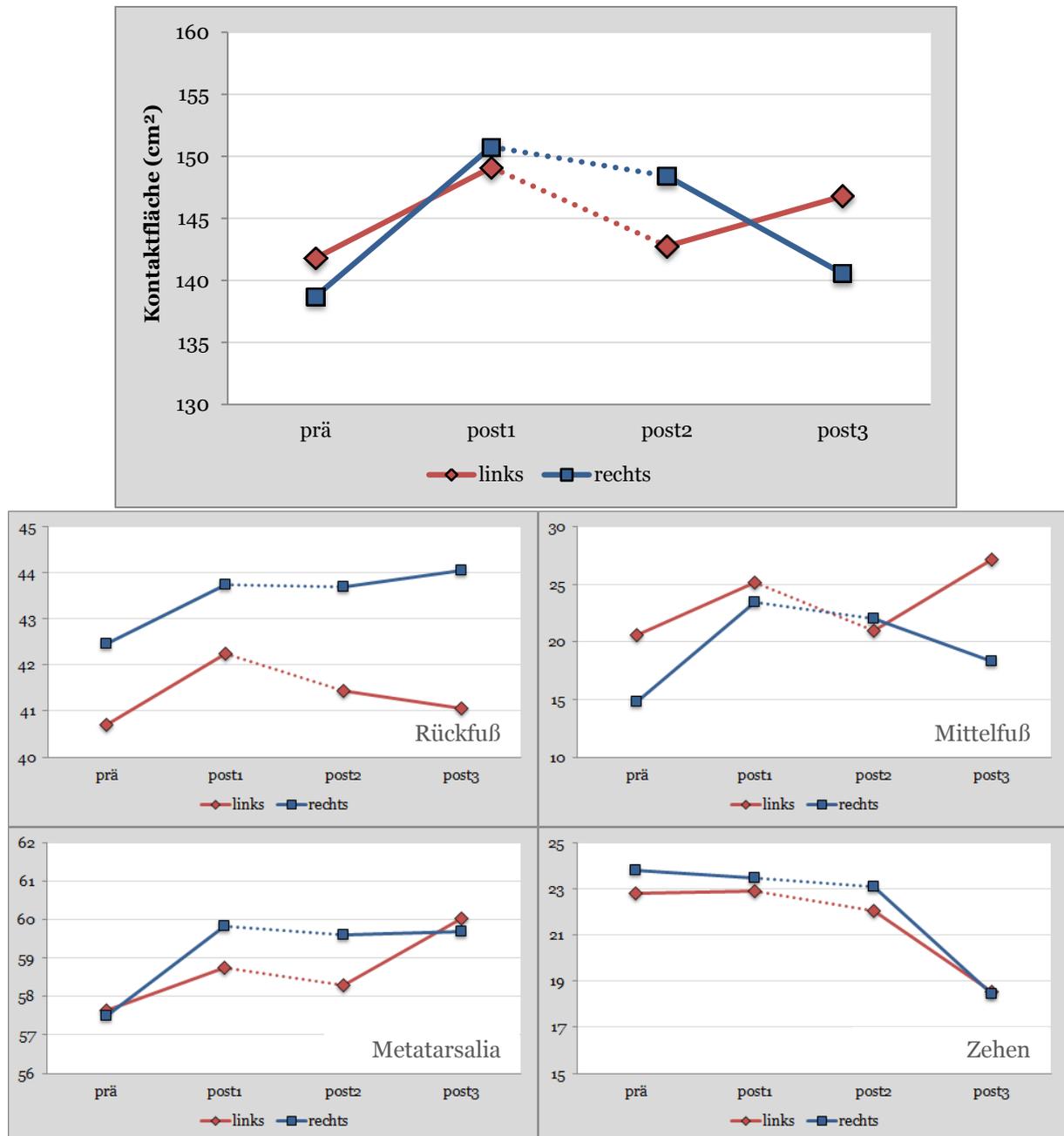


Abb. 77: Kontaktfläche (cm²) des gesamten Fußes und der vier Fußregionen

Im Gegensatz zum vorherigen Fallbeispiel wurden weitaus geringere Seitenunterschiede für die Kontaktflächen des linken und rechten Fußes ermittelt, deren Werte für den gesamten Fuß zwischen 139 und 151 cm² lagen. Bei einer Körpergröße von 1,89 m entspricht dieses Ergebnis physiologischen Bedingungen und gibt keinen Hinweis auf eine Ganganomalie.

Dieses Ergebnis deckt sich mit den Befunden zur Variable Kraft-Zeit-Integral, die in den folgenden Abbildungen zusammengefasst wird. Auch hier wurden für den gesamten Fuß zu allen Messzeitpunkten nur geringe Seitenunterschiede ermittelt. Die zur zweiten Rehabilitation erhöhten Impuls-Werte sind über eine Gewichtszunahme zwischen den Messzeiträumen erklärbar.

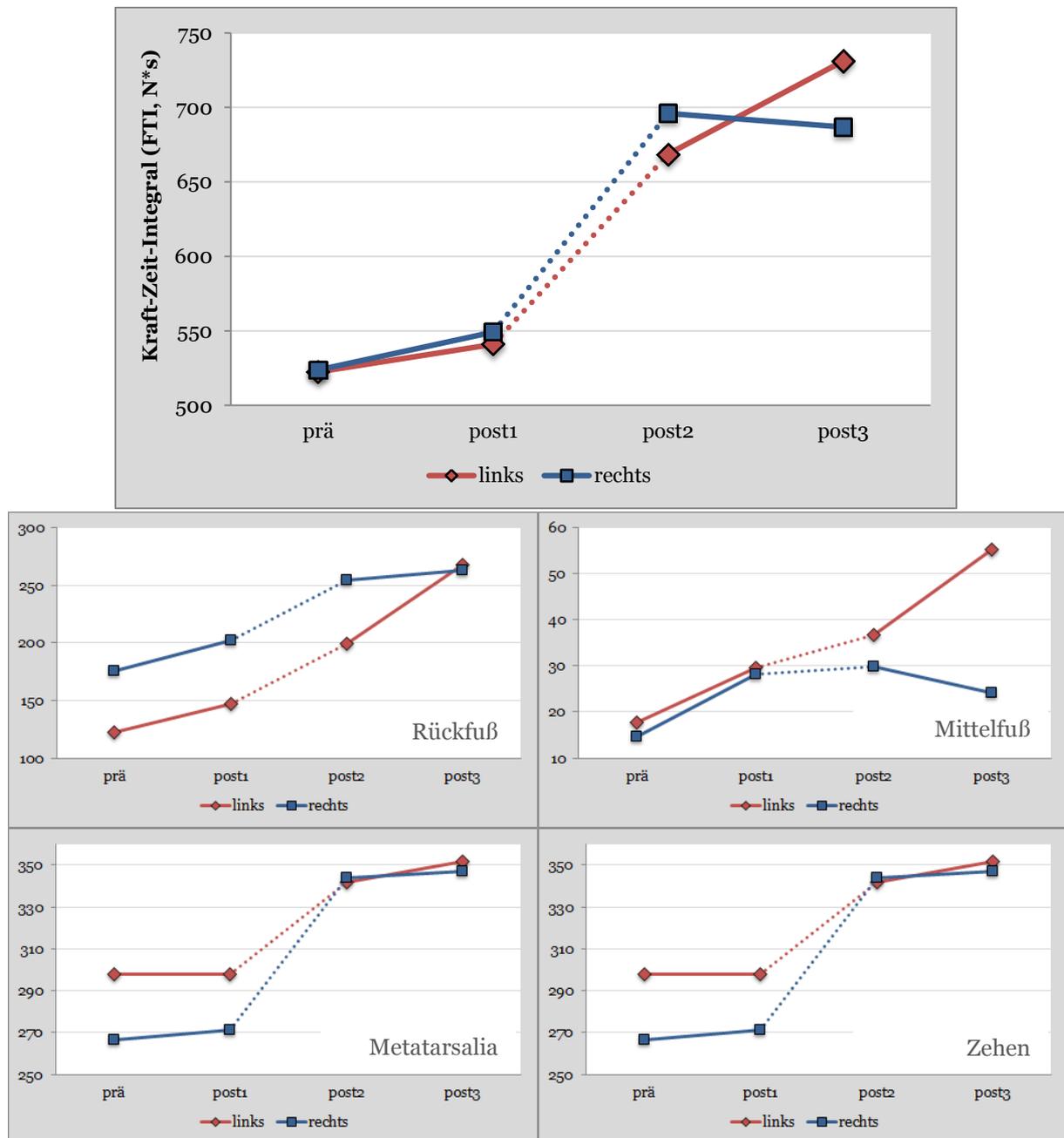


Abb. 78: Kraft-Zeit-Integral (FTI, N*s) des gesamten Fußes und der vier Fußregionen

Die **Alltagsaktivitätserfassung** offenbart ein insgesamt unterdurchschnittliches Aktivitätsniveau mit Umfängen zwischen 2.900 Gangzyklen (5.800 Schritten) und 4.800 Gangzyklen (9.600 Schritten) täglich. Auch die Aktivitätsdauer im Bereich moderater

bis anstrengender körperlicher Aktivitäten (MVPA) liegt zu sämtlichen Messzeitpunkten unter 30 Minuten (Ziel: 60 Minuten).

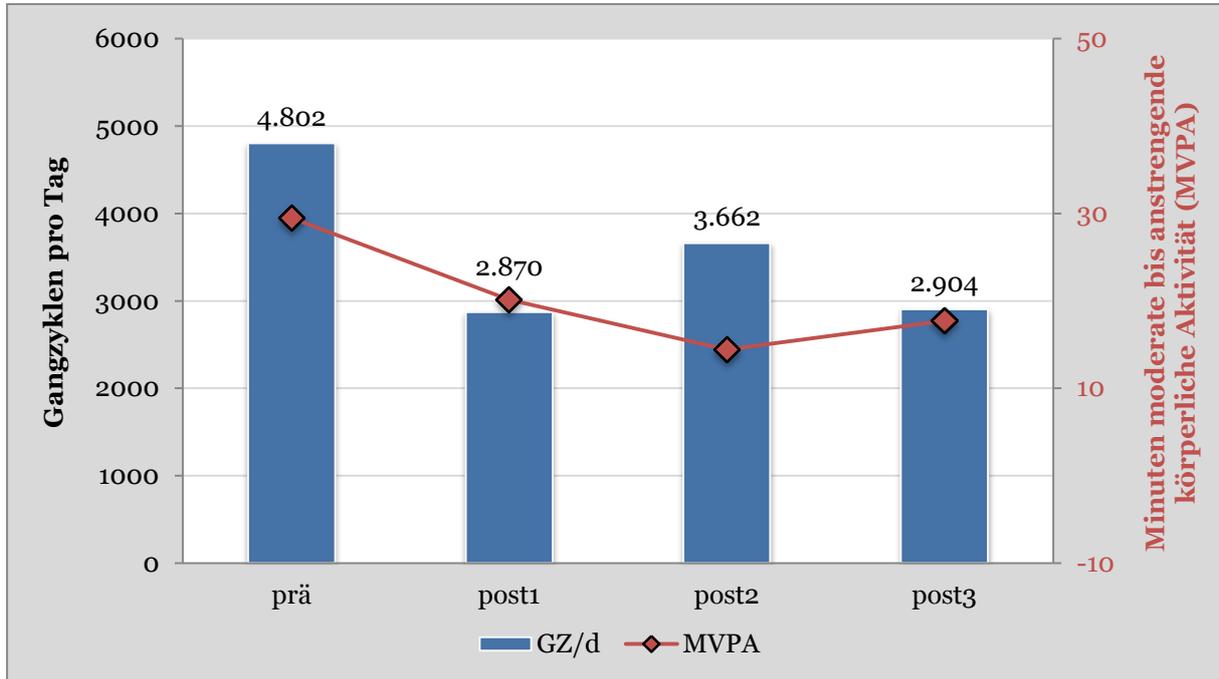


Abb. 79: Entwicklung der Alltagsaktivität (Gangzyklen pro Tag und MVPA) im Fallbeispiel 2

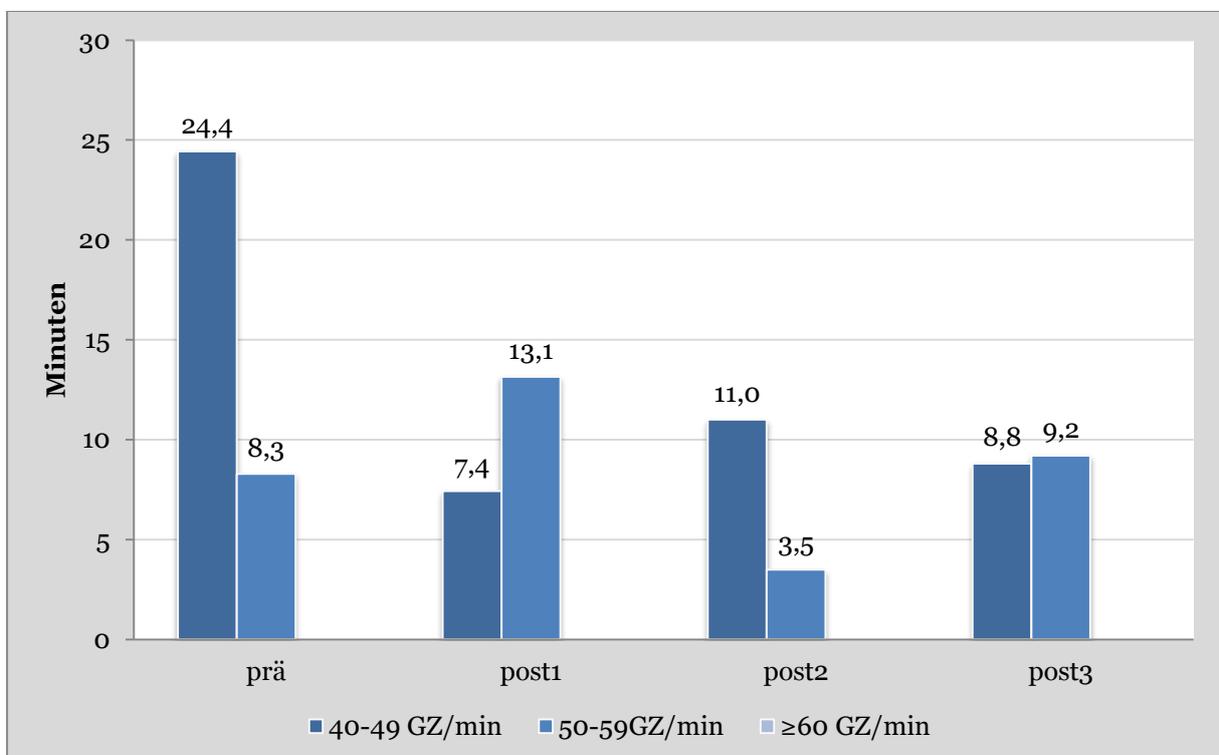


Abb. 80: Entwicklung der Alltagsaktivität in hohen Intensitätsbereichen im Fallbeispiel 2

Die Analyse der Alltagsaktivitäten im moderaten bis hohen Intensitätsbereich (letzte Abbildung) zeigt, dass Aktivitäten mit Schrittfrequenzen ≥ 60 Gangzyklen pro Minute zu keinem Messzeitpunkt stattfanden.

Abschließend werden in der folgenden Abbildung die Ergebnisse zur **Lebensqualität** zusammengefasst. Auffällig ist zunächst das sehr geringe Niveau in der Subskala „körperliches Wohlbefinden“, das zu allen Messzeitpunkten weit unter den alters- und geschlechtsentsprechenden Normwerten (76,3) lag. Darüber hinaus wurde für den Summenscore und für die Subskala „körperliches Wohlbefinden“ eine gegenläufige Entwicklung ermittelt.

Lag der Gesamtscore in der Eingangsmessung mit 84,4 im Vergleich zur Norm (75,3) noch überdurchschnittlich hoch, reduzierte er sich in den Folgemessungen deutlich und lag in der Abschlussmessung mit 66,3 im unterdurchschnittlichen Bereich. Auffallend ist darüber hinaus die deutlich verschlechterte Einschätzung in der Subskala „Selbstwert“, die ausgehend von dem maximalen Wert von 100 zu Beginn auf den unterdurchschnittlichen Wert von 37,5 in der Abschlussmessung sank.

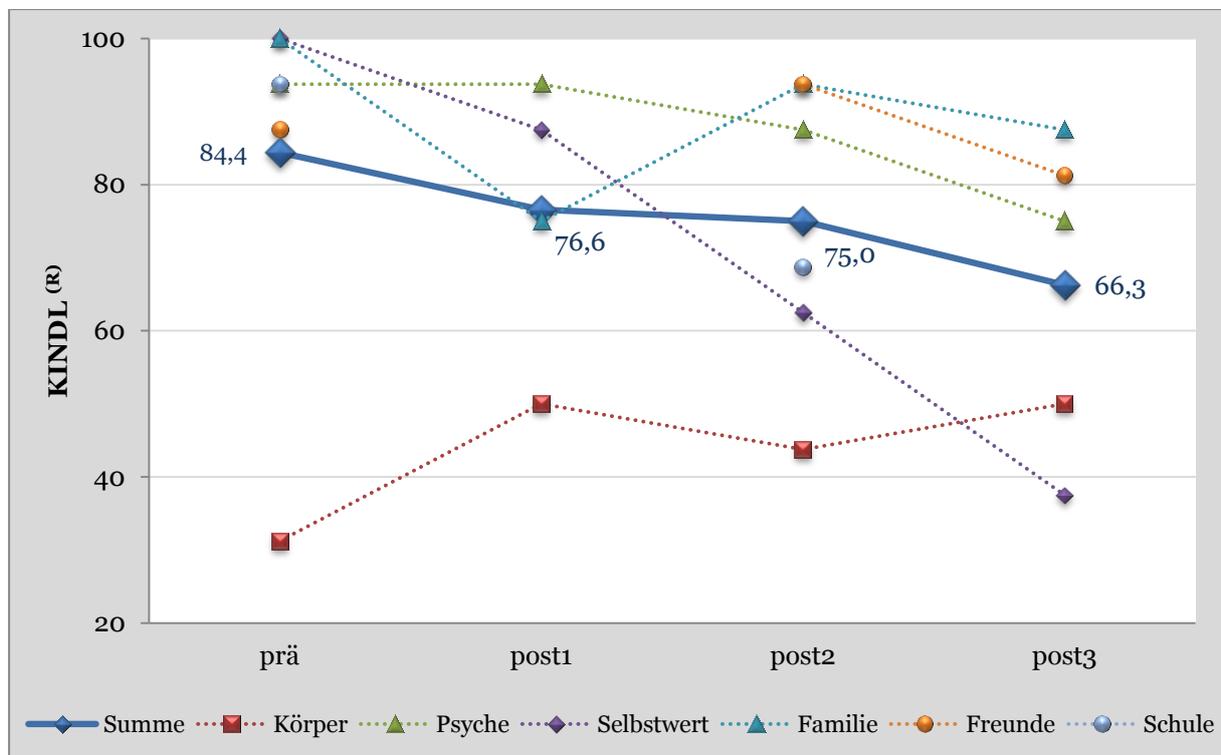


Abb. 81: Entwicklung der HRQoL (Gesamtskalenwert) und der Subskalen im Fallbeispiel 2

Anhang

Gesundheitsbezogene Lebensqualität (HRQoL)

KINDL® Skalenwert	n	Mittelwert Differenz	Konfidenzintervall (95%) unteres oberes		p-Wert †	Cohen's d
Summe		$F_{3,96}=7,385, p=0,001, \eta_p^2=0,425$				
prä - post1	39	+6,20	+3,1	+9,3	0,003	0,71
prä - post2	36	+7,29	+4,3	+10,2	0,001	0,82
prä - post3	36	+7,18	+4,1	+10,3	0,001	0,76
Körper		$F_{3,75}=6,543, p=0,002, \eta_p^2=0,460$				
prä - post1	32	+16,41	+8,9	+23,9	0,003	1,06
prä - post2	29	+14,51	+7,2	+21,9	0,012	0,97
prä - post3	29	+15,52	+8,1	+23,0	0,005	1,00
Psyche		$F_{3,96}=4,811, p=0,007, \eta_p^2=0,325$				
prä - post1	39	+7,16	+2,3	+12,0	0,091	0,53
prä - post2	35	+9,23	+3,5	+15,0	0,027	0,69
prä - post3	37	+11,09	+5,9	+16,3	0,003	0,78
Selbstwert		$F_{3,66}=7,242, p=0,002, \eta_p^2=0,521$				
prä - post1	27	+15,12	+8,2	+22,1	0,003	0,96
prä - post2	25	+13,83	+8,0	+19,6	0,001	0,93
prä - post3	26	+13,78	+6,2	+21,4	0,008	0,88
Familie		$F_{3,39}=2,741, p=0,094, \eta_p^2=0,428$				
prä - post1	20	+10,63	+3,7	+17,5	0,063	0,86
prä - post2	15	+10,00	+3,1	+16,9	0,096	0,71
prä - post3	18	+2,78	-3,5	+9,1	0,459	0,22
Freunde		$F_{3,102}=4,143, p=0,014, \eta_p^2=0,280$				
prä - post1	41	+9,10	+2,6	+15,5	0,080	0,47
prä - post2	39	+9,35	+3,0	+15,7	0,036	0,49
prä - post3	40	+12,45	+5,4	+19,5	0,006	0,65
Schule		$F_{3,45}=0,399, p=0,756, \eta_p^2=0,084$				
prä - post1	24	+3,39	-4,6	+11,3	1,0	0,21
prä - post2	23	+9,38	-0,3	+19,0	1,0	0,60
prä - post3	26	+9,86	+0,2	+19,5	1,0	0,56

Tab. 51: Entwicklung der KINDL®-Skalenwerte bei Hirntumorpatienten mit niedrigem Lebensqualitäts-Ausgangsniveau

† Bonferroni-Anpassung für Mehrfachvergleiche (listenweiser Fallausschluss), signifikante Unterschiede in **fett** markiert

KINDL® Skalenwert	n	Mittelwert Differenz	Konfidenzintervall (95%)		p-Wert †	Cohen's d
			unteres	oberes		
Summe	$F_{3, 18}=2,055, p=0,249, \eta_p^2=0,606$					
prä - post1	9	+2,59	-5,7	+10,8	1,0	0,24
prä - post2	7	+6,01	+0,1	+11,9	0,286	0,58
prä - post3	9	+6,91	-0,1	+13,9	0,938	0,65
Körper	$F_{3, 15}=0,316, p=0,632, \eta_p^2=0,059^*$					
prä - post1	7	-1,79	-18,0	+14,5	1,0	-0,11
prä - post2	6	+4,17	-8,7	+17,1	1,0	0,25
prä - post3	7	+6,55	-13,5	+26,6	1,0	0,42
Psyche	$F_{3, 27}=4,773, p=0,041, \eta_p^2=0,672$					
prä - post1	13	+3,37	-4,3	+11,0	1,0	0,39
prä - post2	11	+7,95	0,0	+15,9	0,179	0,90
prä - post3	12	+11,98	+3,6	+20,4	0,112	1,36
Selbstwert	$F_{3, 15}=3,520, p=0,164, \eta_p^2=0,779$					
prä - post1	7	+0,89	-13,4	+15,2	1,0	0,06
prä - post2	6	+7,29	-6,1	+20,7	1,0	0,51
prä - post3	7	+11,61	+5,4	+17,8	0,064	0,72
Familie	$F_{3, 21}=2,424, p=0,181, \eta_p^2=0,593$					
prä - post1	9	+10,07	+1,6	+18,5	0,340	1,05
prä - post2	8	+11,72	-0,9	+24,3	0,385	1,19
prä - post3	9	+15,97	+3,2	+28,7	0,275	1,66
Freunde	$F_{3, 30}=2,782, p=0,110, \eta_p^2=0,511$					
prä - post1	14	+4,46	-8,8	+17,8	1,0	0,27
prä - post2	12	+15,10	+1,6	+28,6	0,099	1,01
prä - post3	13	+10,58	-3,2	+24,3	1,0	0,62
Schule	$F_{3, 15}=0,425, p=0,750, \eta_p^2=0,298$					
prä - post1	7	+12,50	-3,5	+28,5	1,0	0,76
prä - post2	6	+5,21	-16,5	+26,9	1,0	0,43
prä - post3	7	+4,46	-43,8	+13,7	1,0	0,27

Tab. 52: Entwicklung der KINDL®-Skalenwerte bei *Knochtumor- und Weichteilsarkompatienten* mit niedrigem Lebensqualitäts-Ausgangsniveau

* Anpassung nach Greenhouse-Geisser bei Verletzung der Sphärizität;

† Bonferroni-Anpassung für Mehrfachvergleiche (listenweiser Fallausschluss), signifikante Unterschiede in **fett** markiert

KINDL® Skalenwert	n	Mittelwert Differenz	Konfidenzintervall (95%)		p-Wert †	Cohen's d
			unteres	oberes		
Summe		$F_{3, 174}=10,834, p<0,001, \eta_p^2=0,367$				
prä - post1	61	+5,25	+2,7	+7,8	0,001	0,63
prä - post2	61	+6,23	+3,4	+9,0	<0,001	0,74
prä - post3	59	+7,44	+4,6	+10,2	<0,001	0,89
Körper		$F_{3, 171}=6,751, p=0,001, \eta_p^2=0,269$				
prä - post1	60	+11,28	+6,4	+16,1	<0,001	0,88
prä - post2	61	+8,91	+3,4	+14,4	0,022	0,69
prä - post3	60	+8,13	+3,3	+13,0	0,011	0,62
Psyche		$F_{3, 159}=7,694, p<0,001, \eta_p^2=0,312$				
prä - post1	57	+8,22	+4,2	+12,2	0,002	0,76
prä - post2	58	+8,19	+4,4	+12,0	0,001	0,69
prä - post3	55	+7,99	+4,0	+12,0	0,002	0,67
Selbstwert		$F_{3, 129}=7,880, p<0,001, \eta_p^2=0,155^{\ddagger}$				
prä - post1	48	+9,38	+5,0	+13,8	0,001	0,72
prä - post2	48	+11,59	+5,9	+17,3	0,001	0,90
prä - post3	46	+10,33	+4,5	+16,2	0,004	0,78
Familie		$F_{3, 129}=17,825, p<0,001, \eta_p^2=0,566$				
prä - post1	46	+10,67	+6,8	+14,5	<0,001	0,90
prä - post2	45	+11,94	+7,4	+16,5	<0,001	1,00
prä - post3	44	+13,78	+9,7	+17,9	<0,001	1,16
Freunde		$F_{3, 150}=4,992, p=0,004, \eta_p^2=0,091^{\ddagger}$				
prä - post1	55	+9,32	+3,8	+14,8	0,025	0,58
prä - post2	54	+9,32	+4,6	+14,0	0,003	0,58
prä - post3	53	+9,59	+3,0	+16,2	0,029	0,59
Schule		$F_{3, 96}=2,265, p=0,101, \eta_p^2=0,185$				
prä - post1	39	+9,62	+3,9	+15,4	0,078	0,60
prä - post2	40	+9,69	+2,9	+16,5	0,249	0,59
prä - post3	39	+6,97	+0,1	+13,8	0,692	0,42

Tab. 53: Entwicklung der KINDL®-Skalenwerte bei Leukämie- und Lymphompatienten mit niedrigem Lebensqualitäts-Ausgangsniveau

* Anpassung nach Greenhouse-Geisser bei Verletzung der Sphärizität;

† Bonferroni-Anpassung für Mehrfachvergleiche (listenweiser Fallausschluss), signifikante Unterschiede in **fett** markiert

Hirntumoren	MW-Diff	95%CI		p-Wert	Cohen's d
		untere Grenze	obere Grenze		
Gesamtskalenwert					
prä	-6,88	-9,95	-3,81	<0,001	0,62
post1	-3,06	-5,72	-0,41	0,081	0,33
post2	-1,45	-4,54	+1,64	0,740	0,14
post3	-3,15	-6,11	-0,19	0,087	0,32
Körper					
prä	-9,11	-14,39	-3,84	0,145	0,47
post1	-1,07	-5,29	+3,16	0,191	0,07
post2	-1,58	-5,99	+2,84	0,160	0,11
post3	-5,41	-10,94	+0,13	0,332	0,28
Psyche					
prä	-8,47	-12,77	-4,17	<0,001	0,53
post1	-4,71	-8,07	-1,36	0,057	0,38
post2	-2,72	-6,46	+1,02	0,164	0,21
post3	-2,43	-5,55	+0,70	0,078	0,22
Selbstwert					
prä	-3,15	-8,53	+2,24	0,452	0,17
post1	+1,63	-2,63	+5,89	0,246	-0,12
post2	+3,09	-1,91	+8,09	0,127	-0,19
post3	+0,35	-4,45	+5,16	0,636	-0,02
Familie					
prä	+0,93	-2,63	+4,48	0,080	-0,07
post1	+1,94	-0,55	+4,43	0,100	-0,21
post2	+3,12	+0,06	+6,18	0,014	-0,30
post3	-1,14	-5,04	+2,76	0,641	0,08
Freunde					
prä	-16,19	-21,92	-10,46	<0,001	0,77
post1	-12,29	-16,84	-7,74	<0,001	0,75
post2	-9,80	-14,54	-5,05	0,005	0,60
post3	-8,05	-12,77	-3,33	0,028	0,48
Schule					
prä	-5,65	-11,89	+0,58	0,156	0,27
post1	-4,46	-11,09	+2,17	0,609	0,22
post2	-0,42	-6,30	+5,46	0,975	0,02
post3	-2,56	-8,12	+3,01	0,406	0,14

Tab. 54: KINDL®-Skalenwerte der *Hirntumorpatienten* zu den vier Messzeitpunkten in Relation zu alters- und geschlechtsspezifischen Normdaten

Knochen- tumoren	MW-Diff	95%CI		p-Wert	Cohen's d
		untere Grenze	obere Grenze		
Gesamtskalenwert					
prä	+2,97	-1,28	+7,22	0,020	-0,27
post1	+2,10	-2,64	+6,84	0,106	-0,17
post2	+4,72	+0,50	+8,95	0,005	-0,46
post3	+3,54	-1,27	+8,36	0,052	-0,30
Körper					
prä	+4,71	-1,84	+11,25	0,008	-0,29
post1	+1,58	-6,63	+9,79	0,059	-0,07
post2	+3,96	-2,38	+10,29	0,055	-0,26
post3	-0,49	-8,15	+7,17	0,818	0,03
Psyche					
prä	-1,31	-5,63	+3,01	0,613	0,11
post1	-0,69	-5,88	+4,50	0,476	0,05
post2	+1,68	-3,07	+6,43	0,046	-0,14
post3	+3,56	-0,47	+7,59	0,012	-0,35
Selbstwert					
prä	+8,94	+2,00	+15,88	0,001	-0,50
post1	+6,86	-1,11	+14,83	0,213	-0,33
post2	+8,51	+0,49	+16,54	0,023	-0,43
post3	+10,64	+2,96	+18,32	0,005	-0,56
Familie					
prä	+1,75	-4,03	+7,52	0,054	-0,11
post1	+1,92	-3,21	+7,05	0,212	-0,14
post2	+2,51	-2,89	+7,90	0,057	-0,19
post3	+4,34	-1,49	+10,16	0,041	-0,29
Freunde					
prä	-3,83	-10,69	+3,03	0,265	0,21
post1	-5,08	-13,24	+3,08	0,397	0,23
post2	+3,31	-2,04	+8,66	0,112	-0,25
post3	-2,37	-8,91	+4,17	0,895	0,14
Schule					
prä	+7,56	+0,24	+14,88	0,022	-0,47
post1	+6,81	-1,05	+14,67	0,011	-0,36
post2	+8,37	+1,79	+14,95	0,028	-0,56
post3	+5,02	-2,27	+12,31	0,361	-0,30

Tab. 55: KINDL®-Skalenwerte der *Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten* zu den vier Messzeitpunkten in Relation zu alters- und geschlechtsspezifischen *Normdaten*

Leukämien/ Lymphome	MW-Diff	95%CI		p-Wert	Cohen's d
		untere Grenze	obere Grenze		
Gesamtskalenwert					
prä	-3,78	-5,97	-1,59	0,001	0,36
post1	-0,29	-2,52	+1,94	0,338	0,03
post2	-0,41	-2,66	+1,84	0,862	0,04
post3	-0,13	-2,50	+2,24	0,143	0,01
Körper					
prä	-6,02	-9,69	-2,35	0,065	0,34
post1	+0,04	-3,22	+3,30	0,167	0
post2	-1,92	-5,68	+1,84	0,051	0,10
post3	-1,56	-5,22	+2,09	0,177	0,09
Psyche					
prä	-3,72	-6,62	-0,82	0,015	0,25
post1	-0,65	-3,12	+1,82	0,867	0,05
post2	-1,43	-4,14	+1,29	0,735	0,10
post3	-0,98	-3,70	+1,74	0,283	0,07
Selbstwert					
prä	-0,03	-3,54	+3,48	0,203	0
post1	+4,28	+0,99	+7,58	0,001	-0,28
post2	+2,48	-0,88	+5,84	0,001	-0,16
post3	+2,85	-0,84	+6,55	0,011	-0,16
Familie					
prä	-2,07	-5,25	+1,11	0,867	0,13
post1	+1,57	-1,17	+4,31	0,021	-0,11
post2	+2,58	-0,30	+5,45	0,001	-0,18
post3	+1,90	-0,58	+4,37	0,016	-0,15
Freunde					
prä	-6,52	-10,10	-2,94	0,344	0,36
post1	-5,21	-8,84	-1,57	0,217	0,29
post2	-3,74	-7,04	-0,44	0,441	0,22
post3	-2,21	-5,92	+1,50	0,021	0,12
Schule					
prä	-3,91	-8,46	+0,61	0,114	0,21
post1	-0,66	-4,49	+3,17	0,317	0,04
post2	-0,72	-4,33	+2,88	0,686	0,05
post3	-0,26	-4,26	+3,73	0,535	0,02

Tab. 56: KINDL®-Skalenwerte der *Leukämie- und Lymphompatienten* zu den vier Messzeitpunkten in Relation zu alters- und geschlechtsspezifischen Normdaten

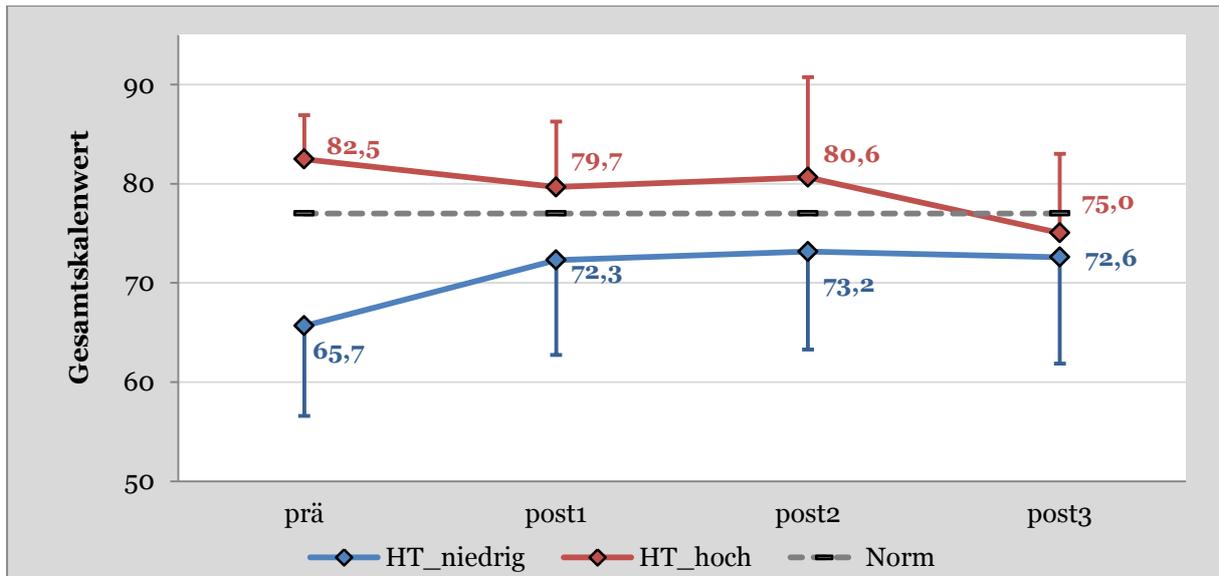


Abb. 82: Entwicklung des KINDL®-Gesamtskalenwertes zu den vier Messzeitpunkten bei Hirntumorpatienten mit **niedrigem** vs. **normalem/hohem** Ausgangsniveau in Relation zur Norm

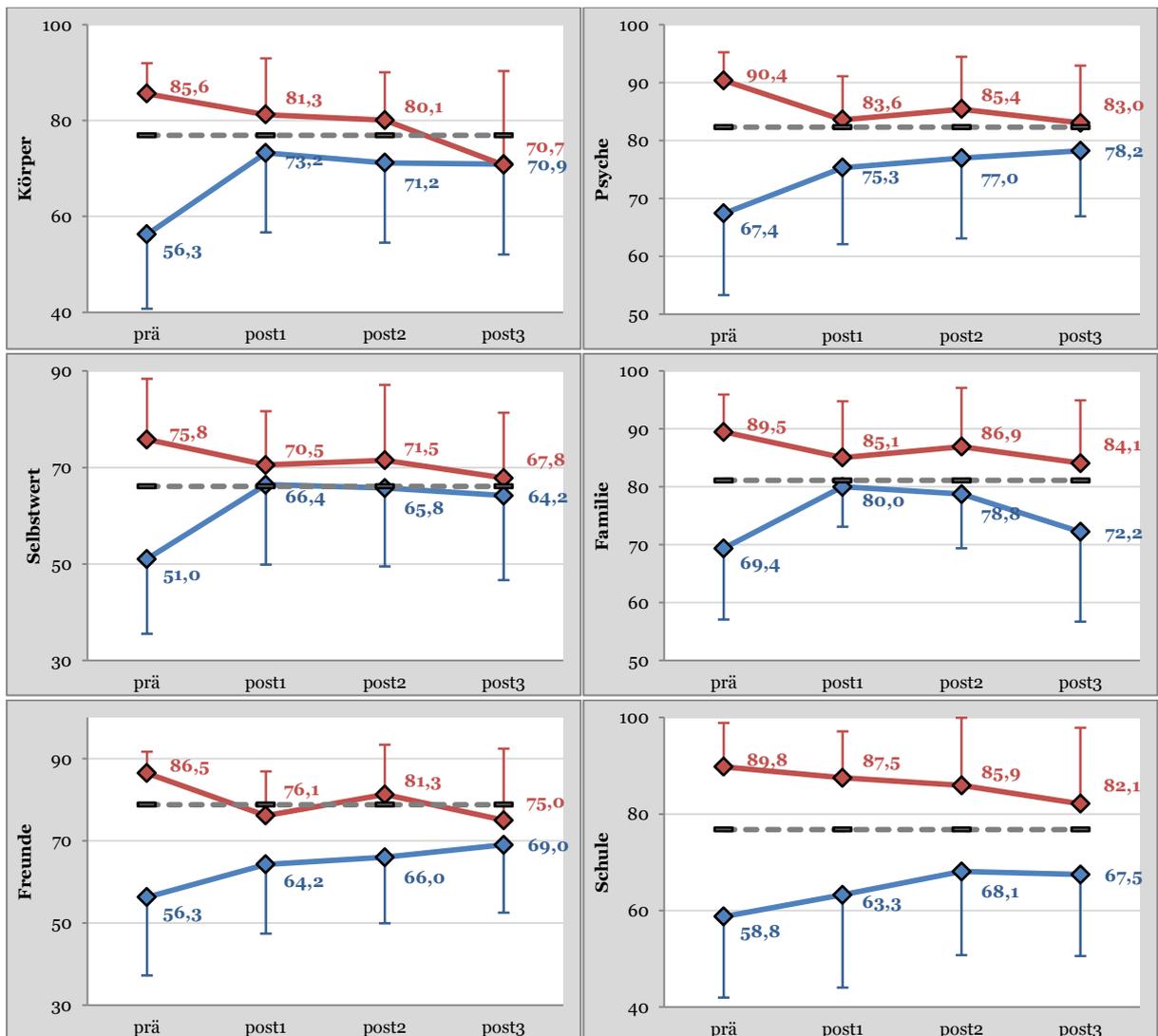


Abb. 83: Entwicklung der KINDL®-Subskalenwerte bei Hirntumorpatienten mit **niedrigem** vs. **normalem/hohem** Ausgangsniveau in Relation zur Norm

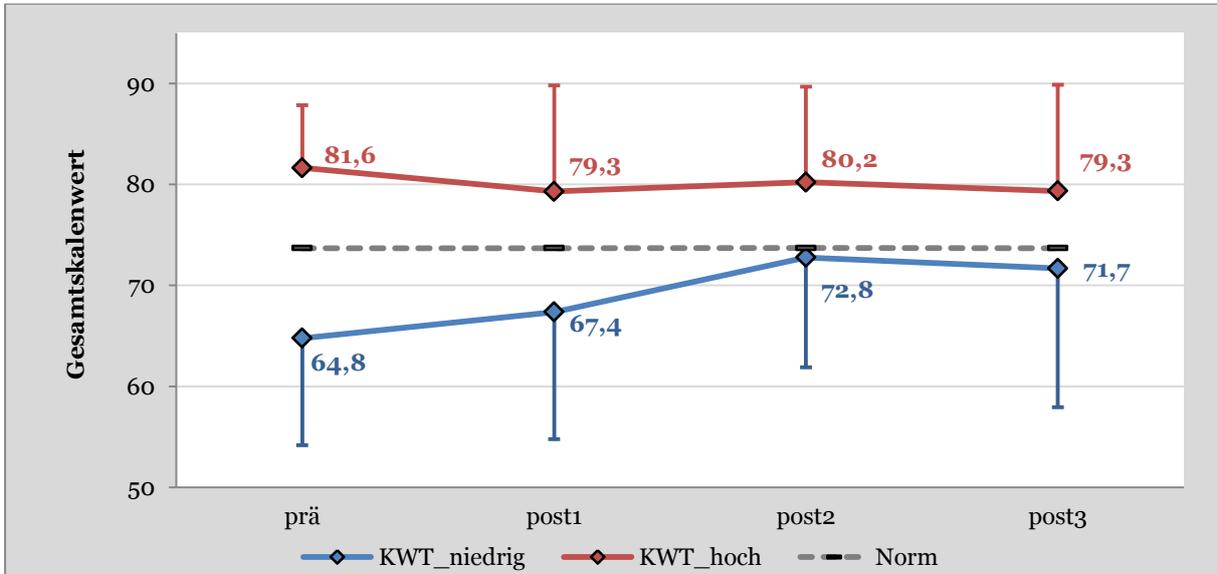


Abb. 84: Entwicklung des KINDL®-Gesamtskalenwertes zu den vier Messzeitpunkten bei Knochen-/ Weichteiltumorpatienten mit **niedrigem** vs. **normalem/hohem** Ausgangsniveau in Relation zur Norm

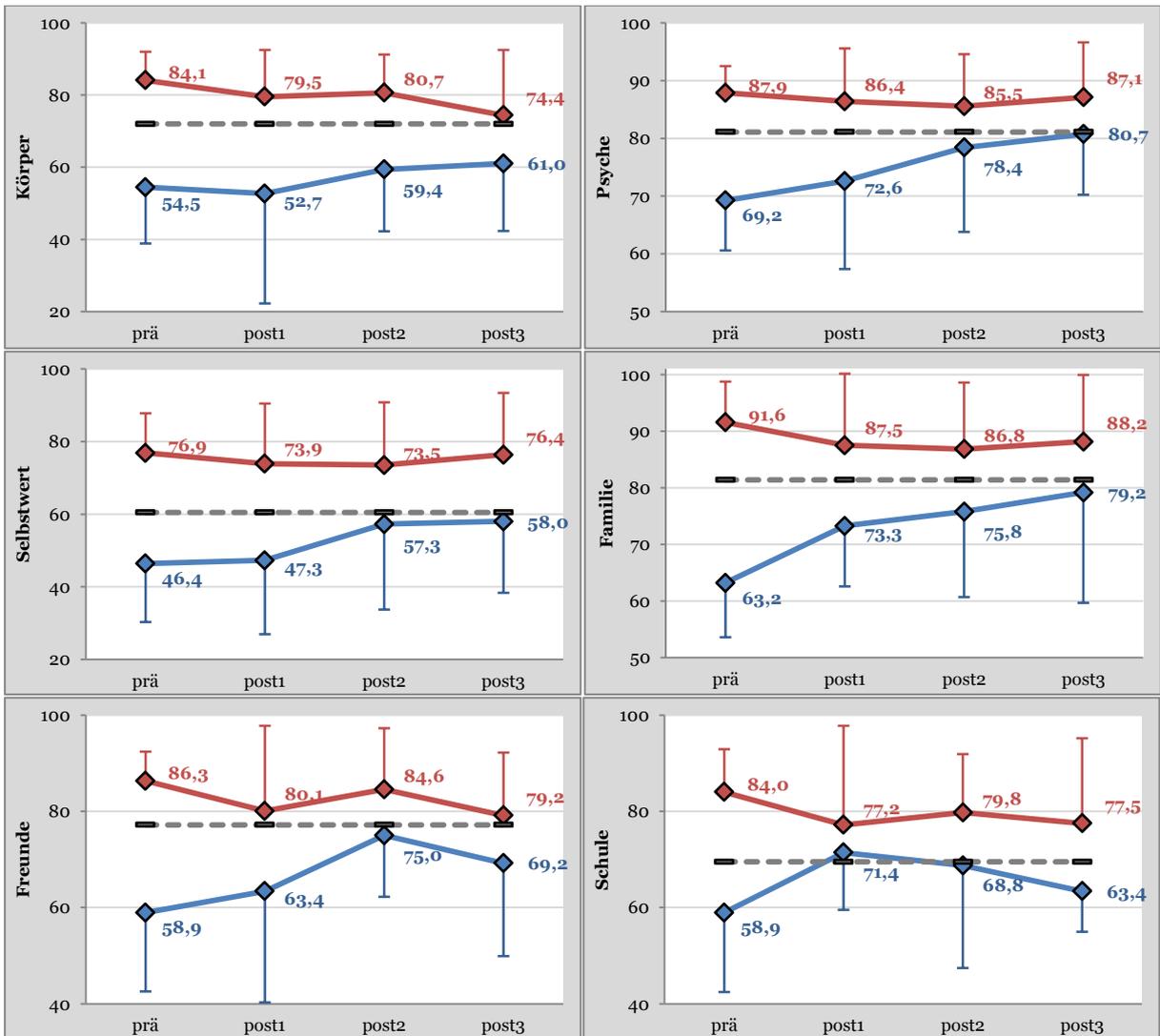


Abb. 85: Entwicklung der KINDL®-Subskalenwerte bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten mit **niedrigem** vs. **normalem/hohem** Ausgangsniveau in Relation zur Norm

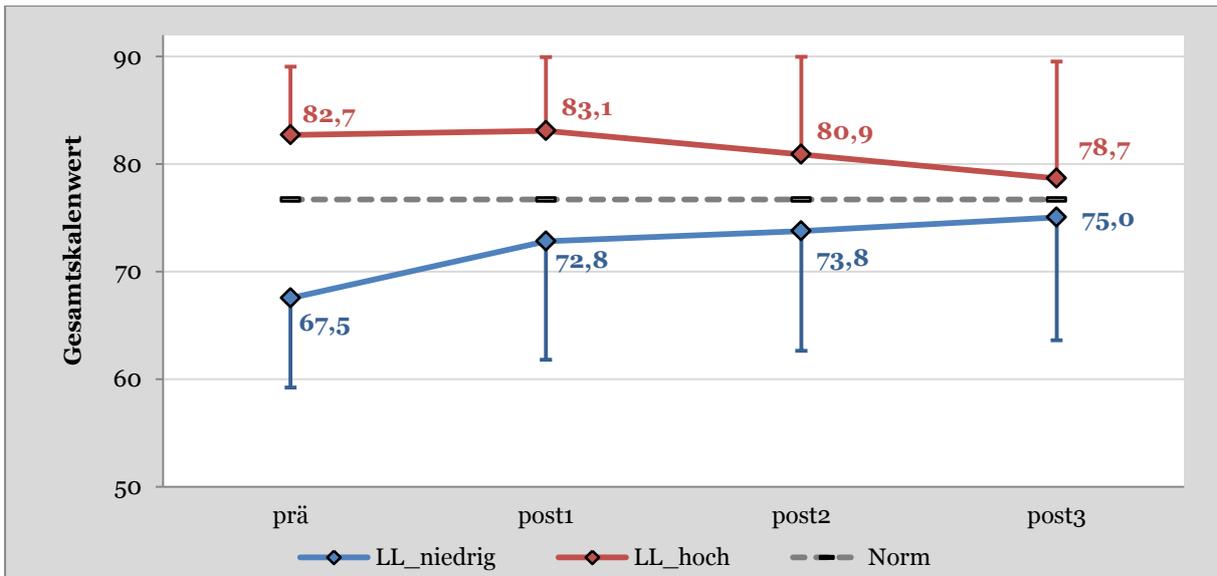


Abb. 86: Entwicklung des KINDL®-Gesamtskalenwertes zu den vier Messzeitpunkten bei Leukämie- und Lymphompatienten mit **niedrigem** vs. **normalem/hohem** Ausgangsniveau in Relation zur Norm

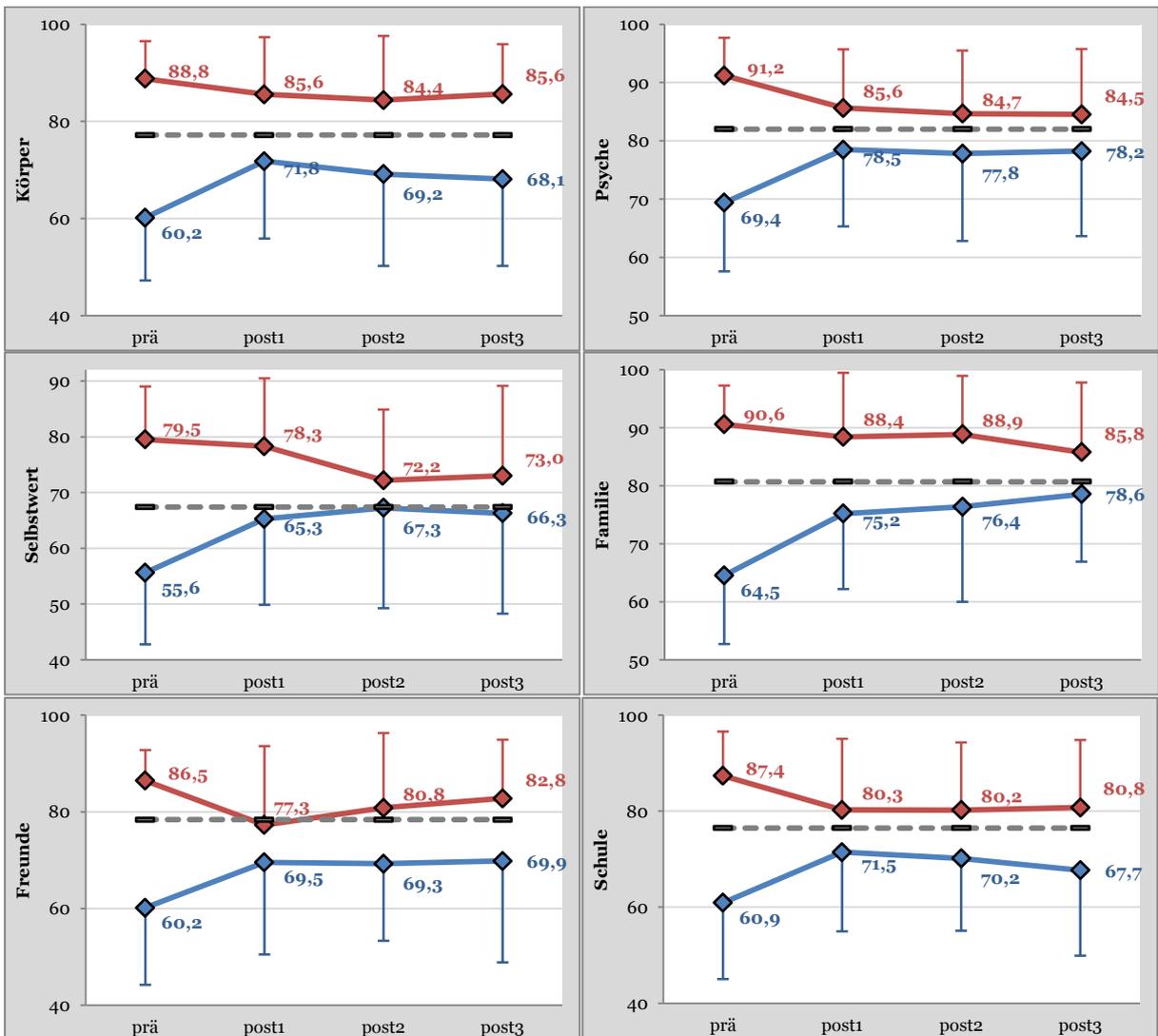


Abb. 87: Entwicklung der KINDL®-Subskalenwerte bei Leukämie- und Lymphompatienten mit **niedrigem** vs. **normalem/hohem** Ausgangsniveau in Relation zur Norm

HT	KG trocken	KG Wasser	Hippo	Einzeltherapie	Gruppentherapie	Σ Therapie-EH
prä vs. post1						
Gesamtskalenwert	0,023	0,062	0,143	0,143	-0,263 *	0,008
Körper	-0,030	0,018	-0,028	-0,033	-0,098	-0,032
Psyche	0,059	0,086	-0,043	0,060	-0,125	-0,083
Selbstwert	-0,044	-0,005	0,173	0,046	-0,142	-0,006
Familie	-0,055	-0,003	0,072	0,021	0,224	0,320 *
Freunde	-0,035	0,102	0,178	0,109	-0,242	0,0
Schule	-0,013	0,208	0,187	0,220	-0,246	-0,009
prä vs. post2						
Gesamtskalenwert	0,094	0,106	0,247	0,208	-0,069	0,106
Körper	0,151	0,041	0,160	0,130	-0,109	0,037
Psyche	-0,011	0,136	0,026	0,065	-0,056	-0,046
Selbstwert	-0,027	-0,126	0,164	0,075	-0,077	-0,108
Familie	0,010	-0,082	-0,076	-0,064	0,220	0,183
Freunde	-0,161	-0,066	0,124	0,093	0,108	0,165
Schule	0,150	0,064	0,152	0,232	-0,065	0,035
prä vs. post3						
Gesamtskalenwert	0,079	-0,015	0,113	0,110	-0,063	0,117
Körper	0,170	-0,045	0,072	0,105	-0,159	-0,010
Psyche	0,184	0,222	0,104	0,197	-0,151	0,066
Selbstwert	0,043	-0,182	0,041	-0,028	-0,067	-0,081
Familie	0,268	0,035	0,018	0,151	0,159	0,429 **
Freunde	-0,119	-0,025	0,092	0,080	0,044	0,172
Schule	-0,055	0,049	-0,002	-0,009	-0,010	-0,038

Tab. 57: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen KINDL®-Skalenwerten und der Bewegungstherapie im Rahmen der stationären Rehabilitation bei Hirntumorpatienten

signifikante Korrelationen **fett** markiert, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

KWT	KG trocken	KG Wasser	Hippo	Einzeltherapie	Gruppentherapie	Σ Therapie-EH
prä vs. post1						
Gesamtskalenwert	0,306	0,442 **	0,239	0,427 **	-0,074	0,364 *
Körper	-0,038	0,098	0,160	0,073	-0,172	-0,053
Psyche	0,322	0,135	0,054	0,276	-0,071	0,175
Selbstwert	0,208	0,387 *	0,414 *	0,470 *	0,057	0,526 **
Familie	0,216	0,055	-0,123	0,039	0,043	0,034
Freunde	0,163	0,607 **	0,192	0,422 *	-0,038	0,385 *
Schule	-0,125	0,183	-0,257	-0,099	0,077	-0,010
prä vs. post2						
Gesamtskalenwert	0,343	0,150	0,122	0,267	-0,215	0,113
Körper	0,230	0,050	0,362	0,273	-0,424 *	0,007
Psyche	0,329	0,204	0,076	0,287	0,117	0,352
Selbstwert	0,171	0,116	0,155	0,176	-0,182	0,029
Familie	0,225	-0,094	-0,060	-0,006	-0,038	-0,018
Freunde	0,434 *	0,121	0,177	0,263	-0,197	0,091
Schule	-0,359	-0,231	-0,074	-0,223	0,069	-0,119
prä vs. post3						
Gesamtskalenwert	0,428 *	0,306	-0,079	0,216	-0,379	-0,012
Körper	0,254	0,249	-0,029	0,179	-0,356	-0,062
Psyche	0,526 **	0,006	-0,047	0,180	-0,226	0,029
Selbstwert	0,210	0,167	0,050	0,119	0,002	0,123
Familie	-0,054	0,155	0,020	-0,020	-0,061	-0,067
Freunde	0,370	0,344	0,063	0,289	-0,183	0,146
Schule	0,074	0,131	-0,205	-0,108	0,216	0,065

Tab. 58: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen KINDL®-Skalenwerten und der Bewegungstherapie im Rahmen der stationären Rehabilitation bei Knochtumor- und Weichteilsarkompatienten

signifikante Korrelationen **fett** markiert, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

LL	KG trocken	KG Wasser	Hippo	Einzeltherapie	Gruppentherapie	Σ Therapie-EH
prä vs. post1						
Gesamtskalenwert	0,051	0,132	0,167	0,127	-0,098	0,055
Körper	0,096	0,151	0,024	0,052	-0,121	-0,010
Psyche	-0,002	0,088	0,165	0,099	-0,011	0,069
Selbstwert	-0,075	-0,050	0,061	0,010	0,050	0,070
Familie	-0,104	-0,033	0,020	-0,013	0,025	0,010
Freunde	0,131	0,101	-0,016	0,056	-0,116	-0,012
Schule	-0,029	0,192	0,075	0,052	-0,073	-0,027
prä vs. post2						
Gesamtskalenwert	0,068	-0,013	0,135	0,078	-0,040	0,006
Körper	0,140	0,170	0,170	0,160	-0,140	0,0
Psyche	-0,050	-0,014	0,088	0,010	0,014	-0,003
Selbstwert	-0,60	-0,045	0,031	-0,029	-0,080	-0,169
Familie	-0,075	-0,087	0,044	-0,017	0,149	0,086
Freunde	0,063	-0,076	0,079	0,056	-0,078	-0,039
Schule	0,063	-0,044	0,142	0,057	0,016	0,066
prä vs. post3						
Gesamtskalenwert	-0,027	-0,202 *	0,044	-0,041	0,111	0,089
Körper	0,137	0,161	0,056	0,122	-0,111	0,009
Psyche	-0,074	-0,123	0,018	-0,065	0,063	0,009
Selbstwert	-0,068	-0,206 *	0,019	-0,055	0,138	0,087
Familie	-0,166	-0,243 *	-0,007	-0,127	0,235 *	0,151
Freunde	-0,067	-0,143	-0,022	-0,085	-0,017	-0,033
Schule	-0,077	-0,176	0,125	-0,069	0,102	0,032

Tab. 59: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen KINDL®-Skalenwerten und der Bewegungstherapie im Rahmen der stationären Rehabilitation bei Leukämie- und Lymphompatienten

signifikante Korrelationen **fett** markiert, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Zeitlicher Ablauf des Projekts	7
Abb. 2: Übersicht Patientenrekrutierung	8
Abb. 3: Stichprobenverteilung nach Diagnose	9
Abb. 4: Altersverteilung der Patientenstichprobe	10
Abb. 5: Zeitdauer zwischen Erstdiagnose und Rehabilitationsmaßnahme.....	11
Abb. 6: Verteilung individueller alters- und geschlechtsentsprechender BMI-Werte	12
Abb. 7: Verteilung normaler, auffälliger und sehr auffälliger BMI-Werte (SDS _{LMS}) entsprechend der AGA Leitlinien	13
Abb. 8: Studiendesign.....	15
Abb. 9: Anzahl der bewegungstherapeutischen Verordnungen.....	16
Abb. 10: Anteil von Stand- und Schwungphasen innerhalb eines Gangzyklus.....	18
Abb. 11: Videobasierte Ganganalyse	19
Abb. 12: Druckverteilungsmessung	19
Abb. 13: Darstellung des Verlaufs des Kraftangriffspunkts während des Einbeinstands	21
Abb. 14: Positionierung des Aktivitätsmonitors (SAM) oberhalb des Sprunggelenks	22
Abb. 15: Effektstärkenberechnung nach Batterham & Hopkins (39).....	25
Abb. 16: Vergleich der Unterphasen des Gangzyklus zwischen Eingangs- und Abschlussmessung	27
Abb. 17: Vergleich der Symmetrie in den Unterphasen des Gangzyklus zwischen Eingangs- und Abschlussmessung.....	28
Abb. 18: Vergleich der Schrittlänge und des maximalen Kniebeugewinkels zwischen Eingangs- und Abschlussmessung	28
Abb. 19: Vergleich der Symmetrie von Schrittlänge und maximalem Kniebeugewinkel zwischen Eingangs- und Abschlussmessung	29
Abb. 20: Maske mit vier Fußregionen	30
Abb. 21: Absoluter Symmetrie-Index (ASI) des gesamten Fußes im prä-post-Vergleich	31
Abb. 22: Veränderung von Standdauer und Schwankung im Einbeinstand zwischen Eingangs- und Abschlussmessung.....	32
Abb. 23: Seitendifferenzen des Kraftmaximums differenziert nach Hauptdiagnosegruppe	34
Abb. 24: Vergleich der Seitendifferenzen des gesamten Fußes in der Eingangsmessung zwischen den Hauptdiagnosegruppen.....	35
Abb. 25: Vergleich der Parameter der Druckverteilungsmessung zwischen betroffener und nicht betroffener Extremität zu Beginn der Rehabilitation in den vier Fußregionen bei Patienten mit Knochentumoren und Weichteilsarkomen im Bereich der unteren Extremität (n=27).....	41
Abb. 26: Veränderung der Parameter der Druckverteilungsmessung zwischen Eingangs- und Abschlussmessung in den vier Fußregionen bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten mit Tumoren im Bereich der unteren Extremität	42
Abb. 27: Vergleich der Gleichgewichtsfähigkeit bei Patienten mit Knochentumoren und Weichteilsarkomen der unteren Extremität zwischen Eingangs- und Abschlussmessung	43
Abb. 28: Aktivitätsumfang der gesamten Patientenstichprobe zu den vier Messzeitpunkten im Vergleich zu alters- und geschlechtsentsprechenden Normwerten (83).....	55
Abb. 29: Kadenz der gesamten Patientenstichprobe vor (prä) und direkt im Anschluss an die Rehabilitation (post1) im Vergleich zu altersentsprechenden Vergleichswertenwerten (78).....	56
Abb. 30: Vergleich des Zeitpunkts der Alltagsaktivitätserfassung: Gruppe der Patienten, die vor (n=150) bzw. während der ersten Woche der Rehabilitation (n=47) gemessen wurde	57

Abb. 31: Vergleich der Alltagsaktivitäten im höheren Intensitätsbereich (Minuten mit >40GZ/min) im Vergleich zu Normwerten (24,0 Minuten pro Tag) (78)	57
Abb. 32: Unmittelbare Auswirkung der stationären Rehabilitation auf die Alltagsaktivität im prä-post1 – Vergleich (n=145, Fallausschluss Test für Test)	58
Abb. 33: Entwicklung der Alltagsaktivität der gesamten Stichprobe zwischen den Messzeitpunkten.....	62
Abb. 34: Entwicklung der Alltagsaktivität im höheren Intensitätsbereich (MVPA \geq 40GZ/min) in Relation zu aktuellen WHO-Empfehlungen (http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_young_people/en/)62	62
Abb. 35: Entwicklung der Alltagsaktivität der Stichprobe in hohen Intensitätsbereichen von \geq 40 GZ/min	63
Abb. 36: Entwicklung der Alltagsaktivität anhand der Schrittfrequenzmuster: die aktivsten zehn (links), 30 (Mitte) und 60 (rechts) Minuten des Tages.....	64
Abb. 37: Entwicklung der Alltagsaktivität anhand der höchsten Aktivität pro Zeiteinheit („Aktivitätsblöcke“) von zehn, 30 und 60 Minuten Dauer	64
Abb. 38: Entwicklung der Alltagsaktivität differenziert nach Hauptdiagnosegruppe.....	66
Abb. 39: Entwicklung der Alltagsaktivität im höheren Intensitätsbereich (MVPA) zu den Messzeitpunkten differenziert nach Hauptdiagnosegruppe	67
Abb. 40: Entwicklung der Alltagsaktivität (Gangzyklen pro Tag) der Follow-up Messungen im Vergleich zur Eingangsmessung differenziert nach Hauptdiagnosegruppe	69
Abb. 41: Entwicklung der Alltagsaktivität (MVPA) der Follow-up Messungen im Vergleich zur Eingangsmessung differenziert nach Hauptdiagnosegruppe	69
Abb. 42: Entwicklung der Alltagsaktivität bei Patienten mit niedrigem Alltagsaktivitäts-Ausgangsniveau.....	72
Abb. 43: Entwicklung der Alltagsaktivität im Bereich moderater bis anstrengender körperlicher Aktivitäten (MVPA, >40 Gangzyklen pro Minute) bei Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau differenziert nach Diagnosegruppe	74
Abb. 44: Entwicklung der Alltagsaktivität der Hirntumorpatienten im Messzeitraum im Vergleich zur Referenzstichprobe	77
Abb. 45: Entwicklung der Alltagsaktivität der Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten im Messzeitraum im Vergleich zur Referenzstichprobe	78
Abb. 46: Entwicklung der Alltagsaktivität der Leukämie- und Lymphompatienten im Messzeitraum im Vergleich zur Referenzstichprobe.....	78
Abb. 47: Darstellung der Inaktivitätszeiten zu den vier Messzeitpunkten in Relation zu den Referenzwerten	79
Abb. 48: Aktivitätsdauer in höheren Intensitätsbereichen im Vergleich zu den Referenzwerten (78)	80
Abb. 49: Zusammenhang zwischen der Alltagsaktivität und dem Alter der Patienten	81
Abb. 50: Unmittelbare Auswirkung der stationären Rehabilitationsmaßnahme auf die HRQoL	101
Abb. 51: Entwicklung des KINDL®-Gesamtskalenwerts zwischen den Messzeitpunkten	103
Abb. 52: KINDL®-Gesamtskalenwert zu den vier Messzeitpunkten differenziert nach Hauptdiagnosegruppe ..	105
Abb. 53: Entwicklung der KINDL®-Skalenwerte zwischen den Messzeitpunkten bei Kindern und Jugendlichen mit niedrigem HRQoL-Ausgangsniveau.....	109
Abb. 54: Entwicklung der KINDL®-Skalenwerte zwischen den Messzeitpunkten bei <i>Hirntumorpatienten</i> mit niedrigem HRQoL-Ausgangsniveau	111
Abb. 55: Größe der Effekte der Rehabilitationsmaßnahme auf die Entwicklung der HRQoL bei <i>Hirntumorpatienten</i> mit niedrigem Ausgangsniveau	112
Abb. 56: Entwicklung der KINDL®-Skalenwerte zwischen den Messzeitpunkten bei <i>Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten</i> mit niedrigem HRQoL-Ausgangsniveau	113
Abb. 57: Größe der Effekte der Rehabilitationsmaßnahme auf die Entwicklung der HRQoL bei <i>Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten</i> mit niedrigem Ausgangsniveau	113

Abb. 58: Entwicklung der KINDL®-Skalenwerte zwischen den Messzeitpunkten bei <i>Leukämie- und Lymphompatienten</i> mit niedrigem HRQoL-Ausgangsniveau.....	114
Abb. 59: Größe der Effekte der Rehabilitationsmaßnahme auf die Entwicklung der HRQoL bei <i>Leukämie- und Lymphompatienten</i> mit niedrigem Ausgangsniveau.....	115
Abb. 60: Vergleich des KINDL®-Gesamtskalenwerts zwischen den Patienten und der Normstichprobe (37)	116
Abb. 61: Vergleich des KINDL®-Gesamtskalenwerts zwischen Hirntumorpatienten und der Normstichprobe (37)	119
Abb. 62: Vergleich des KINDL®-Gesamtskalenwerts zwischen Knochen-/Weichteiltumorpatienten und der Normstichprobe (37)	119
Abb. 63: Vergleich des KINDL®-Gesamtskalenwerts zwischen Leukämie-/Lymphompatienten und der Normstichprobe (37)	120
Abb. 64: Unterschiede in der HRQoL zwischen Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau und der Normstichprobe.....	121
Abb. 65: Zusammenhang zwischen der Lebensqualität und dem Alter	125
Abb. 66: Zusammenhang zwischen der Lebensqualität und dem BMI	126
Abb. 67: Einfluss des Zeitraums zwischen Therapieende und Beginn der Rehabilitation auf die HRQoL	126
Abb. 68: Einfluss der Dauer der Akuttherapie auf die HRQoL.....	127
Abb. 69: Laterale Bildreihe der klinischen Ganganalyse aus der post1-Messung (erste Rehabilitation).....	144
Abb. 70: Grafischer Vergleich der Ganganalyse zwischen erster (post1, oben) und zweiter (post2, unten) stationären Rehabilitation.....	145
Abb. 71: Kontaktfläche (cm ²) des gesamten Fußes (oben) und der vier Fußregionen (unten).....	148
Abb. 72: Kraft-Zeit-Integral (N*s) des gesamten Fußes (oben) und der vier Fußregionen (unten)	149
Abb. 73: Ergebnisse des Einbeinstands im zweiten Reha-Aufenthalt.....	150
Abb. 74: Entwicklung der Alltagsaktivität (Gangzyklen pro Tag und MVPA) im Fallbeispiel 1	151
Abb. 75: Entwicklung der Alltagsaktivität in hohen Intensitätsbereichen im Fallbeispiel 1	152
Abb. 76: Entwicklung der HRQoL (Gesamtskalenwert) und der Subskalen im Fallbeispiel 1	153
Abb. 77: Kontaktfläche (cm ²) des gesamten Fußes und der vier Fußregionen	156
Abb. 78: Kraft-Zeit-Integral (FTI, N*s) des gesamten Fußes und der vier Fußregionen	157
Abb. 79: Entwicklung der Alltagsaktivität (Gangzyklen pro Tag und MVPA) im Fallbeispiel 2	158
Abb. 80: Entwicklung der Alltagsaktivität in hohen Intensitätsbereichen im Fallbeispiel 2.....	158
Abb. 81: Entwicklung der HRQoL (Gesamtskalenwert) und der Subskalen im Fallbeispiel 2	159
Abb. 82: Entwicklung des KINDL®-Gesamtskalenwertes zu den vier Messzeitpunkten bei Hirntumorpatienten mit niedrigem vs. normalem/hohem Ausgangsniveau in Relation zur Norm	166
Abb. 83: Entwicklung der KINDL®-Subskalenwerte bei <i>Hirntumorpatienten</i> mit niedrigem vs. normalem/hohem Ausgangsniveau in Relation zur Norm.....	166
Abb. 84: Entwicklung des KINDL®-Gesamtskalenwertes zu den vier Messzeitpunkten bei Knochen-/Weichteiltumorpatienten mit niedrigem vs. normalem/hohem Ausgangsniveau in Relation zur Norm ..	167
Abb. 85: Entwicklung der KINDL®-Subskalenwerte bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten mit niedrigem vs. normalem/hohem Ausgangsniveau in Relation zur Norm.....	167
Abb. 86: Entwicklung des KINDL®-Gesamtskalenwertes zu den vier Messzeitpunkten bei Leukämie- und Lymphompatienten mit niedrigem vs. normalem/hohem Ausgangsniveau in Relation zur Norm	168
Abb. 87: Entwicklung der KINDL®-Subskalenwerte bei Leukämie- und Lymphompatienten mit niedrigem vs. normalem/hohem Ausgangsniveau in Relation zur Norm.....	168

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Beschreibung der Patienten mit Hirntumoren	13
Tab. 2: Beschreibung der Patienten mit Knochentumoren oder Weichteilsarkomen	14
Tab. 3: Beschreibung der Patienten mit Leukämien oder Lymphome	14
Tab. 4: Richtlinien zur Einschätzung der Größe eines Effekts	25
Tab. 5: Zusammenfassung der Ergebnisse der Druckverteilungsmessung zur Eingangs- und Abschlussmessung	30
Tab. 6: Absoluter Symmetrie-Index (ASI) in den vier Fußregionen zur Eingangs- und Abschlussmessung	31
Tab. 7: Ergebnisse der klinischen Ganganalyse bei Hirntumorpatienten mit niedrigem Ausgangsniveau im Einbeinstand	37
Tab. 8: Veränderung der Seitendifferenzen in der klinischen Ganganalyse bei Hirntumorpatienten mit niedrigem Ausgangsniveau im Einbeinstand	38
Tab. 9: Veränderung der Gangparameter der betroffenen Extremität in der klinischen Ganganalyse bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten (untere Extremität, n=29)	39
Tab. 10: Vergleich der Parameter der Druckverteilungsmessung zwischen betroffener und nicht betroffener Extremität zu Beginn der Rehabilitation bei Patienten mit Knochentumoren und Weichteilsarkomen im Bereich der unteren Extremität (n=27)	41
Tab. 11: Vergleich von Patienten mit und ohne Unterarmgehstützen (UAGST): Veränderung der Variablen der Druckverteilungsmessung zwischen Eingangs- und Abschlussmessung	43
Tab. 12: Unmittelbare Auswirkung der stationären Rehabilitation auf weitere Alltagsaktivitätsparameter im prä-post1 Vergleich (n=145, Fallausschluss Test für Test)	59
Tab. 13: Unmittelbare Auswirkung der stationären Rehabilitation auf die Aktivitätsdauer in höheren Intensitätsbereichen prä-post1 Vergleich (n=145, Fallausschluss Test für Test)	59
Tab. 14: Unmittelbare Auswirkung der stationären Rehabilitation auf die Alltagsaktivität (<i>peak cadence</i> , obere Hälfte) und <i>Aktivitätsblöcke</i> , unten)	60
Tab. 15: Entwicklung der Alltagsaktivität der gesamten Stichprobe zu den vier Messzeitpunkten.....	61
Tab. 16: Entwicklung der Alltagsaktivität in höheren Intensitätsbereichen.....	61
Tab. 17: Inferenzstatistischen Analyse und Effektgrößen der Alltagsaktivitätsvariablen zwischen den Messzeitpunkten	65
Tab. 18: Unmittelbare Auswirkungen der stationären Rehabilitation auf die Umfangsvariablen der Alltagsaktivität differenziert nach Hauptdiagnosegruppen im prä-post1-Vergleich.....	68
Tab. 19: Zusammenfassung der Effektgrößen (Cohen's <i>d</i>) der Rehabilitation auf wesentliche Alltagsaktivitätsparameter im gesamten Untersuchungszeitraum	70
Tab. 20: Beschreibung der Patienten mit initial niedrigem Aktivitätsniveau differenziert nach Diagnosegruppe	72
Tab. 21: Zusammenfassung der Effektgrößen (Cohen's <i>d</i>) der Rehabilitation auf Umfangsvariablen der Alltagsaktivität bei Patienten (n=36) mit niedrigem Alltagsaktivitäts-Ausgangsniveau	73
Tab. 22: Inferenzstatistischen Analyse und Effektgrößen der Alltagsaktivitätsvariablen zwischen den Messzeitpunkten bei Patienten mit eingangs niedrigem Aktivitätsniveau	75
Tab. 23: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Alltagsaktivität im prä-post1-Vergleich (Bewegungsumfang) und der Bewegungstherapie im Rahmen der stationären Rehabilitation	83
Tab. 24: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Alltagsaktivität im prä-post1-Vergleich (Bewegungsintensität) und der Bewegungstherapie im Rahmen der stationären Rehabilitation	83
Tab. 25: Ergebnisse zur HRQoL vor Beginn der Rehabilitationsmaßnahme	97

Tab. 26: Ergebnisse zur HRQoL direkt nach Abschluss Rehabilitationsmaßnahme	99
Tab. 27: Ergebnisse zur HRQoL sechs Monate nach Abschluss der Rehabilitationsmaßnahme.....	99
Tab. 28: Ergebnisse zur HRQoL zwölf Monate nach Abschluss der Rehabilitationsmaßnahme	99
Tab. 29: Unmittelbare Effekte der stationären Rehabilitationsmaßnahme auf die HRQoL: prä-post1 – Vergleich	101
Tab. 30: Nachhaltige Effekte der stationären Rehabilitationsmaßnahme auf den KINDL®-Gesamtskalenwert .	102
Tab. 31: Nachhaltige Effekte der stationären Rehabilitationsmaßnahme auf die KINDL®-Subskalen.....	104
Tab. 32: HRQoL-Ergebnisse der Hirntumorpatienten in den KINDL®-Subskalen zu den vier Messzeitpunkten	106
Tab. 33: HRQoL-Ergebnisse der Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten in den KINDL®-Subskalen zu den vier Messzeitpunkten.....	107
Tab. 34: HRQoL-Ergebnisse der Leukämie- und Lymphompatienten in den KINDL®-Subskalen zu den vier Messzeitpunkten	107
Tab. 35: Zusammenfassung der Effektgrößen der Rehabilitation auf die HRQoL.....	108
Tab. 36: Entwicklung der KINDL®-Skalenwerte zwischen den Messzeitpunkten bei Kindern und Jugendlichen mit niedrigem HRQoL-Ausgangsniveau.....	110
Tab. 37: Vergleich der KINDL®-Skalenwerte der Eingangsmessung (prä) zwischen Patienten und Normstichprobe.....	116
Tab. 38: Vergleich der KINDL®-Skalenwerte direkt nach Abschluss der Rehabilitationsmaßnahme (post1) zwischen Patienten und Normstichprobe (37)	117
Tab. 39: Vergleich der KINDL®-Skalenwerte sechs Monate nach Abschluss der Rehabilitationsmaßnahme (post2) zwischen Patienten und Normstichprobe (37)	117
Tab. 40: Vergleich der KINDL®-Skalenwerte zwölf Monate nach Abschluss der Rehabilitationsmaßnahme (post2) zwischen Patienten und Normstichprobe (37)	118
Tab. 41: Entwicklung der Lebensqualität bei Patienten mit niedrigem Ausgangsniveau in Relation zur Normstichprobe.....	122
Tab. 42: Entwicklung der Lebensqualität bei Hirntumorpatienten mit niedrigem Ausgangsniveau in Relation zur Normstichprobe.....	122
Tab. 43: Entwicklung der Lebensqualität bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten mit niedrigem Ausgangsniveau in Relation zur Normstichprobe.....	123
Tab. 44: Entwicklung der Lebensqualität bei Leukämie- und Lymphompatienten mit niedrigem Ausgangsniveau in Relation zur Normstichprobe.....	124
Tab. 45: Spearman-Korrelationskoeffizienten zwischen dem KINDL®-Gesamtscore und Patientencharakteristiken sowie den Variablen Zeitspanne seit Ende der Akuttherapie, Dauer der Akuttherapie und Summe der bewegungstherapeutischen Einheiten	128
Tab. 46: Ergebnisse der Ganganalyse im Fallbeispiel 1	146
Tab. 47: Absoluter Symmetrie-Index der fünf Gangparameter im Fallbeispiel 1	147
Tab. 48: Ergebnisse der Ganganalyse im Fallbeispiel 2	154
Tab. 49: Absoluter Symmetrie-Index der fünf Gangparameter im Fallbeispiel 2	155
Tab. 50: Ergebnisse des Einbeinstands	155
Tab. 51: Entwicklung der KINDL®-Skalenwerte bei <i>Hirntumorpatienten</i> mit niedrigem Lebensqualitäts-Ausgangsniveau	160
Tab. 52: Entwicklung der KINDL®-Skalenwerte bei <i>Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten</i> mit niedrigem Lebensqualitäts-Ausgangsniveau.....	161

Tab. 53: Entwicklung der KINDL®-Skalenwerte bei <i>Leukämie- und Lymphompatienten</i> mit niedrigem Lebensqualitäts-Ausgangsniveau.....	162
Tab. 54: KINDL®-Skalenwerte der <i>Hirntumorpatienten</i> zu den vier Messzeitpunkten in Relation zu alters- und geschlechtsspezifischen Normdaten	163
Tab. 55: KINDL®-Skalenwerte der <i>Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten</i> zu den vier Messzeitpunkten in Relation zu alters- und geschlechtsspezifischen Normdaten	164
Tab. 56: KINDL®-Skalenwerte der <i>Leukämie- und Lymphompatienten</i> zu den vier Messzeitpunkten in Relation zu alters- und geschlechtsspezifischen Normdaten	165
Tab. 57: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen KINDL®-Skalenwerten und der Bewegungstherapie im Rahmen der stationären Rehabilitation bei Hirntumorpatienten.....	169
Tab. 58: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen KINDL®-Skalenwerten und der Bewegungstherapie im Rahmen der stationären Rehabilitation bei Knochentumor- und Weichteilsarkompatienten	170
Tab. 59: Korrelationskoeffizienten für den Zusammenhang zwischen KINDL®-Skalenwerten und der Bewegungstherapie im Rahmen der stationären Rehabilitation bei Leukämie- und Lymphompatienten..	171

Literaturverzeichnis

- 1 Adams MA, Johnson WD, Tudor-Locke C. Steps/day translation of the moderate-to-vigorous physical activity guideline for children and adolescents. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2013;10:49-5868-10-49
- 2 Aibar A, Bois JE, Zaragoza J, Generelo E, Julian JA, Paillard T. Do epoch lengths affect adolescents' compliance with physical activity guidelines? *J Sports Med Phys Fitness.* 2014;54(3):326-334
- 3 Atkinson G, Pugh C, Scott MA. Exploring data distribution prior to analysis: benefits and pitfalls. *Int J Sports Med.* 2010;31(12):841-842
- 4 Aznar S, Webster AL, San Juan AF, et al. Physical activity during treatment in children with leukemia: a pilot study. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2006;31(4):407-413
- 5 Bailey RC, Olson J, Pepper SL, Porszasz J, Barstow TJ, Cooper DM. The level and tempo of children's physical activities: an observational study. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27(7):1033-1041
- 6 Barreira TV, Katzmarzyk PT, Johnson WD, Tudor-Locke C. Walking cadence and cardiovascular risk in children and adolescents: NHANES, 2005-2006. *Am J Prev Med.* 2013;45(6):e27-34
- 7 Barreira TV, Katzmarzyk PT, Johnson WD, Tudor-Locke C. Cadence patterns and peak cadence in US children and adolescents: NHANES, 2005-2006. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(9):1721-1727
- 8 Batterham AM, Hopkins WG. Making meaningful inferences about magnitudes. *Int J Sports Physiol Perform.* 2006;1(1):50-57
- 9 Baumann FT, Bloch W, Beulertz J. Clinical exercise interventions in pediatric oncology: a systematic review. *Pediatr Res.* 2013;74(4):366-374
- 10 Beebe K, Song KJ, Ross E, Tuy B, Patterson F, Benevenia J. Functional outcomes after limb-salvage surgery and endoprosthetic reconstruction with an expandable prosthesis: a report of 4 cases. *Arch Phys Med Rehabil.* 2009;90(6):1039-1047
- 11 Benedetti MG, Bonato P, Catani F, et al. Myoelectric activation pattern during gait in total knee replacement: relationship with kinematics, kinetics, and clinical outcome. *IEEE Trans Rehabil Eng.* 1999;7(2):140-149
- 12 Benedetti MG, Bonatti E, Malfitano C, Donati D. Comparison of allograft-prosthetic composite reconstruction and modular prosthetic replacement in proximal femur bone tumors: functional assessment by gait analysis in 20 patients. *Acta Orthop.* 2013;84(2):218-223
- 13 Beulertz J, Bloch W, Prokop A, Baumann FT. Specific deficit analyses in motor performance and quality of life of pediatric cancer patients--a cross-sectional pilot study. *Pediatr Hematol Oncol.* 2013;30(4):336-347
- 14 Bjornson KF, Song K, Zhou C, Coleman K, Myaing M, Robinson SL. Walking stride rate patterns in children and youth. *Pediatr Phys Ther.* 2011;23(4):354-363

- 15 Blaauwbroek R, Bouma MJ, Tuinier W, et al. The effect of exercise counselling with feedback from a pedometer on fatigue in adult survivors of childhood cancer: a pilot study. *Support Care Cancer*. 2009;17(8):1041-1048
- 16 Blaauwbroek R, Stant AD, Groenier KH, Kamps WA, Meyboom B, Postma A. Health-related quality of life and adverse late effects in adult (very) long-term childhood cancer survivors. *Eur J Cancer*. 2007;43(1):122-130
- 17 Blischke K. Entwicklung der Fortbewegung. In: Schott N, Munzert J, eds. *Motorische Entwicklung*. 1st ed. Göttingen: Hogrefe; 2010:69-88
- 18 Blischke K. Entwicklung der Haltungskontrolle. In: Schott N, Munzert J, eds. *Motorische Entwicklung*. 1.th ed. Göttingen: Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG; 2010:30-68
- 19 Bosch K, Rosenbaum D. Gait symmetry improves in childhood--a 4-year follow-up of foot loading data. *Gait Posture*. 2010;32(4):464-468
- 20 Braam KI, van der Torre P, Takken T, Veening MA, van Dulmen-den Broeder E, Kaspers GJ. Physical exercise training interventions for children and young adults during and after treatment for childhood cancer. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013;4:CD008796
- 21 Breetvelt IS, Van Dam FS. Underreporting by cancer patients: the case of response-shift. *Soc Sci Med*. 1991;32(9):981-987
- 22 Breniere Y, Bril B. Development of postural control of gravity forces in children during the first 5 years of walking. *Exp Brain Res*. 1998;121(3):255-262
- 23 Brinkman TM, Li Z, Neglia JP, et al. Restricted access to the environment and quality of life in adult survivors of childhood brain tumors. *J Neurooncol*. 2013;111(2):195-203
- 24 Bullinger M, Brutt AL, Erhart M, Ravens-Sieberer U, BELLA Study Group. Psychometric properties of the KINDL-R questionnaire: results of the BELLA study. *Eur Child Adolesc Psychiatry*. 2008;17 Suppl 1:125-132
- 25 Bullinger M, Schmidt S, Petersen C, Erhart M, Ravens-Sieberer U. Methodological challenges and potentials of health-related quality of life evaluation in children with chronic health conditions under medical health care. *Med Klin (Munich)*. 2007;102(9):734-745
- 26 Calaminus G, Kiebert G. Studies on health-related quality of life in childhood cancer in the European setting: an overview. *Int J Cancer Suppl*. 1999;12:83-86
- 27 Calaminus G, Weinspach S, Teske C, Gobel U. Quality of survival in children and adolescents after treatment for childhood cancer: the influence of reported late effects on health related quality of life. *Klin Padiatr*. 2007;219(3):152-157
- 28 Carty CP, Bennett MB, Dickinson IC, Steadman P. Assessment of kinematic and kinetic patterns following limb salvage procedures for bone sarcoma. *Gait Posture*. 2009;30(4):547-551
- 29 Carty CP, Dickinson IC, Watts MC, Crawford RW, Steadman P. Impairment and disability following limb salvage procedures for bone sarcoma. *Knee*. 2009;16(5):405-408

- 30 Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep.* 1985;100(2):126-131
- 31 Chester VL, Calhoun M. Gait symmetry in children with autism. *Autism Res Treat.* 2012;2012:576478
- 32 Cohen J. A power primer. *Psychol Bull.* 1992;112(1):155-159
- 33 Condon C, Cremin K. Static balance norms in children. *Physiother Res Int.* 2014;19(1):1-7
- 34 Copay AG, Subach BR, Glassman SD, Polly DW, Jr, Schuler TC. Understanding the minimum clinically important difference: a review of concepts and methods. *Spine J.* 2007;7(5):541-546
- 35 Craig CL, Cameron C, Tudor-Locke C. CANPLAY pedometer normative reference data for 21,271 children and 12,956 adolescents. *Med Sci Sports Exerc.* 2013;45(1):123-129
- 36 De Clercq B, De Fruyt F, Koot HM, Benoit Y. Quality of life in children surviving cancer: a personality and multi-informant perspective. *J Pediatr Psychol.* 2004;29(8):579-590
- 37 de Visser E, Deckers JA, Veth RP, Schreuder HW, Mulder TW, Duysens J. Deterioration of balance control after limb-saving surgery. *Am J Phys Med Rehabil.* 2001;80(5):358-365
- 38 De Visser E, Mulder T, Schreuder HW, Veth RP, Duysens J. Gait and electromyographic analysis of patients recovering after limb-saving surgery. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2000;15(8):592-599
- 39 de Visser E, Pauwels J, Duysens JE, Mulder T, Veth RP. Gait adaptations during walking under visual and cognitive constraints: a study of patients recovering from limb-saving surgery of the lower limb. *Am J Phys Med Rehabil.* 1998;77(6):503-509
- 40 de Visser E, Veth RP, Schreuder HW, Duysens J, Mulder T. Reorganization of gait after limb-saving surgery of the lower limb. *Am J Phys Med Rehabil.* 2003;82(11):825-831
- 41 Dixon PC, Bowtell MV, Stebbins J. The use of regression and normalisation for the comparison of spatio-temporal gait data in children. *Gait Posture.* 2014
- 42 Dusing SC, Thorpe DE. A normative sample of temporal and spatial gait parameters in children using the GAITRite electronic walkway. *Gait Posture.* 2007;25(1):135-139
- 43 Eiser C. Assessment of health-related quality of life after bone cancer in young people: easier said than done. *Eur J Cancer.* 2009;45(10):1744-1747
- 44 Eiser C, Eiser JR, Stride CB. Quality of life in children newly diagnosed with cancer and their mothers. *Health Qual Life Outcomes.* 2005;3:29
- 45 Eiser C, Hill JJ, Vance YH. Examining the psychological consequences of surviving childhood cancer: systematic review as a research method in pediatric psychology. *J Pediatr Psychol.* 2000;25(6):449-460
- 46 Fiorillo A, Rinaldi M, Foggia L. Gait analysis in children treated by surgery followed by adjuvant therapy for posterior fossa tumors. *Acta Neurol Belg.* 2010;110(4):306-310

- 47 Gabrys L, Thiel C, Tallner A, et al. Akzelerometrie zur Erfassung körperlicher Aktivität: Empfehlungen zur Methodik. *Sportwissenschaft*. Eingereicht zur Publikation
- 48 Gardner AW, Parker DE, Krishnan S, Chalmers LJ. Metabolic syndrome and daily ambulation in children, adolescents, and young adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2013;45(1):163-169
- 49 Gerber LH, Hoffman K, Chaudhry U, et al. Functional outcomes and life satisfaction in long-term survivors of pediatric sarcomas. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;87(12):1611-1617
- 50 Geyer R, Lyons A, Amazeen L, Alishio L, Cooks L. Feasibility study: the effect of therapeutic yoga on quality of life in children hospitalized with cancer. *Pediatr Phys Ther*. 2011;23(4):375-379
- 51 Giakas G, Baltzopoulos V. Time and frequency domain analysis of ground reaction forces during walking: an investigation of variability and symmetry. *Gait & posture*. 1997;5(3):189-197
- 52 Gocha Marchese V, Chiarello LA, Lange BJ. Strength and functional mobility in children with acute lymphoblastic leukemia. *Med Pediatr Oncol*. 2003;40(4):230-232
- 53 Gohar SF, Comito M, Price J, Marchese V. Feasibility and parent satisfaction of a physical therapy intervention program for children with acute lymphoblastic leukemia in the first 6 months of medical treatment. *Pediatr Blood Cancer*. 2011;56(5):799-804
- 54 Gosheger G, Gebert C, Ahrens H, Streitbueger A, Winkelmann W, Hardes J. Endoprosthetic reconstruction in 250 patients with sarcoma. *Clin Orthop Relat Res*. 2006;450:164-171
- 55 Grant J, Cranston A, Horsman J, et al. Health status and health-related quality of life in adolescent survivors of cancer in childhood. *J Adolesc Health*. 2006;38(5):504-510
- 56 Graser SV, Pangrazi RP, Vincent WJ. Step It up: Activity Intensity Using Pedometers. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*. 2009;80(1):22-24
- 57 Hardes J, Henrichs MP, Gosheger G, et al. Endoprosthetic replacement after extra-articular resection of bone and soft-tissue tumours around the knee. *Bone Joint J*. 2013;95-B(10):1425-1431
- 58 Hartman A, Te Winkel ML, van Beek RD, et al. A randomized trial investigating an exercise program to prevent reduction of bone mineral density and impairment of motor performance during treatment for childhood acute lymphoblastic leukemia. *Pediatr Blood Cancer*. 2009
- 59 Hof A. Scaling gait data to body size. *Gait & Posture*. 1996;4(3):222-223
- 60 Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(1):3-13
- 61 Ilg W, Giese MA, Gizewski ER, Schoch B, Timmann D. The influence of focal cerebellar lesions on the control and adaptation of gait. *Brain*. 2008;131(Pt 11):2913-2927
- 62 Ilg W, Golla H, Thier P, Giese MA. Specific influences of cerebellar dysfunctions on gait. *Brain*. 2007;130(Pt 3):786-798
- 63 Ilg W, Timmann D. Gait ataxia--specific cerebellar influences and their rehabilitation. *Mov Disord*. 2013;28(11):1566-1575

- 64 Kawai A, Backus SI, Otis JC, Healey JH. Interrelationships of clinical outcome, length of resection, and energy cost of walking after prosthetic knee replacement following resection of a malignant tumor of the distal aspect of the femur. *J Bone Joint Surg Am.* 1998;80(6):822-831
- 65 Kawai A, Backus SI, Otis JC, Inoue H, Healey JH. Gait characteristics of patients after proximal femoral replacement for malignant bone tumour. *J Bone Joint Surg Br.* 2000;82(5):666-669
- 66 Kawai A, Miyakawa T, Senda M, et al. Gait characteristics after limb-sparing surgery with sciatic nerve resection: a report of two cases. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84-A(2):264-268
- 67 Keats MR, Culos-Reed SN. A community-based physical activity program for adolescents with cancer (project TREK): program feasibility and preliminary findings. *J Pediatr Hematol Oncol.* 2008;30(4):272-280
- 68 Konczak J, Schoch B, Dimitrova A, Gizewski E, Timmann D. Functional recovery of children and adolescents after cerebellar tumour resection. *Brain.* 2005;128(Pt 6):1428-1441
- 69 Krauth KA. Bewegung und Sport für Kinder und Jugendliche während und nach der Krebstherapie. In: Dimeo FC, ed. *Krebs und Sport.* 1. Auflage ed. Berlin: Weingärtner Verlag; 2006:159-186
- 70 Krauth KA. Bewegung, Spiel und Sport in der familienorientierten Rehabilitation krebskranker Kinder und Jugendlicher. *Bewegungstherapie und Gesundheitssport.* 2006;22(5):188-191
- 71 Kromeyer-Hauschild K, Wabitsch M, Kunze D, et al. Percentiles of body mass index in children and adolescents evaluated from different regional German studies. *Monatsschr Kinderheilkd.* 2001;149:807-818
- 72 Krug S, Jekauc D, Poethko-Muller C, Woll A, Schlaud M. Relationship between physical activity and health in children and adolescents. Results of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS) and the "Motorik-Modul" (MoMo). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz.* 2012;55(1):111-120
- 73 Langeveld NE, Grootenhuis MA, Voute PA, de Haan RJ, van den Bos C. Quality of life, self-esteem and worries in young adult survivors of childhood cancer. *Psychooncology.* 2004;13(12):867-881
- 74 Langeveld NE, Stam H, Grootenhuis MA, Last BF. Quality of life in young adult survivors of childhood cancer. *Support Care Cancer.* 2002;10(8):579-600
- 75 Levi RB, Drotar D. Health-related quality of life in childhood cancer: discrepancy in parent-child reports. *Int J Cancer Suppl.* 1999;12:58-64
- 76 Lipnowski S, Leblanc CM, Canadian Paediatric Society, Healthy Active Living and Sports Medicine Committee. Healthy active living: Physical activity guidelines for children and adolescents. *Paediatr Child Health.* 2012;17(4):209-212
- 77 Macedoni-Luksic M, Jereb B, Todorovski L. Long-term sequelae in children treated for brain tumors: impairments, disability, and handicap. *Pediatr Hematol Oncol.* 2003;20(2):89-101
- 78 Marchese VG, Chiarello LA, Lange BJ. Effects of physical therapy intervention for children with acute lymphoblastic leukemia. *Pediatr Blood Cancer.* 2004;42(2):127-133

- 79 Maunsell E, Pogany L, Barrera M, Shaw AK, Speechley KN. Quality of life among long-term adolescent and adult survivors of childhood cancer. *J Clin Oncol*. 2006;24(16):2527-2535
- 80 McDonald CM, Widman L, Abresch RT, Walsh SA, Walsh DD. Utility of a step activity monitor for the measurement of daily ambulatory activity in children. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(4):793-801
- 81 McDougall J, Tsonis M. Quality of life in survivors of childhood cancer: a systematic review of the literature (2001-2008). *Support Care Cancer*. 2009;17(10):1231-1246
- 82 Mindell JS, Coombs N, Stamatakis E. Measuring physical activity in children and adolescents for dietary surveys: practicalities, problems and pitfalls. *Proc Nutr Soc*. 2014;73(2):218-225
- 83 Morton SM, Bastian AJ. Mechanisms of cerebellar gait ataxia. *Cerebellum*. 2007;6(1):79-86
- 84 Morton SM, Bastian AJ. Relative contributions of balance and voluntary leg-coordination deficits to cerebellar gait ataxia. *J Neurophysiol*. 2003;89(4):1844-1856
- 85 Morton SM, Tseng YW, Zackowski KM, Daline JR, Bastian AJ. Longitudinal tracking of gait and balance impairments in cerebellar disease. *Mov Disord*. 2010;25(12):1944-1952
- 86 Moyer-Mileur LJ, Ransdell L, Bruggers CS. Fitness of children with standard-risk acute lymphoblastic leukemia during maintenance therapy: response to a home-based exercise and nutrition program. *J Pediatr Hematol Oncol*. 2009;31(4):259-266
- 87 Müller C, Winter C, Rosenbaum D. Current objective techniques for physical activity assessment in comparison with subjective methods. *Dtsch Z Sportmed*. 2010;61(1):11-18
- 88 Müller C, Winter CC, Mogwitz MS, Rosenbaum D. Validierung von neun Bewegungssensoren bei Kindern und jungen Erwachsenen. *Sportwissenschaft*. 2011;41:8-15
- 89 Müller C, Winter C, Boos J, et al. Effects of an Exercise Intervention on Bone Mass in Pediatric Bone Tumor Patients. *Int J Sports Med*. 2014
- 90 Ness KK, Gurney JG. Adverse late effects of childhood cancer and its treatment on health and performance. *Annu Rev Public Health*. 2007;28:279-302
- 91 Ness KK, Hudson MM, Ginsberg JP, et al. Physical performance limitations in the Childhood Cancer Survivor Study cohort. *J Clin Oncol*. 2009;27(14):2382-2389
- 92 Ness KK, Morris EB, Nolan VG, et al. Physical performance limitations among adult survivors of childhood brain tumors. *Cancer*. 2010;116(12):3034-3044
- 93 O'Leary TE, Diller L, Recklitis CJ. The effects of response bias on self-reported quality of life among childhood cancer survivors. *Qual Life Res*. 2007;16(7):1211-1220
- 94 Ochs BG, Simank HG, Kopp-Schneider A, Rupp R, Schablowski-Trautmann M. Gait analysis in limb-preserving tumour surgery--kinematic gait patterns after resection of malignant bone tumours near the knee joint. *Z Orthop Unfall*. 2007;145(6):763-771

- 95 Okita Y, Tatematsu N, Nagai K, et al. Compensation by nonoperated joints in the lower limbs during walking after endoprosthetic knee replacement following bone tumor resection. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2013;28(8):898-903
- 96 Otis JC, Lane JM, Kroll MA. Energy cost during gait in osteosarcoma patients after resection and knee replacement and after above-the-knee amputation. *J Bone Joint Surg Am*. 1985;67(4):606-611
- 97 Pate RR, Pratt M, Blair SN, et al. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA*. 1995;273(5):402-407
- 98 Pemberger S, Jagsch R, Frey E, et al. Quality of life in long-term childhood cancer survivors and the relation of late effects and subjective well-being. *Support Care Cancer*. 2005;13(1):49-56
- 99 Perry J. *Ganganalyse. Norm und Pathologie des Gehens*. 1. Auflage ed. München, Jena: Urban und Fischer Verlag; 2003
- 100 Piscione PJ, Bouffet E, Mabbott DJ, Shams I, Kulkarni AV. Physical functioning in pediatric survivors of childhood posterior fossa brain tumors. *Neuro Oncol*. 2014;16(1):147-155
- 101 Ravens-Sieberer U, Ellert U, Erhart M. Health-related quality of life of children and adolescents in Germany. Norm data from the German Health Interview and Examination Survey (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*. 2007;50(5-6):810-818
- 102 Redman-Bentley D, Wardell M. Commentary on "Walking stride rate patterns in children and youth". *Pediatr Phys Ther*. 2011;23(4):364
- 103 Riddoch CJ, Mattocks C, Deere K, et al. Objective measurement of levels and patterns of physical activity. *Arch Dis Child*. 2007;92(11):963-969
- 104 Rompen JC, Ham SJ, Halbertsma JP, van Horn JR. Gait and function in patients with a femoral endoprosthesis after tumor resection: 18 patients evaluated 12 years after surgery. *Acta Orthop Scand*. 2002;73(4):439-446
- 105 Rosenhagen A, Bernhorster M, Vogt L, et al. Implementation of structured physical activity in the pediatric stem cell transplantation. *Klin Padiatr*. 2011;223(3):147-151
- 106 Rowlands AV, Eston RG. The measurement and interpretation of children's physical activity. *JSSM*. 2007;6(3):270-276
- 107 Rueegg CS, Gianinazzi ME, Michel G, et al. Do childhood cancer survivors with physical performance limitations reach healthy activity levels? *Pediatr Blood Cancer*. 2013;60(10):1714-1720
- 108 Rueegg CS, von der Weid NX, Rebholz CE, et al. Daily physical activities and sports in adult survivors of childhood cancer and healthy controls: a population-based questionnaire survey. *PLoS One*. 2012;7(4):e34930
- 109 Sadeghi H, Allard P, Prince F, Labelle H. Symmetry and limb dominance in able-bodied gait: a review. *Gait Posture*. 2000;12(1):34-45

- 110 Samitz G, Baron R. Epidemiologie der körperlichen Aktivität. Definitionen, Klassifikationen, Methoden und Konzepte. In: Samitz G, Mensink GB, eds. *Körperliche Aktivität in Prävention und Therapie. Evidenzbasierter Leitfaden für Klinik und Praxis*. 1.th ed. München: Hans Marseille Verlag GmbH; 2002:11-31
- 111 San Juan AF, Chamorro-Vina C, Mate-Munoz JL, et al. Functional Capacity of Children with Leukemia. *Int J Sports Med*. 2007
- 112 San Juan AF, Chamorro-Vina C, Moral S, et al. Benefits of intrahospital exercise training after pediatric bone marrow transplantation. *Int J Sports Med*. 2008;29(5):439-446
- 113 San Juan AF, Fleck SJ, Chamorro-Vina C, et al. Effects of an intrahospital exercise program intervention for children with leukemia. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39(1):13-21
- 114 Sandroff BM, Motl RW, Pilutti LA, et al. Accuracy of StepWatch and ActiGraph accelerometers for measuring steps taken among persons with multiple sclerosis. *PLoS One*. 2014;9(4):e93511
- 115 Sawyer M, Antoniou G, Toogood I, Rice M. A comparison of parent and adolescent reports describing the health-related quality of life of adolescents treated for cancer. *Int J Cancer Suppl*. 1999;12:39-45
- 116 Schoch B, Konczak J, Dimitrova A, Gizewski ER, Wieland R, Timmann D. Impact of surgery and adjuvant therapy on balance function in children and adolescents with cerebellar tumors. *Neuropediatrics*. 2006;37(6):350-358
- 117 Schwartz MH, Rozumalski A, Trost JP. The effect of walking speed on the gait of typically developing children. *J Biomech*. 2008;41(8):1639-1650
- 118 Shankar S, Robison L, Jenney ME, et al. Health-related quality of life in young survivors of childhood cancer using the Minneapolis-Manchester Quality of Life-Youth Form. *Pediatrics*. 2005;115(2):435-442
- 119 Sheiko M, Bjornson K, Lisle J, Song K, Eary JF, Conrad EU,3rd. Physical activity assessment in adolescents with limb salvage. *J Pediatr*. 2012;161(6):1138-1141
- 120 Speechley KN, Barrera M, Shaw AK, Morrison HI, Maunsell E. Health-related quality of life among child and adolescent survivors of childhood cancer. *J Clin Oncol*. 2006;24(16):2536-2543
- 121 Speyer E, Herbinet A, Vuillemin A, Briancon S, Chastagner P. Effect of adapted physical activity sessions in the hospital on health-related quality of life for children with cancer: a cross-over randomized trial. *Pediatr Blood Cancer*. 2010;55(6):1160-1166
- 122 Sprangers MA, Schwartz CE. Integrating response shift into health-related quality of life research: a theoretical model. *Soc Sci Med*. 1999;48(11):1507-1515
- 123 Stam H, Grootenhuis MA, Last BF. Social and emotional adjustment in young survivors of childhood cancer. *Support Care Cancer*. 2001;9(7):489-513
- 124 Steele RM, van Sluijs EM, Sharp SJ, Landsbaugh JR, Ekelund U, Griffin SJ. An investigation of patterns of children's sedentary and vigorous physical activity throughout the week. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2010;7:88-5868-7-88

- 125 Stubblefield MD, Schmitz KH, Ness KK. Physical functioning and rehabilitation for the cancer survivor. *Semin Oncol.* 2013;40(6):784-795
- 126 Syczewska M, Dembowska-Baginska B, Perek-Polnik M, Kalinowska M, Perek D. Gait pathology assessed with Gillette Gait Index in patients after CNS tumour treatment. *Gait Posture.* 2010;32(3):358-362
- 127 Syczewska M, Dembowska-Baginska B, Perek-Polnik M, Perek D. Functional status of children after treatment for a malignant tumour of the CNS: a preliminary report. *Gait Posture.* 2006;23(2):206-210
- 128 Teichmann JV. Oncological rehabilitation: evaluation of the efficiency of inpatient rehabilitation. *Rehabilitation (Stuttg).* 2002;41(1):53-63
- 129 Tsuboyama T, Windhager R, Bochsansky T, Yamamuro T, Kotz R. Gait after knee arthroplasty for femoral tumor. Foot pressure patterns recorded in 20 patients. *Acta Orthop Scand.* 1994;65(1):51-54
- 130 Tudor-Locke C, Camhi SM, Leonardi C, et al. Patterns of adult stepping cadence in the 2005-2006 NHANES. *Prev Med.* 2011;53(3):178-181
- 131 Tudor-Locke C, Craig CL, Beets MW, et al. How many steps/day are enough? for children and adolescents. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2011;8:78-5868-8-78
- 132 Tudor-Locke C, McClain JJ, Hart TL, Sisson SB, Washington TL. Expected values for pedometer-determined physical activity in youth. *Res Q Exerc Sport.* 2009;80(2):164-174
- 133 Tudor-Locke C, Rowe DA. Using cadence to study free-living ambulatory behaviour. *Sports Med.* 2012;42(5):381-398
- 134 Turner M, Gagnon D, Lagace M, Gagnon I. Effect of treatment for paediatric cancers on balance: what do we know? A review of the evidence. *Eur J Cancer Care (Engl).* 2013;22(1):3-11
- 135 van Dijk J, Huisman J, Moll AC, et al. Health-related quality of life of child and adolescent retinoblastoma survivors in the Netherlands. *Health Qual Life Outcomes.* 2007;5:65
- 136 VanZant RS, McPoil TG, Cornwall MW. Symmetry of plantar pressures and vertical forces in healthy subjects during walking. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2001;91(7):337-342
- 137 Warner JT. Body composition, exercise and energy expenditure in survivors of acute lymphoblastic leukaemia. *Pediatr Blood Cancer.* 2008;50(2 Suppl):456-61; discussion 468
- 138 Wilne S, Collier J, Kennedy C, Koller K, Grundy R, Walker D. Presentation of childhood CNS tumours: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Oncol.* 2007;8(8):685-695
- 139 Winter C, Müller C, Brandes M, et al. Level of activity in children undergoing cancer treatment. *Pediatr Blood Cancer.* 2009;53(3):438-443
- 140 Winter C, Müller C, Hoffmann C, Boos J, Rosenbaum D. Physical activity and childhood cancer. *Pediatr Blood Cancer.* 2010;54(4):501-510

- 141 Winter CC, Müller C, Harges J, Boos J, Gosheger G, Rosenbaum D. Pediatric patients with a malignant bone tumor: when does functional assessment make sense? *Support Care Cancer*. 2012;20(1):127-133
- 142 Winter CC, Müller C, Harges J, Gosheger G, Boos J, Rosenbaum D. The effect of individualized exercise interventions during treatment in pediatric patients with a malignant bone tumor. *Support Care Cancer*. 2013
- 143 Zeltzer LK, Lu Q, Leisenring W, et al. Psychosocial outcomes and health-related quality of life in adult childhood cancer survivors: a report from the childhood cancer survivor study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2008;17(2):435-446

Danksagung

An erster Stelle möchten wir allen Patienten und Familien herzlich danken, die sich bereit erklärt haben, im Rahmen ihrer Rehabilitation und in der darauffolgenden Zeit an den Untersuchungen teilzunehmen.

Im PSE Team der Klinik Bad Oexen möchten wir uns bei den Therapeuten Pascal Mailand, Kai Lindkamp und Katrin Breidenbach für ihre tatkräftige Unterstützung bei den Ganganalysen bedanken.

Unser besonderer Dank gilt Schwester Andrea Kelter-Klöpping für die akribische Aufbereitung der Patientendaten.

Wir danken der Arbeitsgemeinschaft für Krebsbekämpfung für die Unterstützung und Beratung.

