Technische Universität München

Wirksamkeit eines KI-gestützten Muskelgedächtnistrainings zur Haltungsförderung bei Grundschulkindern

Eine empirische Analyse

Effectiveness of AI-supported muscle memory training to promote posture in primary school children

An empirical analysis

Wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung des Grades

MA.Ed.an der TUM School of Social Sciences and Technology der Technischen Universität München.

Betreuer	Prof. Dr. Volker Nürnberg Lehrstuhl für präventive Pädiatrie
Eingereicht von	Alexandra Maier Matrikelnummer: 03732926 Pechlerweg 3 82054 Sauerlach
Studiengang	Berufliche Bildung: Gesundheits- und Pflegewissenschaften; kath. Religion
Eingereicht am	Sauerlach, den 31.07.2025

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis ..... **IV**

Abbildungsverzeichnis ..... **V**

Tabellenverzeichnis ..... **VI**

Abstract ..... **VII**

1. Einleitung **1**

1.1. Problemstellung und Relevanz 1

1.2. Zielsetzung der Arbeit 2

1.3. Fragestellungen und Hypothesen 2

1.4. Aufbau der Arbeit 3

2. Theoretischer Hintergrund **5**

2.1. Zentrale Begriffe, Definitionen und Erklärungen 5

2.2. Haltung und motorische Entwicklung im Kindesalter 11

2.3. Muskelgedächtnis als Basis für KI-gestützte Trainingsinterventionen 14

2.4. Biopsychosoziales Schmerzmodell und kindgerechte Schmerzreduktion 15

2.5. Muskuläre Stabilität und posturale Kontrolle bei Kindern 17

2.6. KI-gestützte Trainingsinterventionen auf Basis der Haltungsanalyse 21

2.7. Schroth-Therapie bei pädiatrischer Skoliose 25

2.8. Motivation und Lernverhalten bei Kindern 26

2.9. Aktueller Forschungsstand 28

3. Methode **30**

3.1. Studiendesign und Vorgehen 31

3.2. Gütekriterien 32

3.3. Ethische Aspekte und Einwilligung 35

3.4. Stichprobe ... 36
3.5. Erhebungsinstrumente und Messverfahren ... 39
3.6. Beschreibung der Interventionen ... 47
3.7. Durchführung der Metaanalyse zum Vergleich mit der Schroth-Therapie ... 49
3.8. Ablauf und Dauer der Studie ... 51
3.9. Messung von Compliance und Adhärenz ... 51
3.10. Datenauswertung ... 52

4. Ergebnisse ... 56

4.1. Beschreibung der Stichprobe ... 56
4.2. Soforteffekte der KI-gestützten Trainingsinterventionen ... 58
4.3. Ergebnisse nach 4-Wochen-Intervention ... 61
4.4. Wirkung der narrativen Kindermärchen auf Schmerzverständnis ... 63
4.5. Systematischer Vergleich mit der Schroth-Therapie ... 63
4.6. Compliance und Nutzverhalten ... 64
4.7. Auswertung der Hypothesen ... 65

5. Diskussion ... 68

5.1. Interpretation der Sofort- und 4-Wochen-Effekte ... 68
5.2. Wirksamkeit der narrativen Kindermärchen zur Schmerzreduktion ... 69
5.3. Vergleich mit der Schroth-Therapie aus der Metaanalyse ... 70
5.4. Einfluss des Muskelgedächtniskonzepts auf die Wirksamkeit ... 71
5.5. Limitationen ... 72
5.6. Implikationen für die praktische Anwendung bei Kindern ... 73
5.7. Ausblick auf die zukünftige Forschung ... 74

6. Fazit ... 76

6.1. Zentrale Ergebnisse ... 76

6.2. Implikationen für die kindliche Haltungsförderung 77

6.3. Empfehlung zur Integration des Muskelgedächtniskonzepts 78

7. Literaturverzeichnis 80

Anhang 1

Eigenständigkeitserklärung 1

Abkürzungsverzeichnis

CFT	Cognitive Functional Therapy
CPG	Central pattern generators
DAK	Deutsche Angestellten Krankenkasse
DGOU	Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie
KI	Künstliche Intelligenz
KiGGS	Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland
RKI	Robert Koch-Institut
WIAD	Wissenschaftliches Institut für ambulante Diagnostik
ZNS	Zentrales Nervensystem

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Geschlechterverteilung der Stichprobe in der eigenen Studie 57

Abbildung 2 - Altersverteilung der Stichprobe in der eigenen Studie 57

Abbildung 3 - Vergleich der Körperscans 1 und 2 anhand verschiedener Kriterien 59

Abbildung 4 - Auswertung der Haltungsabweichung eines Beispielscans 59

Abbildung 5 - Mögliche Anzeichen für Ungleichgewichte (Beispielscan) 60

Abbildung 6 - Vorgeschlagene individuelle Übungen für die Person des Beispielscans 60

Abbildung 7 - Auswertung des Beispielkörperscans anhand einzelner Kriterien 61

Abbildung 8 - Vergleich des Körperscans 1 zu 3 anhand verschiedener Kriterien……..……62

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Ein- und Ausschlusskriterien 37

Zur Verbesserung des Leseflusses wird in dieser Arbeit das generische Maskulinum verwendet. Diese Formulierung umfasst alle Geschlechter und ist ausdrücklich nicht diskriminierend gemeint.

Abstract

In der vorliegenden Arbeit wurde die Wirksamkeit eines KI-gestützten, personalisierten Muskelgedächtnistrainings hinsichtlich der Förderung der Körperhaltung und muskulären Stabilität bei Grundschulkindern untersucht. Das Ziel der Arbeit und Untersuchung war es, die kurzfristigen und mittelfristigen Effekte eines innovativen, narrativen Trainingsprogramms zu evaluieren. Die zugehörigen Übungen wurden täglich circa drei Minuten lang durchgeführt. Zur Einführung wurde das Konzept mit einem Märchen über das Schmerzverständnis eingeleitet. Die Studie umfasste 17 Kinder, die über einen Zeitraum von vier Wochen begleitet wurden. Zu drei Zeitpunkten wurden Messungen über die Haltung der Kinder erfasst: prä, post, Follow-up. Vorab wurden Fragebögen zur Motivation, Compliance und Akzeptanz beantwortet. Die Ergebnisse zeigten signifikante Sofortefekte in Bezug auf die Aufrichtung der Brustwirbelsäule, die Reduktion der Lendenlordose und eine verbesserte Schultersymmetrie. Nach vier Wochen waren diese Ergebnisse anhaltend oder verstärkt. Die Motivation der Kinder war aufgrund des Formats überwältigend und wirkte sich auf die Trainingstreue aus. Die Untersuchung wurde systematisch mit einer klassischen physiotherapeutischen Methode, der Schroth-Therapie, verglichen. Die eigene Studie zeigt, dass kurze, KI-basierte Trainingsprogramme substanzielle Effekte auf Haltung und Stabilität erzielen können. Die Ergebnisse unterstreichen das Potenzial individualisierter digitaler Interventionen in der Primärprävention bei Kindern und liefern gute Ansätze für zukünftige multimodale Präventionsprogramme, die motorisches Lernen, Neuroplastizität und kindgerechte Didaktik vereinen.

Abstract

This study investigated the effectiveness of AI-supported, personalized muscle memory training in promoting posture and muscular stability in elementary school children. The aim of the study was to evaluate the short-term and medium-term effects of an innovative, narrative training program. The associated exercises were performed daily for approximately three minutes. The concept was introduced with a fairy tale about understanding pain. The study included 17 children who were monitored over a period of four weeks. Measurements of the children's posture were taken at three points in time: pre, post, and follow-up. Questionnaires on motivation, compliance, and acceptance were completed in advance. The results showed significant immediate effects in terms of straightening of the thoracic spine, reduction of lumbar lordosis, and improved shoulder symmetry. After four weeks, these improvements were sustained or enhanced. The children's motivation was very high due to the program format, which had an impact on their adherence to the training program. The study was systematically compared with a classic physiotherapeutic method, namely Schroth therapy. Our own study demonstrates that short, AI-based training programs can have a big impact on posture and stability. The results highlight the potential of personalized digital interventions in primary prevention for kids and offer promising approaches for future multimodal prevention programs that combine motor learning, neuroplasticity, and kid-friendly teaching methods.

1. Einleitung

1.1. Problemstellung und Relevanz

Können Kinder im Grundschulalter schon Rückenschmerzen haben – oder ist das ein Problem, das erst später im Leben auftritt? Der Irrglaube, dass Rückenschmerzen bei jungen Kindern nicht vorkommen, ist noch weit verbreitet, insbesondere bei älteren Generationen. Ein Bericht des Wissenschaftlichen Instituts der Ärzte in Deutschland WIAD zeigt, dass Haltungsschäden und Rückenprobleme zugenommen haben. Bereits im Kindesalter stellen Rückenschmerzen ein zunehmendes Problem dar, wie aktuelle Studien ergaben. Eine Erhebung der DAK-Gesundheit zeigt, dass jedes vierte Kind mindestens einmal wöchentlich über Rückenschmerzen klagt. (Burkardt, 2024) Die bekannte KiGGS-Studie des Robert Koch-Instituts (RKI) kommt ebenfalls zu dem Ergebnis, dass rund 5% der 3–10-jährigen Kinder unter Rückenschmerzen leiden. (RKI, 2019) Ein maßgeblicher Grund dafür ist der Wandel des Lebensstils. Das vermehrte Nutzen von mobilen Endgeräten und die zunehmende Bildschirmzeit, bei sinkender körperlicher Aktivität und der geringen Zeit im Freien, tragen erheblich zur Entstehung von Haltungsschäden und muskulären Dysbalancen bei. Der Artikel aus dem Public Health Forum beschreibt dieses Problem anhand des Bewegungsmangels von Kindern und Jugendlichen. (Klaes, L. & Rommel, A., 2003) Diese verbringen ihre Freizeit mit Spielekonsolen, Tablets oder Smartphones. Neben dem Bewegungsmangel ist auch ein bedeutsamer Aspekt das Tragen des Schulranzens. Um in diesem Kontext Haltungsschäden und Rückenschmerzen entgegenzuwirken, sollen Kinder und Jugendliche ihre Muskulatur stärken und Sport machen. Es wird empfohlen bewusste Zeiten beziehungsweise Pausen während der Hausaufgaben für die Bewegung einzuplanen. (Schulranzen Zentrale, 2003) Eine frühzeitige Intervention ist entscheidend um die Entwicklung chronischer Schmerzen zu verhindern. Experten der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie (DGOU) empfehlen täglich eine Stunde körperliche Aktivität durchzuführen, um den Haltungsproblemen und Rückenschmerzen vorzubeugen. (DGOU, 2022) Gerade deshalb ist es entscheidend und notwendig, im Grundschulalter gezielt Maßnahmen zur Verbesserung der muskulären Stabilität und Körperhaltung zu etablieren. Obwohl die KI-Technologie zunehmend im

Bildungsbereich eingesetzt wird, gibt es kaum Studien, die zeigen, wie sich ein solches KI-generiertes, personalisiertes Kurzzeit-Trainingsprogramm, das individualisiert und innovativ ist, durchsetzen kann. Es bietet Potenzial für personalisierte und effektive Präventionsmaßnahmen.

1.2. Zielsetzung der Arbeit

Ziel dieser Masterarbeit ist es aufzuzeigen, welche Wirksamkeit ein KI-gestütztes, individualisiertes 3-Minuten-Muskelgedächtnistraining auf die Körperhaltung und muskuläre Stabilität bei Kindern im Grundschulalter aufweist. Es wird überprüft, ob dieses innovative Trainingskonzept im Vergleich zur Schroth-Therapie eine signifikante Verbesserung der Haltungsparameter und der muskulären Stabilität erzielt. Ebenfalls soll ermittelt werden, inwieweit ein derart kurzes, individualisiertes Training eine praktikable und motivierende Präventionsmaßnahme für den schulischen und häuslichen Alltag darstellen kann. Hierzu werden Analysen direkt nach dem Training und nach vier Wochen gemacht, um die Entwicklung festzustellen. Ein weiteres Ziel ist es, die Compliance und die Motivation zu untersuchen und die Relevanz biopsychosozialer Einflussfaktoren auf die kindliche Haltungsgesundheit herauszuarbeiten und zu prüfen. Welche Rolle spielen individualisierte Trainingsansätze im Vergleich zu standardisierten Übungsprogrammen bei der Berücksichtigung relevanter Einflussfaktoren? Anhand der gewonnenen Ergebnisse sollen praxisnahe Empfehlungen für die Prävention von Haltungsproblemen und muskulären Defiziten im Kindesalter aufgezeigt werden.

1.3. Fragestellungen und Hypothesen

Obwohl das Thema Rückenschmerzen und Haltungsschwächen bei Kindern zunehmend an Bedeutung gewinnt, befindet sich die Forschung im Bereich individualisierter, KI-gestützter Trainingsprogramme für diese Altersgruppe noch am Anfang. Angesichts des veränderten Lebensstils von Grundschulkindern, der zunehmend durch längere Bildschirmzeiten, Bewegungsmangel und einseitige körperliche Belastungen geprägt ist, wird die Entwicklung präventiver Ansätze und deren wissenschaftliche Evaluation immer wichtiger.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die zentrale Forschungsfrage dieser Arbeit: **„Welche Wirkung hat, ein KI-gestütztes, personalisiertes 3-Minuten-Muskelgedächtnistraining mit narrativer Schmerzreduktion auf die Körperhaltung und muskuläre Stabilität bei Kindern im Alter von 9-11 Jahren im Vergleich zur Schroth-Therapie?“**

Somit können folgende Hypothesen aufgestellt werden:

H1: Das KI-gestützte Training führt zu einer signifikanten Verbesserung der Haltungsparameter im Vergleich zur Kontrollgruppe (Schroth-Therapie).

H2: Nach 4 Wochen sind die muskuläre Stabilität und Körperhaltung in der Interventionsgruppe (3- Minuten-Training) deutlich verbessert.

H3: Motivation und Trainingstreue wirken sich positiv auf die Effekte des Trainings aus.

1.4. Aufbau der Arbeit

Um den Aufbau und die Struktur dieser Arbeit nachvollziehen zu können, wird nun ein Überblick über den Verlauf der einzelnen Kapitel gegeben. Nach der Einleitung, in der die Problemstellung skizziert, die Zielsetzung formuliert sowie die Forschungsfragen und Hypothesen vorgestellt werden, folgt der theoretische Hintergrund. Dort werden zunächst zentrale Begriffe und Definitionen wie Körperhaltung, muskuläre Stabilität, Muskelgedächtnis und künstliche Intelligenz erläutert und deren Bedeutung für die Gesundheitsförderung im Kindesalter beschrieben. Anschließend werden die motorischen Entwicklungen bei Kindern im Grundschulalter sowie das Konzept des Muskelgedächtnisses als neurophysiologische Grundlage für bewegungstherapeutische Maßnahmen vorgestellt. Weitergeführt wird dieser Teil durch die Darstellung des biopsychosozialen Schmerzmodells und der kindgerechten Anwendung im Kontext des Haltungstrainings. Daraufhin werden die physiologischen Grundlagen muskulärer Stabilität und posturaler Kontrolle sowie die Funktionsweise KI-gestützter Trainingsinterventionen auf Basis individueller Daten dargestellt. Zum Vergleich wird die Schroth-Therapie herangezogen, eine etablierte physiotherapeutische Methode bei kindlichen Wirbelsäulenfehlstellungen. Zudem werden Aspekte der Motivation und des

Lernverhaltens bei Kindern sowie der aktuelle Forschungsstand zum Thema Haltung, Rückenschmerzen und digitale Trainingsprogramme zusammengefasst. Im Methodenteil folgt die Beschreibung des Studiendesigns, der Stichprobe mitsamt Ein- und Ausschlusskriterien, der Gütekriterien, der verwendeten Messinstrumente sowie des Erhebungsverfahrens. Im weiteren Verlauf werden die Trainingsinterventionen, der Ablauf der Studie und die Methode zur Messung von Compliance und Adhärenz vorgestellt. Zudem wird eine begleitete Metaanalyse zur Schroth-Therapie integriert und das Verfahren zur Auswertung der erhobenen Daten erläutert. Im Kapitel „Ergebnisse“ werden die Untersuchungen detailliert dargestellt. Dies umfasst sowohl die Beschreibung der Stichprobe als auch die Soforteffekte und 4-Wochen-Ergebnisse der KI-Trainingsintervention im Vergleich zur Kontrollgruppe. Ferner werden die Wirksamkeit der narrativen Kindermärchen, die Compliance sowie die Ergebnisse der Metaanalyse und die statistische Überprüfung der Hypothesen präsentiert. Im vorletzten Kapitel erfolgt die Diskussion der Ergebnisse. Hier werden die Befunde hinsichtlich der Fragestellungen interpretiert und in den Kontext der bestehenden Forschung eingeordnet. Besondere Beachtung finden dabei die Wirksamkeit der Kurzintervention, der Einfluss biopsychosozialer Faktoren, der Vergleich mit der Schroth-Therapie sowie die Bedeutung des Muskelgedächtniskonzepts. Im letzten Kapitel werden die methodischen Limitationen reflektiert und praxisorientierte Empfehlungen für den Einsatz solcher Trainingsprogramme im schulischen therapeutischen Alltag ausgesprochen. Abschließend werden die zentralen Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst, die Forschungsfrage beantwortet, sowie ein Ausblick auf zukünftige Forschungsarbeiten und präventive Maßnahmen im Schulbereich gegeben.

2. Theoretischer Hintergrund

In diesem Kapitel werden die zentralen theoretischen Grundlagen, die für das Verständnis des entwickelten KI-gestützten Trainingsprogramms relevant sind, dargestellt. Dazu zählen die entwicklungspsychologischen Aspekte im Grundschulalter, neurophysiologische Prozesse des Muskelgedächtnisses sowie Prinzipien motorischen Lernens. Ergänzt wird dies durch pädagogische und psychosoziale Einflussfaktoren, die für die Wirksamkeit präventiver Maßnahmen bei Kindern von Bedeutung sind.

2.1. Zentrale Begriffe, Definitionen und Erklärungen

Körperhaltung

Eine einheitliche und eindeutige Definition des Begriffs „Körperhaltung“ ist schwer zu finden. Der Begriff wird kontextabhängig unterschiedlich verwendet. Wird die Definition als medizinischer Aspekt betrachtet, ist die Körperhaltung die durch die Anordnung des Bewegungsapparats (Muskeln, Bänder und Knochen) definierte Position des Körpers im Raum (DocCheck, 2025). Da die Körperhaltung von vielen Faktoren abhängig ist und nicht nur den Körper im Raum definiert, muss eine Beschreibung für die Arbeit gefunden werden. Der Patient wird im Stehen mittels Blickdiagnostik in Bezug auf den allgemeinmedizinischen und orthopädischen Aspekt inspiziert. Hierbei wird die Haltung des Patienten mit einer „normalen“, also nicht pathologischen Körperhaltung verglichen. Achsenabweichungen der Wirbelsäule, oder das Herabhängen von Körperteilen (Lähmung) können auf ein Haltungsungleichgewicht hinweisen und als möglicher Befund gewertet werden. Durch gezieltes Training, etwa im Rahmen physiotherapeutischer Maßnahmen, kann solchen Abweichungen entgegengewirkt werden. (DocCheck, 2025)

Muskuläre Stabilität

Der Begriff „muskuläre Stabilität“ ist schwer zu definieren, da er häufig im Zusammenhang mit der Stabilität von Gelenken steht. Michelmayr (2013) beschreibt muskuläre Stabilität als die Fähigkeit des neuromuskulären Systems, ein Gelenk durch Bewegungskontrolle und Schutz vor schädlichen Belastungen zu sichern.

Gelenknahe Muskeln sind dabei weniger für die Bewegungsausführung zuständig, sondern spielen eine zentrale Rolle bei Stabilität, Gleichgewicht und dem Abbremsen von Bewegungen. (Michelmayr C., 2013). Bei der lokalen Stabilität wird nochmal zwischen dem globalen und segmentalen System unterschieden. Das globale Muskelsystem besteht aus langen, großflächigen und oberflächlich liegenden Muskeln. Diese sind vor allem für die Durchführung von Bewegungen, die Stabilisierung des Gleichgewichts und das Aufrichten des Körpers gegen die Schwerkraft verantwortlich. Das segmentale Muskelsystem wiederum setzt sich aus kurzen, tief liegenden und gelenknahen Muskeln zusammen, die direkt an der Wirbelsäule ansetzen. Diese Muskulatur sorgt für die aktive Stabilisierung einzelner Wirbelsegmente, indem sie wie kleine Federmechanismen wirkt. Sie übernimmt kontinuierliche Haltearbeit und ist während Bewegungen für die präzise Steuerung sowie das sanfte Abbremsen übermäßiger Bewegungen im jeweiligen Segment verantwortlich. So kann etwa die Beckenbodenmuskulatur ein wichtiger Stabilisator für die Lendenwirbelsäule sein. Stabilität bedeutet eine gewisse Bewegungskontrolle, die die Koordination verbessert und daher die Schmerzkontrolle beeinflusst. (Wenneker A., 2025)

Muskelgedächtnis

Muskelgedächtnis bezeichnet die Fähigkeit des Körpers, sich an zuvor erlernte Bewegungsabläufe und muskuläre Anpassungen zu erinnern und diese auch nach längeren Trainingspausen schneller wiederherzustellen. Dabei speichern weder die Muskeln selbst im eigentlichen Sinne Informationen, noch handelt es sich um ein bewusstes Erinnern, sondern vielmehr um ein Zusammenspiel aus neurophysiologischen und zellulären Prozessen. Bewegungsmuster werden durch häufige Wiederholungen im motorischen Gedächtnis des zentralen Nervensystems verankert. Gleichzeitig kommt es auf muskulärer Ebene zu Anpassungen, zum Beispiel durch die Bildung zusätzlicher Zellkerne und eine veränderte Genaktivität. Diese Anpassungen bleiben auch über längere Phasen der Inaktivität hinweg teilweise bestehen und ermöglichen bei Wiederaufnahme des Trainings einen schnelleren und effizienteren Abruf bereits erlernter Bewegungsprogramme wie das Radfahren. Das Muskelgedächtnis trägt so maßgeblich zur Bewegungsökonomie, motorischen Lernfähigkeit und Trainingswirkung bei, zum

Beispiel bei einem Wiedereinstieg in sportliche Aktivitäten oder beim Erlernen von Alltagsbewegungen im Kindesalter. (Stangl W., 2018)

KI-gestütztes Training

Künstliche Intelligenz hat einen umfassenden Wandel in vielen verschiedenen Bereichen der Gesundheitsversorgung und Bildung hinter sich, besonders im Bereich der physiotherapeutischen Interventionen KI-gestützter Technologien, welche eine präzise Analyse, Personalisierung und Optimierung von Trainingsprozessen ermöglichen (Büchler, 2025). Im Kontext der Haltungskorrektur bei Kindern bezeichnet KI-gestütztes Training ein innovatives System, das auf Basis einer computergestützten Ganzkörperanalyse, dem sogenannten Physioscan, personalisierte Trainingsempfehlungen generiert. Diese fortschrittliche Technologie nutzt maschinelles Lernen und Bildverarbeitungsalgorithmen, um posturale Abweichungen präzise zu identifizieren und darauf basierend personalisierte Übungsprogramme zu erstellen. Der Prozess der KI-gestützten Haltungsanalyse erfolgt in einem systematischen Vier-Stufen-Verfahren, das mit der Bilderfassung durch einen Scan mit einem mobilen Endgerät (Smartphone oder Tablet) beginnt. Die Körperhaltung des Kindes wird im Sitzen aus drei Perspektiven erfasst: von vorn, von der Seite und von hinten. Anschließend analysieren spezialisierte Algorithmen die erfassten Daten und identifizieren Abweichungen von der physiologischen Norm, bevor basierend auf den individuellen Messwerten spezifische Trainingsprotokolle generiert werden. Zum Schluss wird ein ausgebildeter Physiotherapeut hinzugezogen, um im Rahmen der Validierung die KI-generierten Empfehlungen zu überprüfen und zu bestätigen. Ein wichtiger Aspekt der vorliegenden Studie liegt in der klaren Unterscheidung zwischen KI-gestütztem und KI-generiertem Training. Während KI-generierte Systeme vollautomatisiert arbeiten, integriert das KI-gestützte Verfahren die unverzichtbare fachliche Expertise ausgebildeter Physiotherapeuten. Diese hybride Herangehensweise gewährleistet durch fachliche Validierung, dass jede KI-Empfehlung durch klinische Expertise überprüft wird. Zudem berücksichtigt sie wichtige Sicherheitsaspekte durch die Erkennung potenzieller Kontraindikationen und ermöglicht individuelle Anpassungen unter Berücksichtigung der Besonderheiten der kindlichen Entwicklung. Die KI-gestützte Trainingsintervention beruht auf dem wissenschaftlich fundierten Konzept des Muskelgedächtnisses, auch als motorisches Gedächtnis

bezeichnet. Bei Kindern ist diese neuronale Plastizität besonders ausgeprägt, was optimale Voraussetzungen für nachhaltige Haltungskorrekturen schafft. Die KI-Algorithmen berücksichtigen entwicklungsphysiologische Aspekte durch eine altersgerechte Anpassung der Übungsintensität, nutzen die Neuroplastizität durch eine optimierte Trainingsfrequenz zur Förderung maximaler Lerneffekte und ermöglichen eine progressive Steigerung durch die schrittweise Erhöhung der Komplexität der Bewegungsmuster. Ein besonders innovativer Aspekt der vorliegenden Studie stellt die Integration biopsychosozialer Komponenten durch kindgerechte Märchen und Geschichten dar. Diese narrativen Elemente dienen der Schmerzedukation, indem Kindern auf altersgerechte Weise erklärt wird, wie Schmerzen entstehen. Sie tragen zur Angstreduktion bei, indem sie die Furcht vor Schmerzen und Bewegung verringern. Gleichzeitig fördern sie die Motivation durch erzählerische Elemente, die Compliance und Engagement stärken. Zudem erleichtern sie das Verständnis, indem komplexe physiologische Prozesse kindgerecht vermittelt werden. Das in der Studie verwendete Software-System (PhysioScan) arbeitet mit technischen Parametern, die eine Messgenauigkeit von Abweichungen im Millimeterbereich und eine vollständige Haltungsanalyse in unter drei Minuten ermöglichen. Außerdem umfasst es die Echtzeit-Verarbeitung der Messdaten und die Generierung individualisierter 3-Minuten-Übungsprogramme. Im Rahmen der geplanten Metaanalyse wird das KI-gestützte Verfahren mit der etablierten Schroth-Therapie verglichen. Dabei dient die Schroth-Methode, die auf dreidimensionaler Skoliosetherapie basiert (Baumann et al., 2024), als Referenzstandard für die Bewertung der KI-gestützten Intervention. Die Studie differenziert systematisch zwischen Soforteffekten, die unmittelbare Haltungsverbesserungen nach der ersten Anwendung erfassen, und 4-Wochen-Effekten, die nachhaltige Veränderungen nach dem vollständigen Interventionszeitraum dokumentieren. Diese zeitliche Differenzierung ermöglicht eine umfassende Bewertung sowohl der akuten Wirksamkeit als auch der nachhaltigen Effekte des KI-gestützten Trainings, was für die klinische Validierung des Ansatzes von entscheidender Bedeutung ist. (PhysioScan, 2025) Das KI-gestützte Verfahren bietet zahlreiche Vorteile gegenüber konventionellen Ansätzen. Dazu zählen objektive Messungen zur Eliminierung subjektiver Bewertungsfehler, standardisierte und reproduzierbare Analyseverfahren und eine deutliche Effizienzsteigerung durch Reduzierung der Behandlungszeit bei gleichbleibender Qualität. Zudem

bietet es eine verbesserte Zugänglichkeit durch potenzielle Anwendung in verschiedenen Settings wie Schulen und Praxen. Gleichzeitig erfordert die Implementierung KI-gestützter Systeme bei Kindern besondere Berücksichtigung ethischer Aspekte, einschließlich umfassender Aufklärung von Eltern und Kindern für die Einverständniserklärung, sicherer Speicherung und Verarbeitung biometrischer Daten sowie transparenter und nachvollziehbarer Erklärung der KI-Entscheidungen. Die vorliegende Studie leistet einen wichtigen Beitrag zur Evidenzbasis KI-gestützter Interventionen in der pädiatrischen Physiotherapie. Dabei hat die innovative Kombination aus objektiver Haltungsanalyse, personalisiertem Muskelgedächtnistraining und narrativer Schmerzreduktion das Potenzial, neue Standards in der präventiven Gesundheitsförderung bei Kindern zu setzen. Die Integration der biopsychosozialen Komponente durch Kindermärchen stellt dabei einen neuartigen Ansatz dar, der die Akzeptanz und Wirksamkeit physiotherapeutischer Interventionen bei der Zielgruppe Kinder erheblich steigern könnte. Das KI-gestützte Training in der Haltungskorrektur bei Kindern vereint technologische Innovation mit bewährten physiotherapeutischen Prinzipien. Es verfolgt durch die Integration des Muskelgedächtniskonzepts und narrativer Elemente einen ganzheitlichen Ansatz, der sowohl die körperlichen als auch die psychosozialen Aspekte der Haltungsgesundheit bei Kindern berücksichtigt. Die geplante Vergleichsstudie mit der Schroth-Therapie wird wichtige Erkenntnisse über die Wirksamkeit und das Potenzial dieser innovativen Technologie für die zukünftige Behandlung von Haltungsstörungen im Kindesalter liefern. (PhysioScan, 2025)

Posturale Kontrolle

Die posturale Kontrolle bezeichnet die komplexe Fähigkeit des neuromuskulären Systems, eine stabile und aufrechte Körperhaltung zu bewahren und sich flexibel an interne und externe Störungen anzupassen. Diese multidimensionale Funktion bildet die Grundlage für Gesundheit, körperliches Leistungsvermögen und Lebensqualität des Menschen (Neumann, 2024). Im Kontext der kindlichen Entwicklung nimmt die posturale Kontrolle eine besondere Stellung ein. Sie schafft nicht nur die Basis für komplexere motorische Fähigkeiten, sondern entwickelt sich auch in enger Wechselwirkung mit der körperlichen und neuralen Reifung. Die neurophysiologischen Grundlagen der posturalen Kontrolle basieren auf einem Zusammenspiel verschiedener Systeme. Das sensorische System integriert

kontinuierlich Informationen aus dem visuellen System zur räumlichen Orientierung. Des Weiteren nutzt es Informationen aus dem vestibulären System für Kopfbewegungen und Schwerkraftwahrnehmung sowie vom propriozeptiven System zur Erfassung von Gelenkstellungen und Muskellängenänderungen. Zudem werden Informationen aus dem taktilen System für Bodenkontakt und Druckverteilung integriert. Diese sensorischen Informationen werden zentral verarbeitet, wobei das Kleinhirn die Integration und Feinabstimmung übernimmt, der Hirnstamm reflexartige Haltungsreaktionen steuert, die Basalganglien wiederkehrende Bewegungsmuster automatisieren und der motorische Kortex willkürliche Anpassungen ermöglicht. Die eigentliche Ausführung erfolgt durch die Rumpfmuskulatur zur Wirbelsäulen- und Beckenstabilisierung, sowie durch die Extremitätenmuskulatur für Ausgleichsbewegungen und die tiefen Stabilisatoren für segmentale Stabilität. Die Entwicklung der posturalen Kontrolle im Kindesalter folgt einem vorhersagbaren, aber individuell variablen Verlauf. Im Säuglingsalter wird zunächst die Kopfkontrolle entwickelt, gefolgt von Rumpfstabilität und schließlich der Fähigkeit zu sitzen und zu stehen. Im Kleinkindalter werden sichere Gehfähigkeiten erworben und erste komplexe Bewegungsmuster ausgeführt. Im Vorschulalter verbessert sich die dynamische Balance erheblich, während das Schulalter durch die Verfeinerung posturaler Strategien und die vollständige Reifung des Kontrollsystems charakterisiert ist. Die Körperhaltung selbst spielt eine entscheidende Rolle für die Effizienz der posturalen Kontrolle. Eine optimale Haltung zeichnet sich durch physiologische Wirbelsäulenkrümmungen, neutrale Gelenkstellungen, zentrale Schwerpunktlage und muskuläres Gleichgewicht aus. Studien belegen eindeutig, dass eine korrekte Ausrichtung von Wirbelsäule und Gelenken die Balance stärkt. Im Gegensatz dazu hat eine fehlerhafte Körperhaltung weitreichende pathophysiologische Folgen, die die posturale Kontrolle erheblich beeinträchtigen. Sie führt zu muskulären Ungleichgewichten mit Verkürzung der vorderen und Schwächung der hinteren Muskelketten, zu erhöhten Gelenkbelastungen in den Facettengelenken und ungleichmäßiger Bandscheibenbelastung sowie zu neuromuskulären Adaptationen mit veränderter Propriozeption und ineffizienten Bewegungsmustern. Diese Veränderungen schwächen nicht nur die Stabilität und das Gleichgewicht, sondern erhöhen auch das Sturzrisiko und beeinträchtigen die gesamte Bewegungsqualität. Bei Kindern zeigen sich spezifische Charakteristika in der posturalen Kontrolle,

die durch entwicklungsbedingte Faktoren geprägt sind. Der höhere Körperschwerpunkt im Verhältnis zur Körpergröße, die noch unreifen propriozeptiven Systeme und die kontinuierlichen Wachstumsprozesse stellen besondere Herausforderungen dar. Gleichzeitig bietet die ausgeprägte neuronale Plastizität des kindlichen Gehirns optimale Voraussetzungen für therapeutische Interventionen und nachhaltige Haltungskorrekturen. Diese Erkenntnisse bilden die wissenschaftliche Grundlage für fortgeschrittene Therapieansätze wie das KI-gestützte Training, das die natürliche Lernfähigkeit des kindlichen neuromuskulären Systems nutzt und durch personalisierte Interventionen optimal fördert. Die Integration des Muskelgedächtniskonzepts in solche Programme verspricht nachhaltige Verbesserungen der posturalen Kontrolle, indem physiologische Bewegungsmuster dauerhaft im neuromuskulären System verankert werden. Besonders bei Kindern, deren posturale Kontrollsysteme sich noch in der Entwicklung befinden, können gezielte Interventionen präventiv wirken und eine gesunde Haltungsentwicklung langfristig unterstützen. (Neumann, 2024)

2.2. Haltung und motorische Entwicklung im Kindesalter

Die Entwicklung der Haltung und der motorischen Fähigkeiten im Kindesalter stellt einen essenziellen Bestandteil der kindlichen Gesamtentwicklung dar und vollzieht sich in verschiedenen, aufeinander aufbauenden Phasen. Diese Entwicklungsprozesse verlaufen nach bestimmten biologischen und funktionellen Gesetzmäßigkeiten, die sowohl durch endogene Faktoren wie genetische Anlagen und Reifungsvorgänge als auch durch exogene Einflüsse wie Umwelt, Bewegungserfahrungen und soziale Interaktionen beeinflusst werden. Diese aufbauende motorische Entwicklung, die durch spezifische Merkmale und Fortschritte geprägt ist, erfolgt bereits in der pränatalen Phase und geht bis in das Jugendalter von 15-18 Jahren. Bereits vor der Geburt beginnt der Organismus, erste Bewegungsmuster auszubilden. In dieser Phase kommt es zu einer Hyperplasie (Zunahme der Zellzahl) sowie zur Differenzierung verschiedener Gewebetypen. Gleichzeitig entwickeln sich grundlegende Reflexe und motorische Reaktionen, die für die spätere Bewegungsentwicklung von zentraler Bedeutung sind. In den ersten beiden Lebensjahren dominieren grundlegende Bewegungsformen, die primär der Sicherung des Überlebens dienen. Säuglinge erlangen

sukzessive Kontrolle über Kopf, Rumpf und Extremitäten. Zu den zentralen motorischen Meilensteinen zählen das Anheben des Kopfes, das Drehen, das Krabbeln und schließlich das freie Gehen, das in der Regel im Verlauf des ersten Lebensjahres erreicht wird. Die Bewegungssteuerung erfolgt zunächst über grobmotorische Muster, ehe eine differenzierte Kontrolle einzelner Muskelgruppen und feinmotorischer Abläufe möglich wird. Das Vorschulalter, das etwa den Zeitraum zwischen dem zweiten und sechsten Lebensjahr umfasst, zeichnet sich durch eine fortschreitende Verfeinerung und Automatisierung der motorischen Abläufe aus. Kinder lernen in dieser Phase, ihr Gleichgewicht besser zu kontrollieren, ihre Bewegungen gezielt zu koordinieren und komplexere Bewegungsfolgen zu bewältigen. Erfahrungen im Spiel sowie in der sozialen Interaktion sind in dieser Entwicklungsphase von zentraler Bedeutung für die motorische Reifung. Im Grundschulalter, das etwa vom sechsten bis zum neunten Lebensjahr reicht, entwickelt sich die Haltungs- und Bewegungskontrolle weiter. Die Kinder erwerben ein stabiles Stand- und Gangbild und sind zunehmend in der Lage, verschiedene Bewegungsmuster koordiniert miteinander zu kombinieren. Das Erlernen neuer Fertigkeiten verläuft in dieser Zeit besonders effizient, da die Koordination von Kopf, Rumpf und Gliedmaßen weiter ausdifferenziert wird. Die Phase der Präpubeszenz (zwischen 9 und 11 Jahren) stellt einen Übergang zur höheren Bewegungsdifferenzierung dar. Kinder verbessern in dieser Zeit ihre Feinmotorik, ihre Kraftfähigkeiten und ihre Reaktionsgeschwindigkeit. Die Fähigkeit, Bewegungen bewusst zu steuern und zu variieren, nimmt deutlich zu. Gleichzeitig stabilisiert sich die Körperhaltung zunehmend, wobei jedoch auch Haltungsabweichungen auftreten können, die unter anderem durch Bewegungsmangel oder einseitige Belastungen bedingt sind. Im frühen Jugendalter (etwa im Alter von 11 bis 15 Jahren) führen hormonelle Veränderungen und wachstumsbedingte Umstellungen zu einer erneuten Umstellung körperlicher Strukturen. Die Motorik muss sich an diese veränderten Bedingungen anpassen, was zeitweise zu einer Reduktion der Bewegungssicherheit führen kann. In dieser Phase wird die sportliche Leistungsfähigkeit ausgebaut und Jugendliche erwerben ein immer breiteres Repertoire an komplexen Bewegungsfertigkeiten. Das späte Jugendalter (etwa im Alter von 13 bis 18 Jahren) ist durch eine weitgehende Stabilisierung und Konsolidierung der motorischen Fähigkeiten gekennzeichnet. In diesem Entwicklungsabschnitt verfügen Jugendliche über ausgereifte koordinative und

konditionelle Kompetenzen, die eine differenzierte, situationsangemessene und ökonomische Bewegungsausführung ermöglichen. Die motorische Entwicklung schließt in dieser Phase ab, wobei die im Kindes- und Jugendalter erworbenen Fertigkeiten eine stabile Grundlage für die motorische Leistungsfähigkeit im Erwachsenenalter bilden. Der Fokus in dieser Arbeit liegt auf dem Grundschulalter, da in dieser Entwicklungsphase grundlegende motorische Fähigkeiten erworben und gefestigt werden, die wiederum die Basis für anspruchsvollere motorische Handlungen im Jugend- und Erwachsenenalter bilden. Um die Besonderheiten dieser Phase besser einordnen zu können, ist es hilfreich, sich zunächst mit den fundamentalen Gesetzmäßigkeiten der motorischen Entwicklung auseinanderzusetzen. Dabei wird betont, dass die motorische Entwicklung einerseits nach dem cephalokaudalen Prinzip, also von kopfnahen zu fußfernen Körperregionen, und andererseits nach dem proximodistalen Muster, von körpernahen zu körperfernen Strukturen, verläuft. In praktischer Hinsicht bedeutet dies, dass etwa die Kopfkontrolle eine Voraussetzung für die darauf aufbauende Stabilisation des Rumpfes und der Extremitäten ist. Die motorische Kompetenz entwickelt sich schrittweise von grobmotorischen Bewegungsformen, wie dem Greifen oder Drehen, hin zu feinmotorischen Fertigkeiten, etwa dem gezielten Fassen oder Schreiben. Im Grundschulalter lassen sich vermehrt Haltungstendenzen und auch Fehlhaltungen beobachten, die unter anderem auf veränderte Umwelt- und Lebensbedingungen zurückzuführen sind. So sind ein Rundrücken, ein übermäßig ausgeprägtes Hohlkreuz oder asymmetrische Schulterhaltungen keine Seltenheit. (Geraedts, 2020) Als mögliche Ursachen werden einseitige Belastungen durch zu schwere oder falsch sitzende Schulranzen, ein hoher Medienkonsum mit verlängerten Sitzzeiten in ungünstigen Positionen sowie ein allgemein reduziertes Bewegungsverhalten aufgeführt. (Schulranzen Zentrale, 2003) Hinzu kommen psychosoziale Faktoren wie schulischer Leistungsdruck oder Stress im familiären Umfeld, die sich indirekt auf die körperliche und motorische Entwicklung auswirken können. (Geraedts, 2020) Aktuelle Daten aus Prävalenzstudien, wie dem DAK-Kinder- und Jugendreport (Witte et al., 2023) sowie der KiGGS-Studie des Robert Koch-Instituts (RKI, 2019), verdeutlichen eine besorgniserregende Entwicklung: Ein wachsender Anteil der Kinder zeigt Haltungsschwächen und motorische Auffälligkeiten. Dies betrifft nicht nur das Halten einer aufrechten Körperposition, sondern auch koordinative Fähigkeiten, Kraft, Ausdauer und die

Körperwahrnehmung. In beiden Erhebungen wird ein direkter Zusammenhang zwischen Bewegungsmangel und der Häufung von Haltungsschäden sowie Übergewicht festgestellt, wobei vor allem sozial benachteiligte Kinder betroffen sind. (RKI,2019) In der pädagogischen und therapeutischen Praxis wird daher zunehmend Wert auf frühzeitige Intervention und präventive Bewegungsförderung gelegt. Ziel ist es, durch gezielte motorische Förderung sowie alltagsintegrierte Bewegungsangebote Haltungskompetenz und Bewegungsfreude von Kindern zu stärken und dadurch langfristig Haltungsschäden und deren Folgeerscheinungen vorzubeugen. (Geraedts, 2020)

2.3. Muskelgedächtnis als Basis für KI-gestützte Trainingsinterventionen

Die Definition des Muskelgedächtnisses wurde bereits in Kapitel 2.1 erläutert und bildet die Grundlage für die nachfolgende neurophysiologische Einordnung. Im Grundschulalter laufen komplexe Anpassungsprozesse im zentralen Nervensystem (ZNS) ab, die es dem Kind ermöglichen, aus einer Vielzahl an Bewegungserfahrungen stabile und ökonomische Bewegungsmuster zu entwickeln. Bereits im Mutterleib entstehen dabei erste motorische Verschaltungen, die einfach Bewegungsmuster über neuronale Netzwerke auf Rückenmarksebene, sogenannte „central pattern generators“ (CPG), steuern. Diese früh etablierten Systeme bilden die Grundlage für spätere automatisierte Bewegungsprogramme und Haltungsanpassungen im Alltag. (Weigand et al., 2019) Mit fortschreitender Entwicklung übernehmen zunehmend kortikale und subkortikale Strukturen die Steuerung und Koordination komplexer motorischer Aktivitäten. Während tiefere Zentren für automatisierte Prozesse, wie die Haltungsregulation, verantwortlich bleiben, werden gezielte, willkürliche Bewegungen über höhere Gehirnregionen geplant und kontrolliert (Haus, 2022). Diese hierarchische Organisation ermöglicht eine differenzierte Anpassung an unterschiedliche äußere Bedingungen und ist entscheidend für die Bewegungsqualität und -sicherheit im Kindesalter. Eine besondere Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang der Wiederholung von Bewegungsreizen zu. Das Gehirn reagiert im Kindesalter äußerst sensibel auf wiederholte sensomotorische Erfahrungen, welche die Struktur und Effizienz neuronaler Verbindungen prägen. Wiederholte Bewegungsimpulse fördern die

synaptische Anpassungsfähigkeit, unterstützen das Wachstum neuronaler Verknüpfungen und tragen zur Myelinisierung der Nervenbahnen bei (Weigand et al., 2019). Auf diese Weise werden motorische Abläufe zunehmend automatisiert, was einerseits die Bewegungssicherheit erhöht und andererseits kognitive Ressourcen für andere Aufgaben freisetzt. Für die Haltungskorrektur und die Stabilisierung muskulärer Defizite haben sich besonders kurze, gezielt gesetzte Trainingsreize als effektiv erwiesen. Kubalek-Schröder (2013) hebt hervor, dass präzise, individuelle Belastungsimpulse eine zentrale Rolle bei der Anpassung des Muskeltonus und der Verbesserung sensomotorischer Steuerungsprozesse spielen. Gerade im Kindesalter, in dem die Plastizität des ZNS besonders hoch ist, lässt sich über wiederholte, kurzzeitige Bewegungsreize eine schnelle und nachhaltige Anpassung der Haltungs- und Bewegungsmuster erzielen. (Kubalek-Schröder, 2013) Auf diesen neurophysiologischen Grundlagen basiert das Konzept der vorliegenden Arbeit. Ziel ist es, mithilfe eines KI-gestützten, personalisierten 3-Minuten-Muskelgedächtnistrainings gezielt wiederholte und passgenaue Bewegungsreize zu setzen. Diese sollen sowohl kurzfristig Haltungsparameter beeinflussen als auch langfristig über mehrere Wochen zu einer verbesserten muskulären Stabilität beitragen. Dabei werden die Prinzipien der Wiederholung, Variation und personalisierten Anpassung genutzt, um das Muskelgedächtnis effektiv zu aktivieren und motorische Defizite nachhaltig zu korrigieren. Der Einsatz digitaler Technologien ermöglicht es zudem, diese Trainingsreize motivierend, alltagstauglich und flexibel zu gestalten, was laut Haus (2022) ein zukunftsweisender Ansatz für die Gesundheitsförderung im Kindesalter darstellt.

2.4. Biopsychosoziales Schmerzmodell und kindgerechte Schmerzreduktion

Die Entstehung und das Erleben von Schmerzen sind komplexe Vorgänge, die sich nicht allein durch körperliche Ursachen erklären lassen. In der modernen Schmerzforschung hat sich das biopsychosoziale Modell als umfassender Erklärungsansatz etabliert. Es berücksichtigt, dass Schmerz nicht nur eine physiologische Reaktion auf Gewebeschädigung ist, sondern auch von psychischen und sozialen Faktoren beeinflusst wird. Dieses Zusammenspiel aus biologischen, psychologischen und sozialen Einflüssen bestimmt sowohl die Intensität als auch

die Wahrnehmung und den Umgang mit Schmerzen im Alltag (Nicholas, M.K., 2022). Besonders für den Umgang mit Rückenschmerzen im Kindesalter ist dieses Modell von zentraler Bedeutung, da es kindliche Schmerzphänomene in ihrem komplexen Zusammenhang erfasst. Physische, psychische und soziale Faktoren wirken bei Kindern häufig in Kombination und begünstigen die Entstehung und Aufrechterhaltung von Rückenschmerzen. Zu den körperlichen Einflussgrößen zählen unter anderem Haltungsschwächen, muskuläre Dysbalancen und Bewegungsmangel. Zusätzlich zu diesen Faktoren können psychische Belastungen wie Stress, schulische Überforderung oder emotionale Unsicherheiten, das Schmerzempfinden verstärken. Auch das soziale Umfeld spielt eine entscheidende Rolle. Zum Beispiel können familiäre Konflikte, oder eine geringe Bewegungsförderung im Elternhaus und übermäßige Bildschirmzeiten relevante Risikofaktoren für chronische Beschwerden sein. Eine Untersuchung zeigte, dass Rückenschmerzen bei Kindern und Jugendlichen häufig mit Körpergewicht, körperlicher Inaktivität und sozioökonomischem Status in Verbindung stehen. (Klocke et al., 2004) Zudem können psychische Belastungen im frühen Kindesalter langfristige Auswirkungen auf die Schmerzverarbeitung haben. Hasenbring et al. (2018) zeigen, dass psychosoziale Risikofaktoren wie traumatische Erlebnisse und chronischer Stress die Entstehung und Chronifizierung von Rückenschmerzen begünstigen können. Um präventive Maßnahmen für Kinder wirksam zu gestalten, ist es erforderlich, motivationale, soziale und emotionale Aspekte systematisch in die Konzepte einzubinden. Die reine Vermittlung von Übungen reicht nicht aus, um Kinder langfristig zur aktiven Teilnahme zu motivieren. Vielmehr müssen Interventionen kindgerecht, spielerisch und alltagsnah gestaltet werden. Unterstützend können dabei Methoden wie Motivational Interviewing und Cognitive Functional Therapy (CFT) eingesetzt werden, um die Motivation und das Schmerzverständnis der Kinder zu fördern. Wie Zhang et al. (2024) betonen, ist es essenziell, tief verankerte Überzeugungen über Bewegung und Schmerz behutsam zu hinterfragen und durch positive Bewegungserfahrungen zu ersetzen. Präventive Maßnahmen profitieren außerdem von der Einbindung der Eltern und des schulischen Umfelds, da diese sozialen Bezugsrahmen einen entscheidenden Einfluss auf das Bewegungsverhalten und die Schmerzverarbeitung der Kinder haben. (Zhang et al., 2024) Die Arbeit schließt hier an, indem sie untersucht, inwiefern personalisierte Trainingsansätze auf Basis eines KI-gestützten

Muskelgedächtnistrainings bei Grundschulkindern die Haltung verbessern und muskuläre Defizite ausgleichen können. Dabei stehen nicht nur biomechanische Parameter im Fokus, sondern es werden auch die motivationalen und sozialen Rahmenbedingungen der Kinder berücksichtigt. Kurze, kindgerechte Trainingseinheiten sind dabei ein wesentliches Element, um die Akzeptanz zu steigern und nachhaltige Effekte zu erzielen. Der Ansatz stützt sich auf Erkenntnisse der neurophysiologischen Schmerztherapie im Kindesalter, die nahelegen, dass psychische und soziale Begleitfaktoren bei Rückenschmerzen ebenso zu berücksichtigen sind wie körperliche Auslöser (Labouvie et al., 2000). Ziel ist es, ein praxistaugliches Präventionskonzept zu entwickeln, das sowohl körperliche als auch biopsychosoziale Einflussfaktoren berücksichtigt und dadurch zur Gesundheitsförderung von Kindern beiträgt.

2.5. Muskuläre Stabilität und posturale Kontrolle bei Kindern

Die muskuläre Stabilität bezeichnet die Fähigkeit des neuromuskulären Systems, die strukturelle Integrität von Gelenken und Körpersegmenten durch koordinierte Muskelaktivität aufrechtzuerhalten und dabei gleichzeitig funktionelle Bewegungen zu ermöglichen. (Riemann & Lephart, 2002) Im Kontext der kindlichen Entwicklung umfasst diese Definition sowohl die statische Komponente der Gelenkstabilisierung als auch die dynamische Anpassungsfähigkeit an sich verändernde Belastungen und Bewegungsanforderungen. (Hall, 1991) Die muskuläre Stabilität entwickelt sich progressiv mit der Reifung des Nervensystems und der zunehmenden Erfahrung mit verschiedenen Bewegungsmustern, wobei sie eine fundamentale Voraussetzung für die Entwicklung komplexerer motorischer Fertigkeiten darstellt. Posturale Kontrolle hingegen beschreibt die übergeordnete Fähigkeit des Organismus, die Körperhaltung gegen die Schwerkraft zu behaupten und gleichzeitig die Voraussetzungen für zielgerichtete Bewegungen zu schaffen. Diese hochkomplexe Funktion integriert sensorische Informationen aus verschiedenen Systemen, verarbeitet diese zentral und koordiniert die entsprechenden motorischen Antworten zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichts und der optimalen Körperausrichtung. Bei Kindern ist die posturale Kontrolle besonders interessant, da sie sich in enger Wechselwirkung mit der allgemeinen neuromotorischen Entwicklung entfaltet und sowohl die Grundlage für die Entstehung

grundlegender Bewegungsfertigkeiten als auch für die Prävention von Haltungsschäden bildet. (Peterka, 2002) Das komplexe Zusammenspiel zwischen sensorischem, motorischem und zentralnervösem System bildet das Fundament für eine effektive posturale Kontrolle und muskuläre Stabilität bei Kindern. (Assaiante & Amblard, 1995) Das sensorische System fungiert dabei als kontinuierlicher Informationslieferant durch die Integration multipler Sinnesmodalitäten, wobei das visuelle System räumliche Orientierung und Bewegungsrichtungen erfasst, das vestibuläre System Kopfbewegungen und Schwerkrafteinflüsse registriert, das propriozeptive System Gelenkstellungen und Muskellängenänderungen wahrnimmt und das taktile System Informationen über Bodenkontakt und Druckverteilung liefert. Diese sensorischen Eingänge werden kontinuierlich integriert und gewichtet, wobei die Bedeutung der Systeme altersabhängig variiert und sich mit der Entwicklung des Kindes verändert. Die zentrale Verarbeitung dieser sensorischen Informationen erfolgt auf verschiedenen Ebenen des Nervensystems. Das Kleinhirn spielt eine wichtige Rolle bei der Integration sensorischer Informationen und der Feinabstimmung motorischer Antworten. Der Hirnstamm steuert reflexartige Haltungsreaktionen und grundlegende Gleichgewichtsreflexe, während die Basalganglien für die Automatisierung und Optimierung wiederkehrender Bewegungsmuster verantwortlich sind. Der motorische Kortex ermöglicht willkürliche Bewegungssteuerung und adaptive Anpassungen an veränderte Anforderungen. Die hierarchisch organisierte und gleichzeitig parallel verlaufende Verarbeitung innerhalb des kindlichen Nervensystems erlaubt es, auch bei noch unreifen Teilsystemen eine zunehmend effektive posturale Kontrolle auszubilden. (Peterka, 2002) Das motorische System übersetzt die zentral verarbeiteten Informationen in gezielte Muskelaktivierungen. Dabei übernimmt die Rumpfmuskulatur die Stabilisierung der Wirbelsäule und des Beckens. Die Extremitätenmuskulatur ermöglicht Ausgleichsbewegungen und adaptive Reaktionen. Die tiefen Stabilisatoren stellen lokale Muskelaktivierung für segmentale Stabilität bereit. Die Koordination zwischen diesen verschiedenen Muskelgruppen erfordert ein genaues Timing und eine angemessene Kraftdosierung, die sich bei Kindern durch wiederholte Erfahrung und neuronale Reifung kontinuierlich verbessert. (Sharma, 2012) Die muskuläre Stabilität und posturale Kontrolle haben eine fundamentale Bedeutung für nahezu alle Aspekte des kindlichen Alltags, da sie die Grundlage für erfolgreiche Teilhabe an schulischen,

sportlichen und sozialen Aktivitäten bilden. Im schulischen Kontext ermöglicht eine adäquate posturale Kontrolle das ausdauernde Sitzen am Schreibtisch, was wiederum die Konzentrationsfähigkeit und Lernleistung beeinflusst. Kinder mit unzureichender Rumpfstabilität zeigen häufig Schwierigkeiten beim längeren Sitzen, was sich in Unruhe, häufigen Positionswechseln und verminderter Aufmerksamkeit äußert. Die Fähigkeit, eine aufrechte und funktionelle Sitzposition über längere Zeiträume aufrechtzuerhalten, erfordert ein ausgewogenes Zusammenspiel zwischen muskulärer Ausdauer, propriozeptiver Wahrnehmung und zentralnervöser Kontrolle. Im Bereich des Gleichgewichts manifestiert sich die Bedeutung posturaler Kontrolle in der Fähigkeit zur sicheren Fortbewegung in verschiedenen Umgebungen und Situationen. Kinder mit gut entwickelter posturaler Kontrolle zeigen eine höhere Bewegungssicherheit beim Gehen auf unebenen Oberflächen, beim Treppensteigen oder bei sportlichen Aktivitäten. Die Gleichgewichtsfähigkeit beeinflusst direkt das Sturzrisiko und damit die Verletzungsgefahr, aber auch das Selbstvertrauen in die eigenen motorischen Fähigkeiten. Eine defizitäre posturale Kontrolle kann zu Bewegungsängstlichkeit führen, die wiederum die motorische Entwicklung hemmt und einen Teufelskreis aus reduzierter Aktivität und weiterer Verschlechterung der posturalen Fähigkeiten in Gang setzt. (Pollock et al., 2000) Die Haltung als statischer und dynamischer Aspekt der posturalen Kontrolle beeinflusst nicht nur die biomechanische Effizienz von Bewegungen, sondern auch die langfristige Gesundheit des Bewegungsapparats. Eine optimale Haltung minimiert die Belastung auf Gelenke, Bänder und Muskeln und schafft die Voraussetzungen für effiziente Bewegungsmuster. Haltungsdefizite als Kind können zu chronischen Adaptationen führen, die sich in Form von muskulären Dysbalancen, veränderten Bewegungsmustern und letztendlich strukturellen Veränderungen manifestieren. Die frühe Identifikation und Intervention bei Haltungsproblemen ist daher von entscheidender Bedeutung für die Prävention langfristiger Gesundheitsprobleme. (Bergmark, 2001)

Messverfahren mit Fokus auf PhysioScan

Die objektive Erfassung muskulärer Stabilität und posturaler Kontrolle bei Kindern erfordert spezialisierte Messverfahren, die sowohl die anatomischen Besonderheiten als auch die entwicklungsbedingten Variationen dieser Altersgruppe berücksichtigen. Der PhysioScan stellt dabei ein innovatives und hochpräzises

Messsystem dar, das eine umfassende dreidimensionale Analyse der Körperhaltung und posturalen Parameter ermöglicht. Dieses System nutzt fortschrittliche Bildverarbeitungstechnologie zur berührungslosen Erfassung der Wirbelsäulenkrümmungen, der Beckenstellung, der Schulterbalance und weiterer relevanter Parameter, wodurch eine objektive und reproduzierbare Bewertung der posturalen Kontrolle ermöglicht wird. Der PhysioScan erfasst systematisch die sagittalen Wirbelsäulenkrümmungen zur Bestimmung der Lordose- und Kyphosewinkel. Er erfasst auch die frontalen Abweichungen zur Identifikation skoliotischer Veränderungen und die Beckenstellung in allen drei Raumebenen. Zudem wird die Kopf- und Schulterposition relativ zur Körperachse ermittelt. Diese Messungen erfolgen innerhalb weniger Minuten und liefern präzise Daten, die als Grundlage für die Entwicklung individualisierter Interventionsstrategien dienen. Die hohe Messgenauigkeit im Millimeterbereich ermöglicht auch die Erfassung subtiler Veränderungen, die für die frühzeitige Erkennung von Haltungsproblemen bei Kindern von entscheidender Bedeutung sind. (PhysioScan, 2025)

Ergänzend zum PhysioScan können, wie bei der iPlena Studie, Fußdruckmessungen wertvolle Informationen über die Gewichtsverteilung und die Stabilität der Standfläche liefern. (NeuronsLab, 2025) Diese Messungen erfassen die Druckverteilung unter beiden Füßen sowohl im statischen Stand als auch während dynamischer Bewegungen und ermöglichen Rückschlüsse auf die Effektivität der posturalen Kontrollstrategien. Asymmetrien in der Gewichtsverteilung können auf muskuläre Dysbalancen oder neurologische Defizite hinweisen und bilden wichtige Parameter für die Therapieplanung und -kontrolle. Stand-Balance-Tests ergänzen die statischen Messungen durch die Erfassung dynamischer Aspekte der posturalen Kontrolle (iPlena Studie). Diese Tests bewerten die Fähigkeit des Kindes, das Gleichgewicht unter verschiedenen sensorischen Bedingungen aufrechtzuerhalten, beispielsweise bei geschlossenen Augen oder auf instabilen Unterlagen. Die Kombination unterschiedlicher Testbedingungen ermöglicht die Differenzierung zwischen verschiedenen Komponenten der posturalen Kontrolle und die Identifikation spezifischer Defizite in den beteiligten Systemen. Die Integration des PhysioScan in die klinische Praxis bietet erhebliche Vorteile gegenüber traditionellen Bewertungsverfahren, da objektive und quantifizierbare Daten generiert werden, die eine präzise Verlaufskontrolle ermöglichen. Die Möglichkeit

zur Wiederholung identischer Messungen unter standardisierten Bedingungen erlaubt eine zuverlässige Bewertung von Therapieeffekten und die Anpassung von Interventionsstrategien basierend auf objektiven Kriterien. Für Kinder ist das System besonders geeignet, da die Messung schnell, berührungslos und ohne Belastung durchgeführt werden kann, was die Compliance erhöht und eine angstfreie Untersuchungssituation schafft. Die durch den PhysioScan generierten Daten bilden die Grundlage für die KI-gestützte Entwicklung personalisierter Trainingsprogramme. Dabei ermöglichen die präzisen Messungen eine exakte Anpassung der Übungsauswahl und -intensität an die individuellen Bedürfnisse des Kindes. Die Kombination aus objektiver Messung und algorithmusbasierter Trainingsplanung repräsentiert einen innovativen Ansatz in der pädiatrischen Physiotherapie. Dieser Ansatz hat das Potenzial, die Behandlungsqualität und -effizienz erheblich zu verbessern und gleichzeitig eine wissenschaftlich fundierte Basis für die Bewertung von Therapieeffekten zu schaffen. (Peterka, 2002)

2.6. KI-gestützte Trainingsinterventionen auf Basis der Haltungsanalyse

KI-gestützte Trainingsinterventionen repräsentieren eine innovative Fusion aus modernster Technologie und evidenzbasierter Physiotherapie, die auf der präzisen Software-Analyse individueller Haltungsparameter basiert. Im Trainingskontext bezeichnet Künstliche Intelligenz ein komplexes System aus maschinellen Lernalgorithmen, das in der Lage ist, große Mengen biometrischer Daten zu verarbeiten, Muster zu erkennen und daraus personalisierte Trainingsempfehlungen abzuleiten. Dabei kommen fortschrittliche bildverarbeitende Verfahren zum Einsatz, die aus einem 360°-Haltungsscreening präzise Informationen über posturale Abweichungen extrahieren. Diese werden in konkrete, individuell angepasste Bewegungsinterventionen übersetzt. Darüber hinaus erkennt das System funktionelle Zusammenhänge, indem es Haltungsabweichungen zwischen stehender und sitzender Position vergleicht. Die Funktionsweise beruht auf einem mehrstufigen Analyseprozess. Zunächst wird die Körperhaltung des Kindes mithilfe der Kamera eines Smartphones oder Tablets in verschiedenen Positionen erfasst: frontal und seitlich im Stehen sowie von hinten im Sitzen. Anschließend vergleichen Machine-Learning-Algorithmen diese Bilddaten mit umfangreichen

Referenzdatenbanken. Auf dieser Grundlage werden personalisierte Trainingsprotokolle erstellt, die individuell auf die spezifischen Bedürfnisse des jeweiligen Kindes zugeschnitten sind. Die KI berücksichtigt dabei nicht nur die aktuellen Haltungsparameter, sondern auch entwicklungsphysiologische Aspekte, individuelle Bewegungseinschränkungen und die Kapazität des neuromuskulären Systems zur Adaptation. Die Personalisierung von Trainingsplänen durch KI-gestützte Haltungsanalyse stellt einen systemprägenden Wandel in der physiotherapeutischen Praxis dar, da sie von der traditionellen "One-Size-Fits-All"-Herangehensweise zu hochindividualisierten Interventionsstrategien übergeht. Das 360°-Haltungsscreening erfasst dabei umfassende biometrische Parameter, einschließlich der Wirbelsäulenkrümmungen in sagittaler Ebene, der Beckenstellung, der Schulterbalance sowie der Kopfposition. Aus diesen Daten generiert die KI ein detailliertes Profil der individuellen posturalen Charakteristika und identifiziert spezifische Dysfunktionsmuster. Die Personalisierung erfolgt durch die Integration multipler Faktoren, wobei die KI zunächst die Schweregrade verschiedener Haltungsabweichungen gewichtet und priorisiert, anschließend die biomechanischen Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Körpersegmenten analysiert und schließlich die optimale Sequenzierung von Korrekturübungen bestimmt. Besonders bei Kindern berücksichtigt das System entwicklungsphysiologische Aspekte, wie etwa die altersabhängige Fähigkeit zur motorischen Adaptation. Die generierten Trainingspläne sind daher nicht nur anatomisch präzise, sondern auch entwicklungsangepasst und pädagogisch sinnvoll strukturiert. (PhysioScan, 2025)

Die in der Originalstudie dokumentierte Anwendung der iPlena-AI-Technologie demonstriert eindrucksvoll die praktische Umsetzung KI-gestützter Trainingsinterventionen in der pädiatrischen Physiotherapie. Die Studie untersuchte systematisch die Wirksamkeit asymmetrischer 3-Minuten-Trainingsprogramme, die auf Basis individueller Haltungsanalysen berechnet wurden, im Vergleich zu standardisierten klassischen physiotherapeutischen Übungen. Dabei lag der Schwerpunkt auf der Verbesserung der Haltungskompetenz und Wirbelsäulensymmetrie, der Optimierung der Fußdruckverteilung sowie der Korrektur von Lordose- und Kyphosewinkeln. Die Studienergebnisse offenbarten bemerkenswerte Unterschiede in der Wirksamkeit zwischen den Interventionsgruppen, wobei das

KI-gestützte asymmetrische Training in 93% der Fälle zu signifikanten Verbesserungen der Haltungssymmetrie führte, während die konventionelle physiotherapeutische Gruppe lediglich in 36% der Fälle entsprechende Fortschritte zeigte. Besonders beeindruckend war die Verbesserung der Fußdruckverteilung, bei der 96% der KI-Trainingsgruppe eine signifikante Optimierung der Gewichtsverteilung (>20% Verbesserung) erreichten, verglichen mit nur 12% in der Kontrollgruppe. Diese Ergebnisse unterstreichen die Präzision und Effektivität der KI-basierten Personalisierung, die durch die exakte Analyse individueller Haltungsdefizite und die darauf abgestimmte Übungsauswahl ermöglicht wird. Darüber hinaus zeigte die Studie, dass 57% der Teilnehmer der KI-Trainingsgruppe bereits nach der ersten Sitzung eine spürbare Schmerzreduktion berichteten, während in der konventionellen Therapiegruppe nur 12% entsprechende Verbesserungen angaben. Gleichzeitig war das Risiko einer Schmerzverstärkung in der KI-Gruppe mit 4% deutlich geringer als in der Kontrollgruppe mit 32%, was die Sicherheit und Verträglichkeit der personalisierten Ansätze unterstreicht. Die starke Korrelation zwischen Haltungsverbesserung und Schmerzreduktion in der KI-gestützten Interventionsgruppe (89 %) im Vergleich zur konventionellen physiotherapeutischen Gruppe (24 %) belegt die biomechanische Präzision der algorithmusbasierten Maßnahmen. (NeuronsLab, 2025) Die Implementierung KI-basierter Interventionen in der physiotherapeutischen Praxis eröffnet weitreichende Chancen für die Verbesserung der Behandlungsqualität und -effizienz, bringt jedoch gleichzeitig spezifische Herausforderungen mit sich, die sorgfältige Beachtung erfordern. Zu den bedeutendsten Chancen zählt die Objektivierung der Haltungsanalyse durch die Eliminierung subjektiver Bewertungsfehler, die in der traditionellen manuellen Untersuchung unvermeidlich sind. Die KI-gestützte Analyse ermöglicht eine Präzision im Millimeterbereich und eine Reproduzierbarkeit, die mit konventionellen Methoden nicht erreichbar ist. Darüber hinaus ermöglicht die Technologie eine Standardisierung der Behandlungsqualität, unabhängig von der individuellen Erfahrung des Therapeuten, was besonders in Settings mit begrenzten personellen Ressourcen von unschätzbarem Wert ist. Die Effizienzsteigerung durch KI-basierte Systeme manifestiert sich sowohl in der deutlichen Reduktion der Analysedauer auf wenige Minuten als auch in der parallelen Erfassung und Bewertung multipler Parameter, was in manuellen Verfahren nur sequenziell möglich wäre. Ferner ermöglicht die Skalierbarkeit der

Technologie die Anwendung in verschiedenen Settings, von spezialisierten Physiotherapiepraxen bis hin zu Schulgesundheitsprogrammen. Dadurch können präventive Interventionen einer breiteren Bevölkerung zugänglich gemacht werden. Besonders vielversprechend ist außerdem die Möglichkeit der kontinuierlichen Überwachung und Anpassung der Trainingsprogramme durch die Integration von Feedback-Systemen, die eine dynamische Optimierung der Interventionen ermöglichen. Dennoch bestehen erhebliche Herausforderungen bei der Implementierung KI- basierter Systeme, beginnend mit den hohen Investitionskosten für die erforderliche Hardware und Software sowie dem kontinuierlichen Wartungs- und Aktualisierungsaufwand. Die Notwendigkeit einer umfassenden Schulung des Fachpersonals im Umgang mit der neuen Technologie stellt eine weitere Hürde dar, ebenso wie die Sicherstellung der Datenqualität und -integrität. Insbesondere bei der Anwendung im Kindesalter sind Datenschutz- und ethische Fragestellungen von zentraler Bedeutung, da hier strenge Einwilligungsverfahren und ein besonderer Schutz biometrischer Daten gewährleistet sein müssen. Die technologische Abhängigkeit birgt das Risiko von Systemausfällen und erfordert entsprechende Backup-Strategien, während die Notwendigkeit der kontinuierlichen Aktualisierung der Algorithmen mit neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen eine ständige Herausforderung darstellt. Zudem besteht die Gefahr einer Überabhängigkeit von der Technologie, die die klinische Urteilsfähigkeit der Therapeuten beeinträchtigen könnte. Daher muss die Integration von KI-Systemen als Unterstützung und nicht als Ersatz für professionelle Expertise konzipiert werden. Die Validierung der KI- generierten Empfehlungen durch erfahrene Therapeuten bleibt ein unverzichtbarer Bestandteil eines verantwortungsvollen Implementierungsansatzes. Langfristig versprechen KI-basierte Interventionen eine grundlegende Transformation der physiotherapeutischen Praxis. Sie ermöglichen präzisere Diagnosen, personalisierte Behandlungsansätze und objektivere Erfolgsmessungen. Die erfolgreiche Integration dieser Technologien erfordert jedoch eine sorgfältige Balance zwischen technologischer Innovation und etablierten klinischen Verfahren. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie demonstrieren das erhebliche Potenzial dieser Ansätze, während sie gleichzeitig die Notwendigkeit weiterer Forschung zur Optimierung der Algorithmen und zur Evaluation der Langzeiteffekte unterstreichen. (Korhonen et al., 2020)

2.7. Schroth-Therapie bei pädiatrischer Skoliose

Die Schroth-Therapie ist ein konservatives physiotherapeutisches Behandlungsverfahren zur Behandlung idiopathischer Skoliosen, das in den 1920er-Jahren entwickelt wurde. Auf Grundlage eigener Erfahrungen mit der Erkrankung konzipierte Katharina Schroth ein Therapieansatz, der auf dreidimensionalen Korrekturübungen in Kombination mit einer speziellen Atemtechnik, der sogenannten Drehwinkelatmung, basiert. Im Zentrum der Methode steht die aktive Aufrichtung der Wirbelsäule durch gezielte Muskelaktivierung, Beckenkorrektur und Derotation der betroffenen Rumpfabschnitte. Grundlage sämtlicher Korrekturmaßnahmen entlang der Wirbelsäule ist dabei die Stabilisierung des Beckens als zentraler Ausgangspunkt. Über die Drehwinkelatmung werden die konkaven Rumpfbereiche gezielt belüftet, wodurch eine zusätzliche Entdrehung der Wirbelabschnitte erreicht werden soll. In der praktischen Anwendung wird zwischen verschiedenen Skoliosetypen unterschieden, beispielsweise dreibogigen und vierbogigen Verläufen. Die Befundaufnahme erfolgt in der Regel durch klinische Tests, bildgebende Verfahren wie Röntgenaufnahmen sowie durch funktionelle Analysen. Die therapeutische Intervention orientiert sich an diesen Befunden und umfasst neben der Haltungsverbesserung auch die Schulung der propriozeptiven Wahrnehmung sowie des muskulären Gleichgewichts zwischen konvexen und konkaven Rumpfbereichen. Wesentliche Ziele der Schroth-Therapie sind die Verhinderung des Fortschreitens der Wirbelsäulenverkrümmung im Wachstumsalter, die Verbesserung der Wirbelsäulenstellung und der Erhalt der funktionellen Leistungsfähigkeit. Langfristig sollen operative Eingriffe vermieden und die Lebensqualität der Patienten erhalten bleiben. Studien und Erfahrungsberichte zeigen, dass die Schroth-Therapie insbesondere bei milden bis moderaten Skoliosen bis 30° Cobb-Winkel eine signifikante Reduktion der Krümmung sowie eine Verbesserung der Rumpfhaltung und Atemfunktion bewirken kann. Wichtig ist dabei die konsequente und individuelle Anpassung des Übungsprogramms an das jeweilige Krümmungsmuster sowie eine gute Patienten-Compliance. Darüber hinaus betont das Konzept den biopsychosozialen Therapieansatz. Gerade in stationären Rehabilitationsprogrammen wird die physiotherapeutische Behandlung häufig durch psychologische Begleitung und eine gezielte Schulung im Umgang mit der Erkrankung ergänzt. Dies ist insbesondere im Jugendalter von

Bedeutung, da kosmetische Veränderungen infolge der Skoliose mit psychosozialen Belastungen einhergehen können. Während die Schroth-Therapie auf manuelle Korrektur, Patientenwahrnehmung und spezifische Atemtechniken fokussiert, setzen KI-basierte Kurzzeitprogramme auf personalisierte, digital adaptierte Bewegungsimpulse, die auf Basis einer 360°-Haltungsanalyse generiert werden.

Trotz methodischer Unterschiede verfolgen beide Ansätze das Ziel, die Haltung zu verbessern, muskuläre Dysbalancen auszugleichen und präventiv dem Fortschreiten von Haltungsdeformitäten entgegenzuwirken. Die Kombination aus KI-gestützter Haltungsanalyse, personalisiertem 3-Minuten-Muskelgedächtnistraining, narrativer Schmerzreduktion und bewährten therapeutischen Verfahren wie der Schroth-Methode zeigt vielversprechende Ergebnisse und eröffnet neue Wege für die präventive Haltungsförderung bei Kindern. (Luchsinger-Lang,2005)

2.8. Motivation und Lernverhalten bei Kindern

Bereits von Geburt an zeigen Kinder eine natürliche Tendenz, ihre Umwelt aktiv zu erkunden und neue Erfahrungen zu sammeln. Dieses intrinsisch motivierte Verhalten, das sich in Neugier, Spielfreude und Lernbereitschaft äußert, bildet eine Grundlage für ihre kognitive und soziale Entwicklung. Nach der Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan sind die drei psychologischen Grundbedürfnisse Kompetenz, Autonomie und soziale Eingebundenheit entscheidend für die Entfaltung intrinsischer Motivation. Werden diese Bedürfnisse erfüllt, steigen sowohl das Wohlbefinden als auch die Motivation von Kindern. Bleiben sie hingegen unberücksichtigt, kann dies zu Passivität und Demotivation führen (Ryan & Deci, 2000) Auch Heckenhausen beschreibt in seinem Standardwerk zur Motivationspsychologie, dass Motivation als ein prozessuales Zusammenspiel zwischen Person und Umwelt zu verstehen ist. Besonders im Kindesalter nehmen soziale Kontexte eine zentrale Rolle ein, da sie entweder entwicklungsfördernd oder hemmend wirken können. Die Motivation entwickelt sich demnach nicht linear, sondern ist stark situations- und kontextabhängig. (Heckenhausen & Heckenhausen, 2018) Ein wesentliches Element zur Förderung kindlicher Motivation ist die spielerische Gestaltung von Lern und Bewegungsangeboten. Spiel wirkt motivierend, da es ohne externen Leistungsdruck auskommt und stattdessen durch Freude am Tun geprägt ist. Laut Ryan und Deci stellt intrinsische

Motivation den optimalen Zustand dar, bei dem die Tätigkeit selbst als befriedigend empfunden wird und zusätzliche Belohnungen überflüssig sind. (Ryan & Deci, 2000) Entscheidend hierfür sind positive Rückmeldungen und ein abwechslungsreiches Angebot, das den individuellen Fähigkeiten der Kinder gerecht wird. Erfolgsfeedback, das kompetenzfördernd und unterstützend wird, kann laut Heckenhausen die Leistungsmotivation nachhaltig erhöhen, während negatives oder ausbleibendes Feedback demotivierend wirkt. (Heckenhausen & Heckenhausen, 2018) Ein Scoping-Review von Mackenbrock und Kleinert (2023) zeigt, dass digitale Medien, etwa in Form von Feedback-Apps, interaktiven Lernspielen oder Exergames, positive Effekte auf die Motivation von Kindern im Sportunterricht haben können. Besonders die Möglichkeit, Bewegungsaufgaben individuell anzupassen und sofortiges Feedback zu erhalten, unterstützt das psychologische Bedürfnis nach Kompetenz und Autonomie und steigert somit die Selbstbestimmung der Kinder. Die Studien belegen, dass digitale Medien gezielt eingesetzt dazu beitragen können, motivationshemmende Faktoren wie monotone Übungsformen oder fehlende Erfolgserlebnisse auszugleichen. Besonders kurze, personalisierte digitale Programme zeigen laut der Untersuchung von Mackenbrock und Kleinert eine signifikante Steigerung der intrinsischen Motivation und Bewegungsfreude. Der Einsatz digitaler Medien kann somit helfen, die Motivation in pädagogischen Kontexten zu steigern, vor allem dann, wenn diese individuell und unterstützend angewendet werden (Mackenbrock & Kleinert, 2023) Eltern und Schule nehmen dort eine zentrale Rolle in der motivationalen Entwicklung von Kindern ein. Wie Ryan und Deci (2000) betonen, ist ein unterstützendes soziales Umfeld, das Autonomie fördert und gleichzeitig emotionalen Rückhalt bietet, entscheidend für die Entwicklung selbstbestimmter Motivation. Im schulischen Kontext nehmen Lehrkräfte eine Schlüsselrolle ein, indem sie motivierende Lernumgebungen gestalten und differenzierte Rückmeldungen geben. Auch Heckenhausen und Heckenhausen (2018) unterstreichen die Bedeutung des sozialen Umfelds für motivationale Entwicklungsprozesse. Eltern und Lehrkräfte können durch gezielte Unterstützung und das Angebot motivierender Lerngelegenheiten maßgeblich dazu beitragen, die Leistungsmotivation von Kindern zu fördern und langfristig stabile Lerngewohnheiten zu etablieren.

2.9. Aktueller Forschungsstand

Rückenschmerzen im Kindes- und Jugendalter stellen ein wachsendes Gesundheitsproblem dar, das zunehmend in den Fokus wissenschaftlicher Untersuchungen rückt. Nationale wie internationale Studien belegen, dass bereits im Grundschulalter eine signifikante Anzahl von Kindern unter unspezifischen Rückenschmerzen leidet. In einer dänischen Studie wurde beispielsweise eine Prävalenz zwischen 28% und 48% bei schulpflichtigen Kindern festgestellt, mit einer zunehmenden Tendenz im Jugendalter. (Achar & Yamanaka, 2020) Neben Alter und familiärer Disposition wurden auch psychosoziale Belastungen wie langes Sitzen, schlechtes Schulmobiliar und unzureichende Bewegung als Einflussfaktor identifiziert. Eine früh einsetzende Rückensymptomatik erhöht nachweislich das Risiko für chronische Schmerzen im Erwachsenenalter. Zur Prävention unspezifischer Rückenschmerzen zeigen physiotherapeutische Programme vielversprechende Ergebnisse. In einer Metaanalyse von García-Moreno et al. (2022) wurden 20 Interventionsstudien ausgewertet, die bei Kindern und Jugendlichen signifikante Verbesserungen in der Rumpfmuskulatur, der Körperhaltung, dem Bewegungsverhalten sowie dem Wissen über Rückengesundheit nachweisen konnten. Besonders erfolgreich zeigten sich Maßnahmen, die gezielte Bewegungsförderung, Haltungsübungen und posturale Aufklärung kombinierten. Ein innovativer Forschungsstrang befasst sich mit dem Einsatz von KI in körperlichen Trainings- und Haltungsprogrammen. Ein Scoping-Review von An et al. (2024) untersuchte 24 Studien, in denen KI-basierte Systeme zur Bewegungsförderung eingesetzt wurden. Diese reichen von personalisierten Feedbacksystemen über Chatbots bis hin zu Wearables und virtuellen Coaches. Die Ergebnisse zeigen, dass KI-gestützte Interventionen präziseres Feedback ermöglichen, die Motivation der Nutzenden fördern und zu besseren Ergebnissen hinsichtlich Aktivität, Haltungskorrektur und Schmerzverlauf führen können. Besonders relevant für die Rückengesundheit ist der Einsatz von Computer Vision und Reinforcement Learning zur Echtzeitanalyse von Bewegungsdaten und zur automatisierten Haltungsanpassung bei interaktiven Übungsprogrammen. Zunehmend an Bedeutung gewinnt auch der biopsychosoziale Ansatz. Er berücksichtigt nicht nur biomechanische, sondern auch psychologische und soziale Einflussfaktoren auf Rückenschmerzen. Studien zeigen, dass Stress, Schlafstörungen, schulischer

Leistungsdruck oder familiäre Belastung eng mit Rückensymptomatiken verknüpft sind (Achar & Yamanaka, 2020). Interventionen, die zusätzlich zur Bewegung auch auf Aufklärung, Stressbewältigung und Verhaltensänderung setzen, erzielen nachweislich nachhaltigere Ergebnisse. Dennoch fehlt es bislang an Programmen, die diese Ebenen systematisch mit digitalen Trainingsangeboten kombinieren. Aus der Analyse des aktuellen Forschungsstandes ergeben sich mehrere Forschungslücken. Erstens liegen bislang nur wenige randomisierte, kontrollierte Langzeitstudien zu KI-gestützten Haltungsprogrammen bei gesunden Kindern im schulischen Alltag vor. Zweitens ist unklar, in welcher Dosierung digitale Trainingsangebote ihre maximale Wirkung entfalten. Drittens fehlt es an evidenzbasierten Konzepten, die psychologische Komponenten, wie Stressmonitoring oder motivationsfördernde Elemente, gezielt mit KI-Systemen verknüpfen. Genau hier setzt die vorliegende Masterarbeit an. Sie entwickelt und überprüft ein praxisorientiertes, KI-gestütztes Haltungstraining im Schulsetting, das sowohl körperliche als auch psychosoziale Faktoren berücksichtigt.

3. Methode

Um ein umfassendes Verständnis für die thematischen Grundlagen sowie den aktuellen Stand der Forschung im Bereich der kindlichen Rückengesundheit und KI-basierter Haltungsinterventionen zu gewinnen, wurde zunächst eine gezielte Literaturrecherche durchgeführt. Ziel war es, vorhandene wissenschaftliche Erkenntnisse systematisch zusammenzutragen und daraus wertvolle Impulse für die Konzeption der eigenen empirischen Erhebung abzuleiten. Die Recherche diente zugleich der Vorbereitung der Erhebungsinstrumente und der späteren Interpretationen der Studienergebnisse. Zur Strukturierung des Suchprozesses wurde das PICO-Schema als methodisches Hilfsmittel verwendet (Nordhausen & Hirt, 2020). Dieses Modell ermöglicht es, die einzelnen Bestandteile der Fragestellung klar zu definieren und darauf aufbauend eine effektive Suchstrategie zu entwickeln. Für das vorliegende Thema ergab sich folgende Zuordnung:

P (Population): Grundschulkinder im Alter von 9-11 Jahren

I (Intervention): ein dreiminütiges, personalisiertes KI-gestütztes Muskelgedächtnistraining

C (Comparison): Schroth-Therapie als etablierte physiotherapeutische Vergleichsmaßnahme

O (Outcome): Veränderung der Haltung und Verbesserung der muskulären Stabilität

Basierend auf diesen Komponenten wurden für jeden Begriff sinnverwandte Begriffe und alternative Bezeichnungen festgelegt, um eine möglichst breite und gleichzeitig präzise Trefferquote zu erzielen. Die Verknüpfung der Suchbegriffe erfolgte über logische Operatoren wie AND und OR, um relevante Publikationen systematisch zu identifizieren (Nordhausen & Hirt, 2020).

Für die Literaturauswahl wurden gezielt anerkannte wissenschaftliche Datenbanken und Literaturportale genutzt. Dazu zählten:

OPAC der TUM und LMU, PubMed, Google Scholar

Im Rahmen der Recherche lag der Schwerpunkt insbesondere auf systematischen Reviews, Metaanalysen und Originalstudien, die in den vergangenen Jahren veröffentlicht wurden. Durch diese Vorgehensweise sollte gewährleistet werden, dass die für die Arbeit relevanten Ergebnisse aus aktuellen und qualitativ hochwertigen Studien stammen. Ergänzend zur Datenbankrecherche wurde eine systematische Übersichtsarbeit angestrebt, um die wichtigsten Studienergebnisse zu bündeln und ein umfassendes Bild des Forschungsstandes abzubilden. Hierbei wurde Literatur anhand vorher definierter Kriterien ausgewählt, miteinander verglichen und ausgewertet, wie es in der Methodik systematischer Übersichten vorgesehen ist. (Nordhausen & Hirt, 2020)

3.1. Studiendesign und Vorgehen

Für die vorliegende Untersuchung wurde ein experimentelles Interventionsdesign mit Prä-Post-Messung gewählt. Ziel war es, den Einfluss eines KI-gestützten Trainingsprogramms auf das Erleben von Rückenschmerzen, die Haltung und die Motivation zu gesundheitsförderlichem Verhalten bei Kindern im Alter zwischen 9 und 11 Jahren zu untersuchen. Die Ergebnisse dieser Intervention sollten anschließend mit den Ergebnissen einer anderen Studie verglichen werden, die die Wirksamkeit der etablierten Schroth-Therapie im Kindes- und Jugendalter untersucht hat. Dadurch soll ermittelt werden, ob das digitale, KI-gestützte Training vergleichbare oder sogar bessere Effekte auf Rückenschmerzen und Haltung zeigen kann. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde eine Interventionsgruppe gebildet, die ein digitales, KI-gestütztes Rückentraining durchführte. Die teilnehmenden Kinder erhielten analysierte und visuelle Rückmeldungen, Übungsanleitungen sowie konkrete Hinweise zur Haltungsverbesserung und Rückengesundheit. Die Stichprobe setzte sich aus 17 Kindern im Alter von 9 bis 11 Jahren zusammen. Die Kinder besuchten alle die 4. Klasse in einer Grundschule und nahmen mit Erlaubnis der Erziehungsberechtigten an der Studie teil. Die Erhebung wurde mittels eines standardisierten Fragebogens durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Aspekte abgefragt, darunter die Häufigkeit und Intensität von Rückenschmerzen, das subjektive Haltungserleben und das Erlernen gesundheitsförderlicher Verhaltensweisen. Zusätzlich wurde erfasst, ob und wie häufig die Kinder die Übungen selbstständig wiederholt haben und ob sie sich

durch die Übungen eine Verbesserung ihres Befindens vorstellen konnten. Ein Fragebogen wurde vor der Intervention (Prä-Test) ausgefüllt. Anschließend erfolgte die Durchführung der KI-gestützten Trainingseinheit. Direkt nach dem Abschluss der Übungseinheit bearbeiteten die Kinder erneut einen Fragebogen (Post-Test), um eventuelle Veränderungen in ihrem Schmerzempfinden, Haltungserleben und der Akzeptanz der Trainingsmethode zu erfassen. Das gewählte quantitative Studiendesign ermöglicht es, die subjektiven Einschätzungen und Erfahrungen der Kinder standardisiert zu erfassen und statistisch auszuwerten. Die Erhebung erfolgte in Form eines Fragebogens, der sowohl geschlossene Skalenfragen als auch einzelne offene Fragen enthielt. Durch dieses Studiendesign konnten erste Aussagen über die Wirksamkeit und Akzeptanz der KI-basierten Intervention gewonnen und diese mit den Ergebnissen der Schroth-Studie in Beziehung gesetzt werden.

3.2. Gütekriterien

Zur Beurteilung der Qualität und Aussagekraft der durchgeführten Untersuchung wurden die zentralen Gütekriterien der empirischen Forschung berücksichtigt: Objektivität, Reliabilität und Validität (Perkhofer et al., 2016). Diese stellen die Grundlage für eine methodisch saubere und nachvollziehbare Datenerhebung und -auswertung dar.

Objektivität

Die Objektivität beschreibt das Maß, in dem die Ergebnisse der Untersuchung unabhängig von der durchführenden oder auswertenden Person sind (Hartig et al., 2012). **Durchführungsobjektivität:** Im Rahmen dieser Studie wurde eine hohe Durchführungsobjektivität durch mehrere Maßnahmen sichergestellt. Alle Teilnehmer erhielten eine standardisierte Einführung mit einheitlichen Instruktionen zum Training. Die objektive Haltungsanalyse erfolgte mithilfe des PhysioScan-Systems, das eine berührungslose 360°-Vermessung mit millimetergenauer Präzision ermöglicht und somit subjektive Bewertungsfehler eliminiert. Die Durchführung erfolgte unter standardisierten schulischen Bedingungen, wodurch externe Einflussfaktoren kontrolliert wurden. Sowohl die Sofortmessungen als auch die 4-Wochen-Follow-up-Erhebungen folgten identischen Protokollen.

Auswertungsobjektivität: Die Auswertungsobjektivität war durch mehrere Faktoren gewährleistet. Die primären Outcome-Parameter (Lordose-/Kyphose-Winkel, Wirbelsäulensymmetrie, Beckenstellung, Fußdruckverteilung) wurden vollautomatisch durch das PhysioScan-System erfasst und verarbeitet. Die Rückmeldungen der Kinder erfolgten mittels strukturiertem Eingangsfragebogen mit 26 standardisierten Fragen in acht Kategorien, einschließlich geschlossener Antwortformate (Skalen, Auswahlmöglichkeiten) und wurden anschließend einheitlich codiert. Die KI-gestützte Datenverarbeitung und algorithmusbasierte Trainingsempfehlungen reduzierten zusätzlich das Risiko subjektiver Verzerrungen.
Interpretationsobjektivität: Ein hohes Maß an Interpretationsobjektivität wurde durch vordefinierte Auswertungskriterien erreicht. Die Vergleichsanalyse zwischen KI-gestütztem Training und Schroth-Therapie erfolgte anhand objektiver, quantifizierbarer Parameter. Subjektive Einflussnahme durch die auswertende Person war durch standardisierte Kategorien, anonymisierte Auswertung und die Integration etablierter statistischer Verfahren (t-Tests, ANOVA bei $\alpha = 0.05$) weitgehend ausgeschlossen. Die Interpretationskriterien für Sofort- und Langzeiteffekte wurden a priori definiert und basieren auf wissenschaftlich validierten Grenzwerten (Hartig et al., 2012).

Reliabilität

Die Reliabilität beschreibt die Zuverlässigkeit und Reproduzierbarkeit einer Messung, also die Freiheit von Zufallsfehlern (Hartig et al., 2012). In der Studie wurde besonders viel Wert auf eine hohe Messgenauigkeit und Standardisierung gelegt, sowohl bei der computergestützten Analyse als auch bei dem Fragebogen. Das verwendete Physio-Scan-System arbeitet ohne Berührungen, ist automatisiert und hochpräzise auf Basis einer 360°-Ganzkörperanalyse. Die objektive, softwaregestützte Datenerfassung eliminiert subjektive Bewertungseinflüsse und gewährleistet eine deterministische Reproduzierbarkeit. Das heißt, dass identische Eingangsdaten, die durch die KI-Algorithmen zugrunde liegen, stets zu identischen Ausgaben führen. Die eingesetzte Technologie liefert somit eine gute Basis für eine hohe interne Konsistenz und Objektivität der Messdaten. Darüber hinaus wurde ein strukturierter, kindgerechter Eingangsfragebogen mit 26 Fragen, die wiederum in acht Kategorien aufgeteilt sind, eingesetzt. Der Fragebogen wurde durch visuelle Hilfen wie Smileys, Bildkarten und Körperschemata sowie

durch standardisierte Hinweise zur Durchführung ergänzt. Diese Maßnahmen erhöhen die Interrater-Reliabilität, da sie die Vergleichbarkeit der Antworten der Kinder signifikant verbessern. Eine professionelle Anleitung und visuelle Vereinfachung tragen zur Vermeidung von Interpretationsspielräumen bei. Ein weiterer Aspekt zur Einschätzung der Reliabilität ergibt sich durch die mehrfach durchgeführten Messzeitpunkte (T0 Baseline, T1 direkt nach der Messung, T2 Follow-Up nach vier Wochen). Diese Wiederholungsmessungen unter konstanten Bedingungen ermöglichen eine fundierte Einschätzung der Test-Retest-Reliabilität. Die Stabilität der Ergebnisse über die Zeit hinweg bestätigt dabei die hohe Wiederholungsgenauigkeit der eingesetzten Instrumente. Durch die Kombination aus technologischer Präzision, standardisierter Methodik und mehrfacher Messung lässt sich festhalten, dass eine sehr hohe Reliabilität gewährleistet wurde.

Validität

Die Validität bezieht sich auf die Frage, ob die erhobenen Daten tatsächlich das messen, was sie zu messen vorgeben (Himme, 2009). In der Untersuchung wurde ein multimethodischer Ansatz gewählt, der verschiedene Aspekte der Validität berücksichtigt. **Konstruktvalidität:** Eine zentrale Stärke der Studie liegt in der objektiven Haltungsanalyse mittels des berührungslosen PhysioScans, der spezifisch auf die Erfassung von Wirbelsäulenkrümmungen, Beckenschiefständen sowie Schulter- und Körpersymmetrien ausgerichtet ist. Diese Parameter stehen in direktem Bezug zur Forschungsfrage und den Trainingszielen. Die technisch gestützte Datenerfassung gewährleistet, dass zentrale Konstrukte wie Haltungsqualität, muskuläre Stabilität und biomechanische Asymmetrien messbar und valide erfasst werden. **Kriteriumsvalidität:** Zur Prüfung der externen Validität wurde das KI-gestützte Trainingsprogramm mit der Schroth-Therapie als Referenz verglichen. Dieser Vergleich ermöglicht eine Einschätzung der Wirksamkeit und verleiht den Ergebnissen eine zusätzliche Aussagekraft. Die systematische Erhebung zu drei Zeitpunkten erlaubt eine differenzierte Betrachtung sowohl unmittelbarer als auch anhaltender Effekte. **Inhaltsvalidität:** Der Fragebogen mit den 26 Fragen wurde in acht strukturierte Kategorien in Anlehnung an die Forschungsfrage entwickelt. Besonders relevant sind die Abschnitte zu Muskelgedächtnis **(Kategorie D)** und narrativen Märchen **(Kategorie E**). Kindgerechte Gestaltungselemente erhöhen die Verständlichkeit und die

Augenscheinvalidität. **Ökologische Validität**: Die Durchführung im schulischen Alltag stärkt die Aussagekraft der Ergebnisse. Die gewohnte Umgebung der Kinder sorgt für authentische Reaktionen und erleichtert die Übertragbarkeit auf die Praxis in Schule und Therapie. Insgesamt zeigt sich eine solide Validitätsstruktur mit hoher Relevanz für praktische Anwendungsfelder.

3.3. Ethische Aspekte und Einwilligung

Da die Untersuchung im Rahmen einer studentischen Abschlussarbeit durchgeführt wurde und keine Veröffentlichung der Ergebnisse in Fachzeitschriften oder öffentlichen Datenbanken vorgesehen ist, wurde auf eine formale Einreichung bei einer Ethikkommission verzichtet. Die Studie wurde unter Beachtung der ethischen Richtlinien für Forschung mit Kindern durchgeführt. Alle Eltern gaben ihr schriftliches Einverständnis, die Kinder ihr altersgerechtes Assent. Der Datenschutz wurde durch Anonymisierung und sichere Speicherung gewährleistet. Es wurden grundlegende ethische Prinzipien der Forschung eingehalten, insbesondere im Hinblick auf die Teilnahme von Minderjährigen. Vor Beginn der Datenerhebung wurden die Kinder und Erziehungsberechtigten über Ziel, Ablauf und Inhalte der Studie informiert. Die Einwilligung zur Teilnahme wurde über die Lehrkraft sowie die Schulleitung eingeholt. Alle Kinder nahmen freiwillig an der Erhebung teil und wurden sowohl mündlich als auch schriftlich altersgerecht darüber aufgeklärt, dass sie die Teilnahme jederzeit ohne Angabe von Gründen verweigern oder abbrechen konnten. Ebenso wurde betont, dass die Beantwortung einzelner Fragen ausgelassen werden durfte, sofern diese als unangenehm oder zu persönlich empfunden wurde. Die Anonymität der Teilnehmenden wurde bei der Auswertung gewährleistet. Diese erfolgte pseudonymisiert, sodass keinerlei Rückschlüsse auf individuelle Personen möglich waren. Auch die Weitergabe der Ergebnisse an die Schule erfolgte ausschließlich in aggregierter Form, ohne Einzelzuordnungen. Die erhobenen Daten wurden ausschließlich zu wissenschaftlichen Zwecken im Rahmen dieser Masterarbeit verwendet. Der sensible Umgang mit den Daten orientierte sich an den ethischen Leitlinien für sozialwissenschaftliche Forschung sowie an den Datenschutzregelungen der jeweiligen Bundesländer. Zudem wurde der beteiligten Schule angeboten, die zusammengefassten Ergebnisse der Studie im Nachgang zur Verfügung zu stellen, sodass ein potenzieller Nutzen auch für die schulische Praxis gegeben ist. Durch diese

transparente und respektvolle Vorgehensweise wurde sichergestellt, dass die ethischen Anforderungen im Umgang mit einer vulnerablen Zielgruppe, wie Kindern im schulischen Kontext, verantwortungsvoll erfüllt wurden.

3.4. Stichprobe

Für die vorliegende Untersuchung wurde eine Stichprobe von Kindern im Alter zwischen 9 und 11 Jahren ausgewählt. Diese Altersgruppe entspricht der definierten Zielgruppe der Studie, da in diesem Entwicklungsabschnitt wesentliche kognitive, emotionale und soziale Veränderungen stattfinden, die für die Fragestellung der Arbeit von Bedeutung sind. Als Ein- und Ausschlusskriterien galt, dass ausschließlich Kinder ohne chronische Erkrankungen oder akute Verletzungen in der Studie aufgenommen wurden. Damit sollte sichergestellt werden, dass gesundheitliche Einschränkungen keinen Einfluss auf das Verhalten oder die Leistungsfähigkeit der Teilnehmenden während der Erhebung nehmen. Zudem wurde darauf geachtet, dass die Kinder die Zustimmung der Erziehungsberechtigten zur Teilnahme an der Untersuchung erhalten hatten. Die Stichprobe umfasste insgesamt 17 Kinder. Von diesen waren 10 Kinder 10 Jahre alt, 5 Kinder 9 Jahre alt und 2 Kinder 11 Jahre alt. Die Geschlechterverteilung lag bei 6 Jungen und 11 Mädchen, sodass eine heterogene Zusammensetzung gegeben war. Die angestrebte Stichprobengröße von mindestens 15 Kindern wurde damit erreicht. Die Festlegung der Gruppengröße basierte auf pragmatischen Überlegungen im Hinblick auf Ressourcenverfügbarkeit und organisatorische Umsetzbarkeit. Eine formale Power-Analyse wurde im Vorfeld nicht durchgeführt, da es sich bei der Untersuchung um eine Pilotstudie mit explorativem Charakter handelt, die primär der Erprobung des Untersuchungsdesigns und der Datenerhebungsinstrumente dient. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen als Grundlage für eine nachfolgende Hauptstudie dienen, bei der eine statistisch fundierte Stichprobengröße mittels Power-Analyse bestimmt werden soll.

	Einschlusskriterien	**Ausschlusskriterien**
Population	Kinder im Alter von 9 bis 11 Jahren	Kinder unter 9 oder über 11 Jahren
Intervention	Teilnahme an der Untersuchung bzw. Befragung	Kinder mit akuten Verletzungen oder chronischen Erkrankungen
Outcome(s)	Erhebung zu Lernverhalten, Motivation und vergleichbaren Aspekten	Keine Ausschlusskriterien im Hinblick auf die Outcomes

Tabelle 1 - Ein- und Ausschlusskriterien

Aufbau und Durchführung des Fragebogens

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde ein Fragebogen konzipiert, um bei Kindern das subjektive Erleben von Rückenschmerzen, das Bewusstsein für die eigene Körperhaltung sowie die Einstellungen und Erfahrungen im Umgang mit digitalen Trainingsprogrammen zu erfassen. Der Fragebogen beinhaltete verschiedene Bereiche, die sowohl körperliche Beschwerden als auch Wissen und Einstellungen zum Thema Rückengesundheit abbilden sollten. Zu Beginn wurden die Teilnehmenden gebeten, ihren Namen, ihr Alter und ihre Klassenstufe anzugeben. Der Rest wurde gemeinsam mit den Erziehungsberechtigten oder der Lehrkraft ausgefüllt, um Verständnisfragen zu klären, falls nötig. Zusätzlich wurden Körpergröße und ein ungefähres Körpergewicht abgefragt, um eine grobe Einschätzung der körperlichen Konstitution und möglicher Zusammenhänge mit dem Auftreten von Rückenschmerzen zu ermöglichen. Ein zentraler Bestandteil des Fragebogens betraf die Häufigkeit von Rückenschmerzen beziehungsweise einem müden Rücken. Die Kinder sollten angeben, wie oft sie solche Beschwerden erleben und, falls vorhanden, wie stark die Schmerzen in der Regel

sind. Zusätzlich wurde erfasst, ob den Kindern bereits einmal eine „schiefe Haltung“ oder ein „schiefes Stehen“ rückgemeldet wurde. Ziel war es, das Bewusstsein für die eigene Körperhaltung sowie für mögliche Korrekturen im Alltag zu fördern. Ein weiterer Fokus lag auf der Einschätzung der Rückenübungen. Die Kinder gaben an, ob sie das Gefühl hatten, dass die Übungen hilfreich waren, und wie häufig sie diese selbstständig wiederholt hatten. Außerdem wurden die Kinder gefragt, ob sie sich vorstellen können, täglich ein paar Minuten für gezieltes Rückentraining einzuplanen. Ein besonderer Aspekt des Fragebogens war die Erfassung der Vorerfahrungen der Kinder mit digitalen Medien im Kontext von Haltung und Gesundheit. Dazu wurde erhoben, ob sie bereits vor einem Computer oder Tablet gestanden haben, das ihnen etwas über ihre Haltung angezeigt hat, oder ob sie ein Computerprogramm oder eine App genutzt haben, die ihnen bei Sport- oder Gesundheitsthemen geholfen hat. Darüber hinaus wurde abgefragt, ob sie es interessant fänden, mithilfe einer Geschichte oder eines Märchens Hinweise zur Haltung zu erhalten. Um die Motivation für das Projekt zu messen, sollten die Kinder auf einer Skala von 1 (gar nicht) bis 5 (sehr) angeben, wie sehr sie sich auf die Teilnahme an dem Rückenprojekt freuen. Zudem wurde erfasst, wie sehr sie lernen möchten, ihren Rücken gesund zu halten, ob sie Angst vor Rückenschmerzen haben oder dass etwas mit ihrem Rücken nicht stimmt, und ob sie daran glauben, dass ihre Muskeln lernen können, wie sie sich richtig bewegen sollen. In diesem Zusammenhang wurde auch das Konzept des „Muskelgedächtnisses“ abgefragt. Zur Einschätzung des Bewegungsverhaltens und der Belastung im Alltag wurden die Kinder gebeten, anzugeben, wie viele Stunden sie täglich im Sitzen verbringen, zum Beispiel in der Schule, bei Hausaufgaben oder bei der Nutzung digitaler Medien. Zusätzlich sollten sie benennen, welche Sportarten oder Bewegungsspiele sie am liebsten ausüben und wie oft sie sich pro Woche körperlich betätigen. Auch das Tragen des Schulranzens wurde thematisiert, um mögliche Belastungsfaktoren für den Rücken zu identifizieren. Abschließend hatten die Kinder noch die Möglichkeit, offene Fragen zu stellen oder mitzuteilen, ob sie noch etwas über Rückenschmerzen oder Rückentraining wissen möchten. Insgesamt bietet dieser Fragebogen eine umfassende Erhebung zu den Themen Rückenschmerzen, Haltung, Rückentraining, digitale Unterstützung und Bewegungsverhalten im Kindesalter und ermöglicht damit eine

differenzierte Analyse individueller Beschwerden, Erfahrungen und Bedürfnisse in dieser Altersgruppe.

3.5. Erhebungsinstrumente und Messverfahren

Die Datenerhebung dieser Studie basierte auf einer innovativen Kombination aus modernster KI-gestützter Haltungsanalyse und einem umfassenden kindgerechten Befragungsinstrument, um sowohl objektive körperliche Parameter als auch biopsychosoziale Faktoren bei Grundschulkindern systematisch zu erfassen.

PhysioScan-System: KI-gestützte Haltungsanalyse

Das zentrale technische Instrument bildete das PhysioScan-System, eine smartphone- und tabletbasierte KI-Anwendung zur automatisierten Haltungsanalyse, die eine kostengünstige und mobile Lösung für den Einsatz in Schulen darstellte. Das System nutzte die integrierte Kamera von mobilen Endgeräten zur berührungslosen Erfassung der Körperhaltung und generierte automatisch ein dreidimensionales Wirbelsäulenmodell mit präziser Analyse spezifischer Haltungsabweichungen. Die KI-Algorithmen bewerteten die Gesamthaltung prozentual auf einer Skala von 0 bis 100 Punkten und identifizierten konkrete Fehlhaltungen wie Beckenschiefstände, Knierotationen oder Schulterasymmetrien mit detaillierter Ursachenanalyse der zugrunde liegenden muskulären Dysbalancen. Das System erfasste systematisch die sagittalen Wirbelsäulenkrümmungen durch Messung der Lordose- und Kyphosewinkel, analysierte die frontale Wirbelsäulensymmetrie zur Identifikation skoliotischer Abweichungen und bestimmte die Beckenstellung in allen drei Raumebenen. Die automatisierte Mustererkennung ermöglichte die sofortige Generierung personalisierter Trainingsempfehlungen basierend auf den individuellen Befunden, wobei das System sowohl die spezifischen Haltungsprobleme als auch die betroffenen Muskelgruppen und deren Dysfunktionen analysierte. Die Messungen erfolgten zu drei definierten Zeitpunkten: T0 als Baseline-Erhebung vor der Intervention, T1 zur Erfassung der Soforteffekte unmittelbar nach der ersten Trainingseinheit und T2 als 4-Wochen-Follow-up nach vollständiger Intervention, wobei jede Messung unter drei Minuten dauerte und somit eine hohe Compliance bei der Zielgruppe gewährleistete.

Standardisierter Eingangsfragebogen

Ergänzend zur objektiven Haltungsanalyse wurde ein strukturierter 26-Fragen-Eingangsfragebogen in acht thematischen Kategorien entwickelt, der speziell auf die Bedürfnisse der Zielgruppe der 9-11-jährigen Grundschulkinder zugeschnitten ist. Die Kategorie A (Allgemeine Angaben) erfasste demografische Basisdaten einschließlich Alter, Schulklasse, Körpergewicht und Körpergröße zur Charakterisierung der Stichprobe. Bei fehlenden Angaben seitens der Kinder war eine optionale Messung unter Einholung des elterlichen Einverständnisses vorgesehen. Die Kategorie B (körperliche Aktivität) erfasste systematisch die wöchentlichen Bewegungsgewohnheiten anhand strukturierter Antwortoptionen, die von täglicher Bewegung bis zu weniger als einmal wöchentlicher Aktivität reichten. Zusätzlich wurden bevorzugte Sportarten und Bewegungsspiele im offenen Antwortformat abgefragt. Das Sitzverhalten wurde durch die Einordnung der täglichen Sitzzeiten in Kategorien von unter vier bis über neun Stunden analysiert. Zusätzlich wurde das Schulranzen-Trageverhalten mittels visueller Hilfsmittel und Bildkarten für verschiedene Tragepositionen dokumentiert, da dieses einen direkten Einfluss auf die Haltungsentwicklung haben kann. Die Kategorie C (Körperhaltung und Beschwerden) bildete den Kern der subjektiven Haltungs- und Schmerzbewertung und nutzte kindgerechte Bilderskalen mit Smileys zur Erfassung der Häufigkeit von Rückenschmerzen oder Rückenmüdigkeit in den letzten vier Wochen. Ein speziell entwickeltes anatomisches Körperschema ermöglichte den Kindern die präzise Lokalisation von Schmerzen oder Müdigkeitsgefühlen in den Bereichen Rücken, Nacken und Schultern, wobei mehrere Stellen gleichzeitig markiert werden konnten. Die Schmerzintensität wurde mittels einer visuellen Analogskala mit kindgerechten Gesichtsausdrücken von 0 bis 10 erfasst, und die Fremdeinschätzung der Körperhaltung durch das soziale Umfeld wurde durch strukturierte Nachfragen zu Kommentaren von Eltern, Lehrern oder Ärzten dokumentiert. Die Kategorie D (Wissen über Körper und Haltung) evaluierte das theoretische Fundament der Intervention. Hierfür wurde das Vorwissen zur Bedeutung aufrechter Haltung in offenen Antwortformaten erfasst. Zudem wurden spezifische Fragen zum Muskelgedächtniskonzept als zentrale Grundlage der KI-gestützten Trainingsintervention gestellt. Dabei wurde sowohl der Bekanntheitsgrad des Begriffs als auch das inhaltliche Verständnis durch graduierte

Auswahlmöglichkeiten und ergänzende Erklärungsaufforderungen erfasst. Die Kategorie E (Schmerzverständnis und Gefühle) widmete sich den biopsychosozialen Aspekten der Intervention und bewertete Schmerzängste mittels fünfstufiger Bilderskalen von "überhaupt nicht" bis "sehr stark". Die Präferenz für narrative Lernformate wurde durch Bewertung der Einstellung zu Geschichten und Märchen erfasst, während die kindlichen Vorstellungen zu Schmerzursachen durch offene Antwortformate mit wörtlicher Protokollierung ohne Bewertung oder Korrektur erhoben wurden.

Motivation, Technologie und Abschluss

Die Kategorien F (Motivation und Bereitschaft), G (Technologie und Vorerfahrung) sowie H (Abschließende Fragen) vervollständigten die psychosoziale Erhebung. Erfasst wurden dabei die Lernmotivation im Bereich Rückengesundheit mithilfe von Motivationsskalen mit Symbolen, die Bereitschaft zur Teilnahme an täglichen Trainingseinheiten, die Akzeptanz technischer Verfahren zur computergestützten Haltungsanalyse sowie frühere Erfahrungen mit Gesundheits-Apps oder Haltungsfeedbacksystemen. Die abschließenden Fragen ermittelten die grundsätzliche Teilnahmebereitschaft am Projekt und erfassten offene Fragen oder Interessen der Kinder zur späteren Anpassung der Interventionen.

Kindgerechte Durchführung und technische Integration

Alle Erhebungsinstrumente wurden konsequent altersgerecht für die Zielgruppe der 9 bis 11-Jährigen gestaltet, wobei umfangreiche visuelle Hilfsmittel wie Smileys für Schmerzskalen, anatomische Körperschemata für Schmerzlokalisation, Bildkarten für Schulranzen-Tragepositionen und Motivationsskalen mit kindgerechten Symbolen das Verständnis und die Antwortqualität erhöhten. Standardisierte Testleiter-Hinweise wie "Bei jüngeren Kindern Tagesablauf durchsprechen", "Schmerzskala mit Smileys verwenden" oder "Neutral fragen, ohne Hinweis auf spätere Intervention mit Märchen" gewährleisteten eine einheitliche und professionelle Durchführung bei gleichzeitiger Wahrung der kindgerechten Atmosphäre. Die technische Integration erfolgte über eine digitale Datenerfassung mit automatischer Übertragung in das Auswertungssystem des Algorithmus. Die Echtzeitverarbeitung der PhysioScan-Messdaten ermöglichte dabei die sofortige Generierung personalisierter Trainingsempfehlungen für die

Interventionsgruppe. Das System analysierte nicht nur die aktuellen Haltungsparameter, sondern prognostizierte auch potenzielle Langzeitentwicklungen und mögliche Symptome, wodurch eine präventive und zielgerichtete Intervention ermöglicht wurde. Die systematische Kombination aus objektiver KI-gestützter Haltungsanalyse und strukturierter psychosozialer Befragung schuf die wissenschaftliche Grundlage für die umfassende Evaluation der Wirksamkeit des personalisierten Muskelgedächtnistrainings im direkten Vergleich zur etablierten Schroth-Therapie. Die objektive Quantifizierung der Körperhaltung erfolgte durch die systematische Erfassung spezifischer anatomischer Parameter, die als etablierte Indikatoren für posturale Kontrolle und muskuläre Stabilität bei Kindern gelten. Das PhysioScan-System ermöglichte die präzise Messung dieser Schlüsselparameter mittels automatisierter Bildanalyse und KI-gestützter Mustererkennung.

Lordose-Winkel

Der Lordosewinkel beschreibt die physiologische Krümmung der Lendenwirbelsäule in der sagittalen Ebene und stellt einen zentralen Parameter für die Bewertung der unteren Rückenhaltung dar. Die Messung erfolgte durch die Winkelbestimmung zwischen der oberen Endplatte des ersten Lendenwirbels (L1) und der unteren Endplatte des fünften Lendenwirbels (L5), wobei das PhysioScan-System die anatomischen Landmarken automatisch identifizierte und den Krümmungswinkel berechnete. Physiologische Normwerte für Kinder im Alter von 9-11 Jahren liegen zwischen 40-50°, während Abweichungen sowohl nach oben (Hyperlordose) als auch nach unten (Hypolordose oder Flachrücken) auf muskuläre Dysbalancen und potenzielle Haltungsprobleme hinweisen. Eine verstärkte Lordose deutet häufig auf verkürzte Hüftbeuger und eine schwache Bauchmuskulatur hin, während eine abgeflachte Lordose oft mit verkürzter Gesäßmuskulatur und schwachen Rückenstreckern assoziiert ist. (Cleveland Clinic, 2025)

Kyphose-Winkel

Der Kyphose-Winkel quantifiziert die natürliche Rückwärtskrümmung der Brustwirbelsäule und bildet das Pendant zur lumbalen Lordose in der sagittalen Wirbelsäulengeometrie. Die Messung erfolgte zwischen dem oberen Endpunkt der Brustwirbelsäule (T1/T2) und dem thorakolumbalen Übergang (T12/L1), wobei

das System die charakteristische C-förmige Krümmung der Brustwirbelsäule erfasste und quantifizierte. Optimale Kyphose-Winkel für die Zielgruppe liegen im Bereich von 30-40 Grad, während sowohl Hyperkyphose (verstärkte Krümmung über 50 Grad) als auch Hypokyphose (abgeflachte Krümmung unter 25 Grad) biomechanische Ineffizienzen und potenzielle Gesundheitsrisiken darstellen. Eine verstärkte Kyphose, umgangssprachlich auch als „Rundrücken“ oder „Buckel“ bezeichnet, resultiert typischerweise aus einer verkürzten Brustmuskulatur sowie einer Schwäche der Rhomboiden und des unteren Trapezmuskels. Eine verminderte Kyphose geht hingegen oft mit überspannter Rückenmuskulatur und eingeschränkter thorakaler Mobilität einher. (Lam & Mukhdomi, 2025)

Beckenschiefstand

Der Beckenschiefstand erfasst die Abweichung des Beckens von der horizontalen Ausrichtung in der Frontalebene und stellt einen kritischen Parameter für die Bewertung der funktionellen Körpersymmetrie dar. Das PhysioScan-System maß die Differenz zwischen der Höhe der beiden Beckenkämme (Cristae iliacae) und quantifizierte diese in Millimetern, wobei sowohl die Richtung (rechts höher oder links höher) als auch das Ausmaß der Abweichung dokumentiert wurden. Physiologische Toleranzen liegen bei maximal 3-5 mm Seitendifferenz, während größere Abweichungen auf strukturelle oder funktionelle Asymmetrien hinweisen können. Ein Beckenschiefstand kann unterschiedliche Ursachen haben, darunter Beinlängendifferenzen, einseitige Muskelverspannungen im Bereich der Hüftmuskulatur, asymmetrische Belastungen durch einseitiges Tragen von Lasten wie einem Schulranzen oder kompensatorische Haltungsmuster infolge von Wirbelsäulenkrümmungen. (Haarmeyer, 1956)

Interdependenz der Messparameter

Die drei Messgrößen stehen in direkter biomechanischer Wechselwirkung miteinander und bilden ein integriertes System der sagittalen und frontalen Wirbelsäulenstatik. Ein Beckenschiefstand kann kompensatorische Veränderungen der lumbalen Lordose zur Folge haben, da der Körper versucht, den Schwerpunkt über der Unterstützungsfläche zu halten. Veränderungen der Lendenlordose können zugleich über muskuläre Ketten Auswirkungen auf die thorakale Kyphose haben, da der Körper bestrebt ist, die Gesamtkrümmung der Wirbelsäule

auszugleichen. Das PhysioScan-System erfasste diese Interdependenzen durch die simultane Analyse aller Parameter und ermöglichte dadurch eine ganzheitliche Bewertung der posturalen Kontrolle, die über die isolierte Betrachtung einzelner Messgrößen hinausgeht.

Klinische Relevanz der Messparameter

Die systematische Erfassung dieser drei Schlüsselparameter ermöglichte eine objektive Bewertung der Ausgangssituation jedes Kindes und bildete die Grundlage für die personalisierte Trainingsempfehlung durch den Algorithmus. Das System analysierte nicht nur die aktuellen Messwerte, sondern setzte diese in Relation zu alters- und geschlechtsspezifischen Normwerten und prognostizierte potenzielle Entwicklungstrends. Diese datenbasierte Herangehensweise erlaubte eine präzise Differenzierung zwischen physiologischen Entwicklungsvarianten und pathologischen Haltungsabweichungen. So konnte sowohl Über- als auch Unterbehandlung vermieden werden. Die Wiederholung der Messungen zu den drei definierten Zeitpunkten T0, T1, T2 dokumentierte nicht nur die unmittelbaren und mittelfristigen Trainingseffekte, sondern ermöglichte auch die Bewertung der Nachhaltigkeit der durch das KI-gestützte Muskelgedächtnistraining erzielten Haltungsverbesserungen im direkten Vergleich zur etablierten Schroth-Therapie.

Die systematische Erfassung biopsychosozialer Faktoren erfolgte durch die Entwicklung und Implementierung eines umfassenden, kindgerechten Befragungsinstruments, das etablierte psychometrische Prinzipien mit innovativen narrativen Elementen kombinierte. Anstatt ausschließlich auf bereits validierte Standardinstrumente zurückzugreifen, wurde ein spezifisch für die Zielgruppe der 9-11-jährigen Grundschulkinder sowie für die Besonderheiten der KI-gestützten Haltungsintervention entwickelter 26-Fragen-Eingangsfragebogen konzipiert. Dieser kombinierte bewährte Erhebungsmethoden mit innovativen Ansätzen zur Erfassung der narrativen Schmerzedukation.

Methodische Grundlagen der biopsychosozialen Erfassung

Die theoretische Fundierung des Fragebogens basierte auf dem etablierten biopsychosozialen Modell nach Engel, das körperliche Symptome im Kontext

psychologischer und sozialer Einflussfaktoren betrachtet (Engel, 1977). Für die pädiatrische Anwendung wurde dieses Modell um entwicklungspsychologische Aspekte erweitert, wobei insbesondere die kognitive Entwicklungsstufe, die sprachlichen Fähigkeiten und das soziale Umfeld der Zielgruppe berücksichtigt wurden. Die Operationalisierung biopsychosozialer Faktoren erfolgte durch die systematische Erfassung von Schmerzwahrnehmung und -verständnis (biologische Komponente), Ängsten und Bewältigungsstrategien (psychologische Komponente) sowie familiären und schulischen Einflussfaktoren (soziale Komponente).

Schmerzerfassung und psychologische Parameter

Die **Kategorie E** (Schmerzverständnis und Gefühle) des Eingangsfragebogens griff auf etablierte pädiatrische Schmerzerfassungsmethoden zurück. Zur Einschätzung von Angst wurde eine kindgerechte Bilderskala mit Smileys verwendet, die sich an der etablierten Wong-Baker FACES Pain Rating Scale orientierte. (Wong-Baker FACES Foundation, 2025) Die fünfstufige Graduierung von "überhaupt nicht" bis "sehr stark" ermöglichte eine differenzierte Erfassung von Schmerzängsten, während die offenen Antwortformate zu den vermuteten Schmerzursachen qualitative Einblicke in die kindlichen Krankheitskonzepte boten. Besonders innovativ war die Integration von Fragen zur Präferenz für narrative Lernformate, die als Prädiktor für die Wirksamkeit der geplanten Märchen-Intervention zur Schmerzedukation fungierten. Die Motivationserfassung in **Kategorie F** (Motivation und Bereitschaft) orientierte sich an etablierten motivationspsychologischen Konstrukten, wobei sowohl die intrinsische Motivation (Interesse am Erlernen von Rückengesundheit) als auch extrinsische Faktoren (Bereitschaft zu täglichen Übungen) systematisch erhoben wurden. Die Verwendung von Motivationsskalen mit kindgerechten Symbolen erhöhte die Verständlichkeit und reduzierte potenzielle Antwortverzerrungen durch sprachliche Barrieren. Die Erfassung sozialer Faktoren erfolgte indirekt durch die Analyse der Bewegungsgewohnheiten (**Kategorie B**), des familiären Einflusses auf die Haltungswahrnehmung (**Kategorie C**) und der technologischen Vorerfahrungen (**Kategorie G**). Die systematische Dokumentation der wöchentlichen Sportaktivitäten und des Sitzverhaltens lieferte objektive Hinweise auf den sozioökonomischen Status sowie auf gesundheitsbezogene Gewohnheiten im familiären Umfeld. Ergänzend

bot die Frage nach Kommentaren aus dem sozialen Umfeld zur Körperhaltung (z. B. „Hat dir schon einmal jemand gesagt, dass du schief stehst?“) wertvolle Informationen über mögliche soziale Verstärkungseffekte von Haltungsauffälligkeiten. Die **Kategorie D** (Wissen über Körper und Haltung) implementierte eine konstruktivistische Herangehensweise zur Erfassung des Vorwissens, wobei sowohl deklaratives Wissen (Kenntnis des Muskelgedächtniskonzepts) als auch konzeptuelles Verständnis (Glaube an die Lernfähigkeit von Muskeln) erhoben wurden. Diese Differenzierung ermöglichte die Identifikation verschiedener Wissenstypen und deren potenziellen Einfluss auf den Lernerfolg bei der KI-gestützten Trainingsintervention. Ein besonders innovativer Aspekt der biopsychosozialen Erfassung war die systematische Evaluation der Affinität zu narrativen Lernformaten als Vorbereitung auf die geplante Integration von Kindermärchen zur Schmerzedukation. Die Frage "Hörst du gerne Geschichten oder Märchen?" mit fünfstufiger Bewertungsskala wurde bewusst neutral formuliert, um Erwartungseffekte zu vermeiden, lieferte jedoch wichtige Prädiktoren für die individuelle Responsivität auf die narrative Intervention. Die systematische Erfassung der Technologieakzeptanz und digitalen Vorerfahrungen (**Kategorie G**) trug der zentralen Rolle der KI-gestützten Intervention Rechnung und ermöglichte die Identifikation potenzieller Barrieren oder Verstärker für die Wirksamkeit des digitalen Trainingsansatzes. Die Fragen zu bisherigen Erfahrungen mit Gesundheits-Apps und Haltungsfeedbacksystemen lieferten wichtige Baseline-Daten für die Bewertung der technologischen Interventionseffekte. Obwohl der Fragebogen spezifisch für diese Studie entwickelt wurde, orientierte sich die Konstruktion an etablierten psychometrischen Standards. Die Verwendung multipler Antwortformate (geschlossene Skalen, offene Antworten, visuelle Analogskalen) ermöglichte sowohl quantitative als auch qualitative Datenanalysen. Durch die systematische Integration von Testleiter-Hinweisen konnte die Standardisierung und Reliabilität der Erhebung sichergestellt werden. Die kindgerechte Gestaltung mit visuellen Hilfsmitteln folgte etablierten Prinzipien der entwicklungsangemessenen Testung und erhöhte sowohl die Validität als auch die Akzeptanz des Instruments in der Zielgruppe. Diese methodisch fundierte Herangehensweise zur biopsychosozialen Erfassung ermöglichte eine umfassende Charakterisierung der Studienpopulation und bildete die Grundlage für die differenzielle Analyse der Interventionseffekte unter Berücksichtigung individueller psychosozialer

Einflussfaktoren. Die Verbindung etablierter Erhebungsmethoden mit neuen Elementen zur Evaluation narrativer Interventionen unterstreicht den explorativen Charakter der Studie und leistet einen Beitrag zur wissenschaftlichen Fundierung des KI-gestützten Therapieansatzes.

3.6. Beschreibung der Interventionen

Die vorliegende Intervention hatte das Ziel, die Körperhaltung von Grundschulkindern mithilfe eines kurzen, digitalen, KI-gestützten Übungsprogramms zu verbessern. Dabei sollten nicht nur die Haltungskompetenz und die körperliche Wahrnehmung sensibilisiert werden, sondern auch psychologische Aspekte wie Motivation, Selbstwirksamkeit und Freude an Bewegung gefördert werden. Das personalisierte Training kombinierte gezielt körperliche Aktivität mit digitalen und narrativen Methoden und verfolgte damit ganzheitlich den biopsychosozialen Ansatz. Diese multimodale Verknüpfung von Bewegung, KI-Technologie und Storytelling machte die Haltungsthematik für Kinder zugänglicher und motivierender. Das individualisierte Trainingsprogramm bestand aus einer kurzen Bewegungsabfolge mit dem Fokus auf Haltungsschulung, Gleichgewichtskoordination und Rumpfstabilität. Die einzelnen Übungseinheiten waren so konzipiert, dass sie in drei bis sieben Minuten durchführbar waren und ohne Vorkenntnisse oder spezielle Hilfsmittel ausgeführt werden konnten. Das Ziel war eine regelmäßige, idealerweise tägliche Wiederholung der Übungen. Die Wiederholungsfrequenz blieb jedoch bewusst flexibel gestaltet, um eine Überforderung zu vermeiden und die Selbstbestimmung der Kinder zu fördern. Ein zentraler didaktischer Baustein bildete das speziell entwickelte Kindermärchen zum Thema Schmerzverständnis und Haltungsförderung. Die Geschichte erzählt von einem kleinen Waldtier, das mit Hilfe von "Bewegungszaubern" die eigene Haltung stärkt, Hindernisse überwindet und sich auf eine mutmachende Reise begibt. Dieses narrative Element wurde bewusst zu Beginn der Intervention eingesetzt, um eine emotionale Verbindung zum Thema Körperhaltung aufzubauen und die Aufmerksamkeit der Kinder zu gewinnen. Das Märchen diente gleichzeitig als strukturgebender Leitfaden für die Übungen und sollte durch Identifikation und Vorstellungskraft die körperliche Ausführung erleichtern.

Technische Umsetzung und Studienablauf

Die KI-gestützte Komponente erfolgte über das PhysioScan-System, eine smartphone- und tabletbasierte Anwendung zur automatisierten Haltungsanalyse und personalisierten Übungsgenerierung. Das System nutzte die integrierte Kamera mobiler Endgeräte zur berührungslosen Erfassung der Körperhaltung und generierte automatisch ein dreidimensionales Wirbelsäulenmodell mit präziser Analyse spezifischer Haltungsabweichungen.

Der Studienablauf gliederte sich in die folgenden standardisierten Phasen:

Begrüßung und Baseline-Erhebung (T0): Nach der Begrüßung füllten die Kinder gemeinsam mit dem Testleiter den standardisierten Fragebogen aus. Anschließend erfolgte die erste Haltungsanalyse mittels des PhysioScan-Systems.

Personalisierte Übungsgenerierung: Basierend auf den individuellen Haltungsparametern generierte der KI-Algorithmus personalisierte Übungsempfehlungen. Den Kindern wurden jeweils drei spezifische Übungen vorgeschlagen, aus denen sie eine zur Durchführung auswählen konnten.

Erste Trainingseinheit und Soforteffektmessung (T1): Nach der Erklärung der individualisierten Haltungsberichte führten die Kinder ihre ausgewählte Übung durch. Unmittelbar nach der ersten Trainingseinheit erfolgte eine erneute Haltungsmessung sowie die Bearbeitung des Post-Test-Fragebogens.

Vierwöchige Interventionsphase: Die Kinder erhielten Zugang zu ihrem personalisierten Übungsprogramm für die häusliche Durchführung. Die Haltungsberichte sowie das begleitende Märchen wurden sowohl den Kindern als auch den Eltern und Lehrkräften zur Verfügung gestellt.

Follow-up-Messung (T2): Nach vier Wochen wurden die Kinder zu ihrer subjektiv wahrgenommenen Entwicklung und zur Adhärenz (Häufigkeit der Übungsdurchführung) befragt. Abschließend erfolgte ein dritter Körperscan zur Erfassung der Langzeiteffekte.

Durchführungsmodalitäten

Zur technischen Umsetzung wurden Tablets oder Smartphones mit Internetzugang sowie die speziell entwickelte PhysioScan-Anwendung benötigt. Ergänzend kamen einfache Visualisierungshilfen wie Poster zur Geschichte und Bewegungskarten zum Einsatz. Die technische Implementierung wurde bewusst niedrigschwellig gestaltet, um eine unkomplizierte Anwendung sowohl im häuslichen als auch im schulischen Kontext zu ermöglichen. Die meisten Kinder absolvierten das Training im häuslichen Umfeld, teils unterstützt durch ihre Eltern, teils eigenständig. In einzelnen Fällen wurde das Programm auch im schulischen Kontext im Rahmen von Projektstunden umgesetzt. Die Durchführung wurde dabei durch eine digitale Schritt-für-Schritt-Anleitung unterstützt. Erziehungsberechtigten und Lehrkräften standen auf Wunsch begleitende Informationsmaterialien zur Verfügung. Insgesamt zielte das Programm auf einen niedrigschwelligen, flexiblen und motivierenden Zugang zur Haltungsförderung ab – kindgerecht in Sprache, Inhalt und technischer Gestaltung, während gleichzeitig wissenschaftlich fundierte Messmethoden und individualisierte KI-basierte Interventionsstrategien zum Einsatz kamen.

3.7. Durchführung der Metaanalyse zum Vergleich mit der Schroth-Therapie

Um die Ergebnisse der eigenen Studie in einen breiteren wissenschaftlichen Kontext zu bringen, wurde in dieser Arbeit ein gezielter Literaturvergleich zur Wirksamkeit klassischer Haltungsinterventionen bei Kindern durchgeführt. Der Fokus lag dabei auf Studien, die sich mit der etablierten physiotherapeutischen Schroth-Therapie befassen, welche als konservative Behandlung von Wirbelsäulendeformitäten, insbesondere der idiopathischen Skoliose im Kindes- und Jugendalter, durchgeführt wird. Die systematische Recherche erfolgte über die zuvor genannten Datenbanken mit den Suchbegriffen „Schroth therapy“, „children“, „adolescents“, „posture“, „intervention“ und „Cobb angle“. Berücksichtigt wurde, dass die Studie Probanden im Kindes- und Jugendalter beinhaltete und eine klar definierte Interventionsdauer ausgewiesen war. Es sollten gewisse standardisierte Outcome-Parameter wie die Haltung, Schmerz, Beweglichkeit oder gesundheitsbezogene Lebensqualität erhoben worden sein. Aus diesen Gründen

wurde die Studie von Dimitrijević et al. (2022) als relevant eingestuft und für diese Arbeit genutzt. Sie ist in methodischer Hinsicht als kontrollierte Interventionsstudie mit klar definierten Gruppen (Schroth-Therapie vs. Kontrollgruppe), valider Messung des Cobb-Winkels sowie qualitativer Erhebung der Lebensqualität (SRS-22) eingestuft. Die Studie erfüllte die festgelegten Kriterien in überzeugender Weise. In der Untersuchung nahmen 60 Jugendliche mit idiopathischer Skoliose teil. Die Interventionsgruppe absolvierte über einen Zeitraum von zwölf Wochen dreimal wöchentlich eine 60-minütige Schroth-basierte Übungseinheit unter physiotherapeutischer Anleitung. Im Vergleich zur Kontrollgruppe zeigten sich bei der Interventionsgruppe signifikante Verbesserungen der Wirbelsäulenkrümmung sowie in der subjektiven Lebensqualität. Der Vergleich mit der eigenen Studie zeigt, dass die Schroth-Therapie deutlich intensiver und strukturell komplexer aufgebaut ist, jedoch vergleichbare Wirkungsbereiche aufweist, insbesondere in Bezug auf Körperwahrnehmung, Haltungsverbesserung und subjektives Wohlbefinden. Während die Schroth-Therapie als mehrwöchige, angeleitete Maßnahme im klinischen Setting stattfindet, handelt es sich bei dem in der vorliegenden Studie eingesetzten Ansatz um ein niedrigschwelliges, zeitlich kompaktes Konzept, das sich gut in den Alltag integrieren lässt. Darüber hinaus ist die narrative Einbettung kindgerecht gestaltet und wirkt motivationsfördernd. Trotz der kürzeren Dauer und der geringeren zeitlichen Belastung berichteten viele Kinder in der Untersuchung von einem positiven Effekt auf ihr Haltungsbewusstsein und ihre Motivation zur regelmäßigen Bewegung. Der Vergleich der beiden Studien verdeutlicht, dass digitale Präventionsprogramme, insbesondere wenn sie adaptiv gestaltet, spielerisch aufbereitet und narrativ unterstützt sind, ein vielversprechendes ergänzendes Instrument zur klassischen Physiotherapie darstellen können. Die Schroth-Therapie eignet sich insbesondere bei strukturellen Wirbelsäulenveränderungen, während das vorgestellte KI-gestützte Training vorrangig zur frühzeitigen Förderung von Haltungskompetenz im schulischen und familiären Alltag empfohlen werden kann. Die Ergebnisse liefern zudem wertvolle Hinweise für eine zukünftige Integration digitaler und klassischer Ansätze im Rahmen ganzheitlicher Bewegungsförderung. (Dimitrijević et al., 2022)

3.8. Ablauf und Dauer der Studie

Die vorliegende Studie erstreckt sich über eine Interventionsphase von insgesamt vier Wochen, in der die Teilnehmer regelmäßig ein digitales Trainingsprogramm durchführen. Ziel war es, mögliche Effekte der Intervention auf bestimmte kognitive oder motorische Parameter zu untersuchen, wobei sowohl die Trainingsintensität als auch die individuellen Trainingszeiten dokumentiert wurden. Zu Beginn der Untersuchung fand eine Eingangsmessung unmittelbar nach dem ersten Scan statt. Diese Messung diente als Referenzwert für alle weiteren Vergleiche. Die Teilnehmenden erhielten im Anschluss eine Einführung in das digitale Trainingsprogramm sowie Anweisungen zur Nutzung und Protokollierung ihrer individuellen Trainingszeiten und -umfänge. Die Kinder wurden zudem gebeten, ihre Trainingseinheiten selbstständig oder mithilfe ihrer Eltern zu dokumentieren, um eine möglichst genaue Erfassung der Trainingsintensität über den gesamten Zeitraum zu gewährleisten. Die vierwöchige Interventionsphase war klar definiert und wurde für alle Kinder einheitlich durchgeführt, um vergleichbare Rahmenbedingungen sicherzustellen. Eine abschließende Nachuntersuchung fand vier Wochen nach Beginn des Programms statt. Die vorliegenden Ergebnisse basieren somit sowohl auf den unmittelbar nach dem Eingangsscan erhobenen Ausgangsdaten als auch auf den Follow-up-Erhebungen nach vier Wochen. Durch die zeitlich versetzte Messung konnten nicht nur kurzfristige Effekte, sondern auch erste Hinweise auf die Stabilität der Trainingsergebnisse gewonnen werden. Die weiterführenden Auswertungen ermöglichen darüber hinaus eine fundiertere Einschätzung der Wirksamkeit des Trainingsprogramms im Hinblick auf dessen Nachhaltigkeit und potenzielle Langzeiteffekte.

3.9. Messung von Compliance und Adhärenz

Die Evaluation der Trainingsbeteiligung und -treue erfolgte über mehrere Fragen im Kinderfragebogen, die Rückschlüsse auf die Compliance und Adhärenz ermöglichten. Compliance beschreibt in diesem Zusammenhang, ob die Teilnehmenden die Intervention überhaupt durchgeführt haben, während Adhärenz angibt, in welchem Umfang und mit welcher Motivation dies erfolgte. Die Frage **„Wie oft hast du die Übung wiederholt?“** ermöglichte eine Einschätzung der

praktischen Umsetzung der Trainingsempfehlungen. Die Antwortoptionen reichten von „nicht gemacht“ bis „fast jeden Tag gemacht“. Etwa zwei Drittel der Kinder gaben an, die Übungen regelmäßig durchgeführt zu haben, was in diesem Fall bedeutet, dass sie mindestens einmal oder mehrmals pro Woche stattfanden. Dieses Ergebnis spricht für eine hohe Bereitschaft zur praktischen Umsetzung des dreiminütigen Trainingsprogramms. Die Frage **„Hast du das Gefühl, dass die Übungen dir geholfen haben?“** diente der subjektiven Einschätzung der wahrgenommenen Wirksamkeit und Motivation. Die Mehrheit der Kinder äußerte sich positiv, etwa mit Aussagen wie „Ja“, „Es fühlt sich lockerer an“ oder „Ich denke, ja“. Diese Rückmeldungen lassen auf eine gute Akzeptanz und eine wahrgenommene Sinnhaftigkeit der Übungen schließen – zwei zentrale Indikatoren für Adhärenz im Kindesalter (Schmidt et al., 2022). Eine weitere Frage lautete: **„Würdest du gerne jeden Tag ein paar Minuten Übungen machen, um deinen Rücken zu stärken?“** Sie zielte auf die Erfassung der Trainingsmotivation ab. Die Kinder antworteten beispielsweise mit „Ja, wäre okay“ oder „Ja, sehr gerne“, was auf eine hohe intrinsische Bereitschaft hindeutet, Maßnahmen zur körperlichen Gesundheitsförderung in den Alltag zu integrieren. Diese positive Einstellung gegenüber regelmäßiger Bewegung ist insbesondere vor dem Hintergrund der zunehmenden körperlichen Inaktivität im Kindesalter als förderlich einzuschätzen (WHO, 2020). Insgesamt deuten die erhobenen Daten auf eine erfreulich hohe Beteiligung und positive Einstellung der Kinder gegenüber dem 3-Minuten-Muskelgedächtnistraining hin. Die Kombination aus altersgerechter Ansprache, digitaler Begleitung und einem Kindermärchen über die Rückengesundheit, bildet offenbar eine gute Grundlage, um die Umsetzung gesundheitsbezogener Maßnahmen bereits im Kindesalter zu fördern. Aus langfristiger Perspektive ist die Stärkung solcher gesundheitskompetenten Verhaltensweisen ein bedeutsamer Beitrag zur Primärprävention muskuloskelettaler Beschwerden.

3.10. Datenauswertung

Nach Abschluss der Datenerhebung wurden die erhobenen Daten aus den Fragebögen und den objektiven Haltungsmessungen systematisch aufbereitet und ausgewertet. Die Datenverarbeitung erfolgte manuell in Zusammenarbeit mit dem Betreuer und wurde durch eine unterstützende KI-Anwendung ergänzt, die

zur Kategorisierung, Mustererkennung und Ermittlung statistischer Zusammenhänge eingesetzt wurde. Auf diese Weise konnten sowohl deskriptive als auch inferenzstatistische Analysen präzise und effizient durchgeführt werden.

Stichprobe und Datenqualität

Von insgesamt 17 erhobenen Datensätzen konnten alle in die Auswertung einbezogen werden (n=17), da keiner der Datensätze die vordefinierten Ausschlusskriterien erfüllte. Die Stichprobe setzte sich aus 11 Mädchen und 6 Jungen im Alter zwischen 9 und 11 Jahren zusammen, die alle die 4. Klasse einer Grundschule besuchten.

Die Datenerhebung erfolgte zu drei klar definierten Zeitpunkten:

T0 (Baseline): Prä-Test-Fragebogen und erste objektive Haltungsmessung mittels des PhysioScan-Systems vor Beginn der Intervention

T1 (Soforteffekt): Post-Test-Fragebogen und zweite Haltungsmessung unmittelbar nach der ersten KI-gestützten Trainingseinheit

T2 (Follow-up): Dritte Haltungsmessung und Nachbefragung zur Adhärenz vier Wochen nach Interventionsbeginn

Operationalisierung der Variablen

Für die Analyse wurden die erhobenen Merkmale entsprechend ihres Skalenniveaus kategorisiert und im Hinblick auf die Forschungsfragen untersucht:

Nominalskalierte Variablen umfassten das Geschlecht der Kinder, Angaben zu Vorerkrankungen, Präferenzen hinsichtlich Sportarten sowie qualitative Rückmeldungen zur Trainingsakzeptanz und zum narrativen Märchenelement. Diese kategorialen Variablen ohne natürliche Rangordnung wurden gemäß ihrer nominalen Struktur ausgewertet.

Ordinalskalierte Merkmale umfassten die Bewertung der eigenen Körperhaltung vor und nach der Intervention (mittels Likert-Skalen), subjektive Einschätzungen zur Körperwahrnehmung, zur Schmerzintensität (visuelle Analogskala), zum Motivationsgrad sowie zur Selbsteinschätzung des Trainingserfolgs. Diese

Variablen wurden für die statistische Analyse numerisch codiert und mit Unterstützung KI-basierter Auswertungsverfahren analysiert.

Metrische Variablen umfassten die objektiv erhobenen Haltungsparameter aus dem PhysioScan-System:

Lordosewinkel (physiologischer Normbereich: 40-50°)

Kyphosewinkel (physiologischer Normbereich: 30-40°)

Beckenschiefstand (Toleranzbereich: ≤3-5mm Seitendifferenz)

Schultersymmetrie und weitere dreidimensionale Wirbelsäulenparameter

Statistische Analyseverfahren

Deskriptive Statistik: Im Rahmen der deskriptiven Auswertung wurden zunächst Häufigkeiten und Verteilungen der soziodemografischen Merkmale sowie der Ausgangswerte erhoben. Anschließend wurde die Wirkung des personalisierten KI-gestützten 3-Minuten-Trainings auf die objektiv erfassten Haltungsparameter und die subjektiven Einschätzungen der Teilnehmenden untersucht. Dabei standen vor allem die Veränderungen der gemessenen Wirbelsäulenwinkel, die subjektive Verbesserung des Körpergefühls sowie die Akzeptanz der digitalen Intervention im Fokus.

Inferenzstatistik: Zur Prüfung signifikanter Veränderungen zwischen den Messzeitpunkten sowie zur Identifikation von Zusammenhängen zwischen Trainingseffekten und soziodemografischen oder trainingsbezogenen Faktoren wurde ein Konfidenzniveau von 95% gewählt. Als statistisch bedeutsam galten Ergebnisse mit einem p-Wert kleiner als 0,05. Für die Analyse von Zusammenhängen zwischen ordinalskalierten Variablen wurde der Spearman-Rangkorrelationskoeffizient verwendet, da dieser speziell bei nicht normalverteilten und geordneten Daten geeignet ist und zudem robust gegenüber Ausreißern reagiert. Für nominalskalierte Merkmale kam der Chi-Quadrat-Test zum Einsatz, unterstützt durch Kreuztabellen zur Veranschaulichung möglicher Zusammenhänge zwischen kategorialen Variablen. Prä-Post-Vergleiche der objektiven Haltungsparameter wurden mittels gepaarter t-Tests (bei normalverteilten Daten) beziehungsweise

Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests (bei nicht-parametrischen Daten) durchgeführt, um die Effektivität der KI-gestützten Intervention zu quantifizieren.

Qualitative Datenauswertung

Die offenen Antworten aus dem Fragebogen, insbesondere zu den Bereichen Körperwahrnehmung, Märchen-Akzeptanz und Trainingsmotivation, wurden mittels strukturierter Inhaltsanalyse ausgewertet. Dabei wurden wiederkehrende Themen und Muster identifiziert, die zur Interpretation der quantitativen Befunde beitrugen und Einblicke in die subjektive Wahrnehmung der Kinder lieferten.

Methodische Besonderheiten

Die Kombination aus objektiven KI-basierten Haltungsmessungen und subjektiven Selbsteinschätzungen ermöglichte eine mehrdimensionale Bewertung der Interventionseffekte. Die kurzen Messzeiten von unter drei Minuten pro Scan sowie die kindgerechte Gestaltung der Erhebungsinstrumente trugen zu einer hohen Compliance und Datenqualität innerhalb der spezifischen Zielgruppe der Grundschulkinder bei.

4. Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die erhobenen Daten aus der Evaluation des digitalen, KI-gestützten 3-Minuten-Trainings dargestellt. Die Ergebnispräsentation orientiert sich an den thematischen Schwerpunkten des entwickelten Fragebogens, an den subjektiven Einschätzungen zu Motivation, Nutzen und Umsetzung sowie an den objektiv erfassten Veränderungen der Körperscans. Zunächst erfolgt eine Beschreibung der Stichprobe sowie der Sofort- und 4-Wochen-Effekte, ergänzt durch einen Vergleich mit der Schroth-Therapie. Diese differenzierten Auswertungen dienen der gezielten Überprüfung der zuvor formulierten Hypothesen und ihrer anschließenden Einordnung, welche am Ende des Kapitels reflektiert wird.

4.1. Beschreibung der Stichprobe

Für die Durchführung der Studie wurde gezielt eine Stichprobe von Kindern im Grundschulalter ausgewählt. Die Altersgruppe zwischen 9 und 11 Jahren wurde bewusst gewählt, da sie sich in einer sensiblen Entwicklungsphase befindet, in der grundlegende Veränderungen der Körperwahrnehmung, des Bewegungsverhaltens und der psychosozialen Entwicklung stattfinden. Da das Ziel der Studie die Förderung der Haltungskompetenz durch ein digital gestütztes, KI-basiertes Übungsprogramm war, erschien diese Altersgruppe besonders geeignet.

Insgesamt nahmen 17 Kinder an der Untersuchung teil. Die Altersverteilung stellte sich wie folgt dar: Fünf Kinder waren 9 Jahre alt, zehn Kinder 10 Jahre alt und zwei Kinder 11 Jahre alt. In der Geschlechterverteilung zeigte sich ein leichter Überhang bei den Mädchen (n = 11) gegenüber den Jungen (n = 6). Trotz dieser leichten Ungleichverteilung lag insgesamt eine heterogene Stichprobenzusammensetzung mit Blick auf Alter und Geschlecht vor. Für die Teilnahme wurden klare Ein- und Ausschlusskriterien definiert. Ausgeschlossen wurden Kinder mit diagnostizierten chronischen Erkrankungen oder akuten körperlichen Beschwerden, um eine möglichst unbeeinträchtigte Durchführung der Übungen zu gewährleisten und potenzielle Verzerrungen im Antwortverhalten zu vermeiden. Eine weitere Teilnahmevoraussetzung war die schriftliche Einverständniserklärung der Erziehungsberechtigten, die vor Studienbeginn eingeholt wurde. Die

Größe der Stichprobe wurde unter pragmatischen Gesichtspunkten festgelegt, wobei die zeitlichen, organisatorischen und personellen Rahmenbedingungen der Studienzusammensetzung berücksichtigt wurden. Eine formale Berechnung der erforderlichen Fallzahl im Sinne einer Power-Analyse wurde nicht vorgenommen, da es sich um eine explorative Pilotstudie handelt. Ziel war es, die Machbarkeit der Intervention zu prüfen, die Anwendbarkeit des Evaluationsdesigns zu testen und erste Rückmeldungen der Zielgruppe einzuholen. Die gewonnenen Ergebnisse sollen als Grundlage für mögliche Folgestudien mit größeren Stichproben dienen.

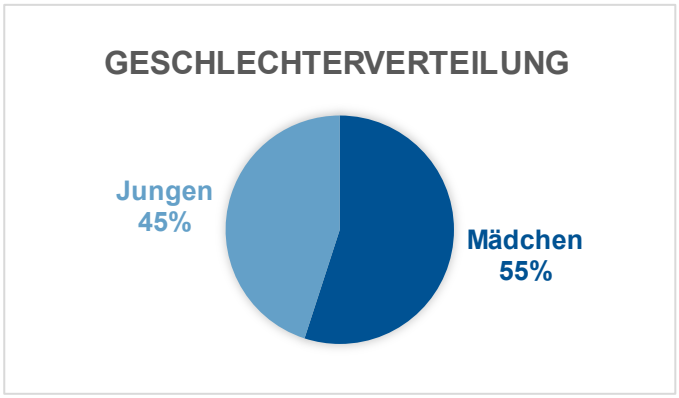


Abbildung 1 - Geschlechterverteilung der Stichprobe in der eigenen Studie

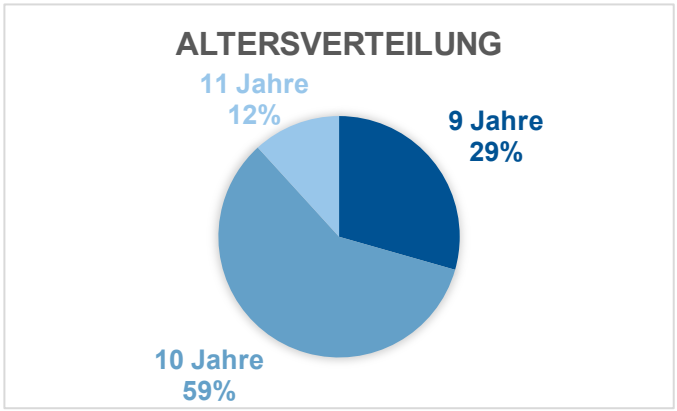


Abbildung 2 – Altersverteilung der Stichprobe in der eigenen Studie

4.2. Soforteffekte der KI-gestützten Trainingsinterventionen

Die Analyse der Daten zur unmittelbaren Veränderung zwischen dem Eingangsscan und dem zweiten Körperscan zeigt erste vielversprechende Effekte der Intervention auf die Körperhaltung der Kinder. Obwohl es sich um Momentaufnahmen handelt, deuten die Ergebnisse bereits auf spezifische Anpassungen hin, die durch die gezielte Aktivierung körperlicher und propriozeptiver Prozesse ausgelöst wurden. In der Brustwirbelsäule konnte eine deutliche Reduktion der Vorneigung festgestellt werden. Auffälligkeiten wie ein betonter Rundrücken oder ein sogenannter „Handynacken“, der zunehmend bei Kindern und Jugendlichen infolge sitzender Tätigkeiten und intensiver Mediennutzung beobachtet wird, traten nach der ersten Übungseinheit weniger stark auf. Eine verbesserte Aufrichtung des Oberkörpers ließ sich ebenfalls beobachten, was auf eine kurzfristige Aktivierung und Kräftigung der aufrichtenden Muskulatur zurückgeführt werden kann. Auch in der Lendenwirbelsäule zeigten sich erste Anpassungen: Bei vielen Kindern war vor der Intervention eine ausgeprägte Hyperlordose (Hohlkreuz) erkennbar, die sich nach der Übungseinheit reduzierte. Dies lässt auf eine gezielte Entlastung der Lendenregion und eine verbesserte Beckenstellung schließen. Diese Veränderungen könnten sowohl auf eine kurzfristige muskuläre Balanceverbesserung als auch auf eine gesteigerte Körperwahrnehmung zurückzuführen sein. Ein weiterer auffälliger Parameter war die Armhaltung: Während die Arme direkt nach dem Eingangsscan häufig enger oder asymmetrisch am Körper lagen, wurden sie nach der Übungseinheit vermehrt symmetrisch und entspannter neben dem Körper gehalten. Dies deutet auf eine verbesserte Mobilität im Schulter-Nacken-Bereich sowie auf eine Integration der Haltungskorrekturen im Schultergürtel hin. Auch die Schulterstellung zeigte sich nach der Intervention in mehreren Fällen ausgeglichener, was auf eine Reduktion muskulärer Dysbalancen im oberen Rumpfbereich schließen lässt. Insgesamt weisen die Ergebnisse nach der ersten Übungseinheit auf eine verbesserte Haltung, gesteigerte Rumpfstabilität und eine erhöhte motorische Kontrolle hin. Trotz der kurzen Dauer des 3-Minuten-Trainings, ließen sich bereits direkt im Anschluss positive Veränderungen feststellen. Dieser Soforteffekt spricht für die hohe Reaktionsfähigkeit des Bewegungsapparates des Kindes und betont die Relevanz von gezielter digitaler Bewegungsförderung mit unmittelbarem Feedback.

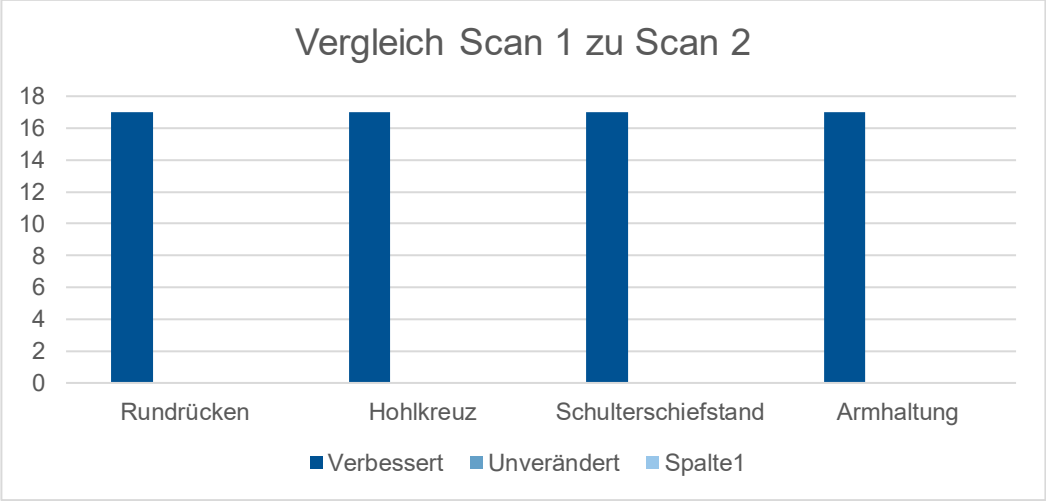


Abbildung 3 – Vergleich des Körperscans 1 zu 2 anhand verschiedener Kriterien

Körperscan (Beispiel)

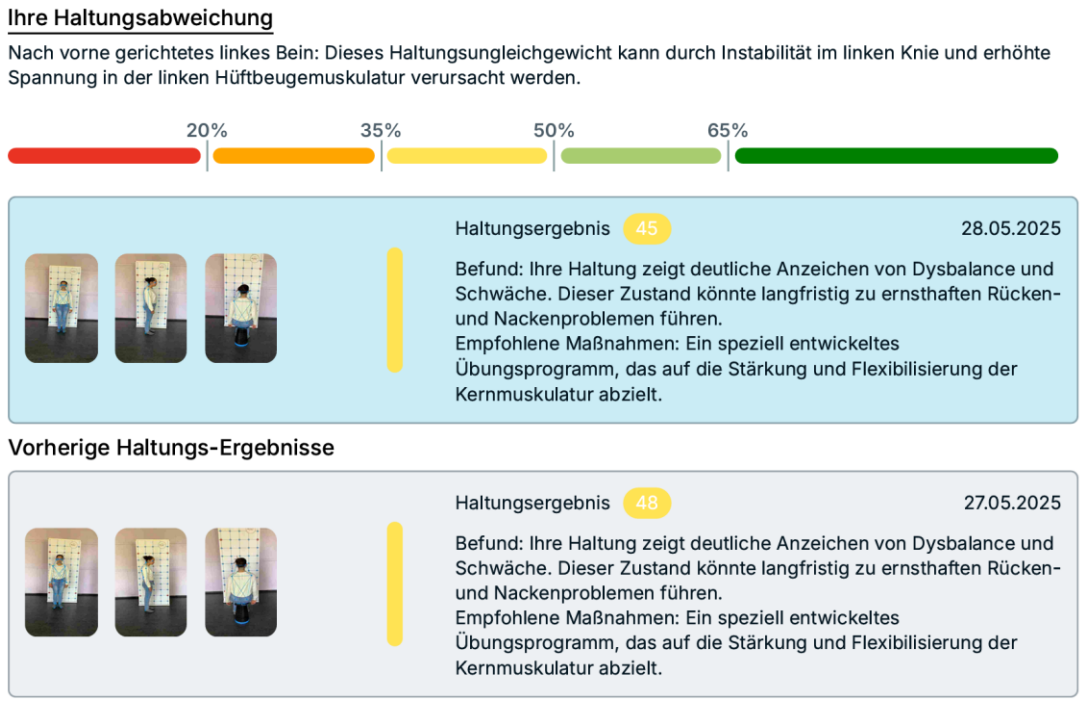


Abbildung 4 - Auswertung der Haltungsabweichung eines Beispielscans

Anzeichen für Ungleichgewichte

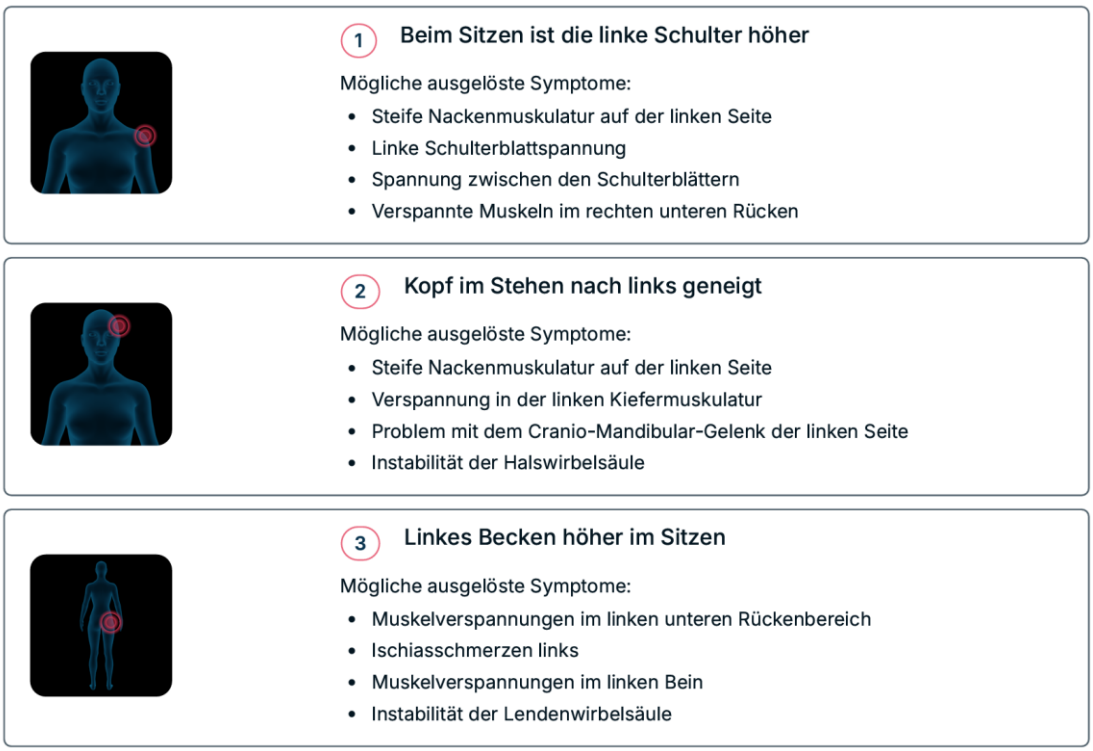


Abbildung 5 - Mögliche Anzeichen für Ungleichgewichte (Beispielscan)



Abbildung 6 - Vorgeschlagene individuelle Übungen für die Person des Beispielscans

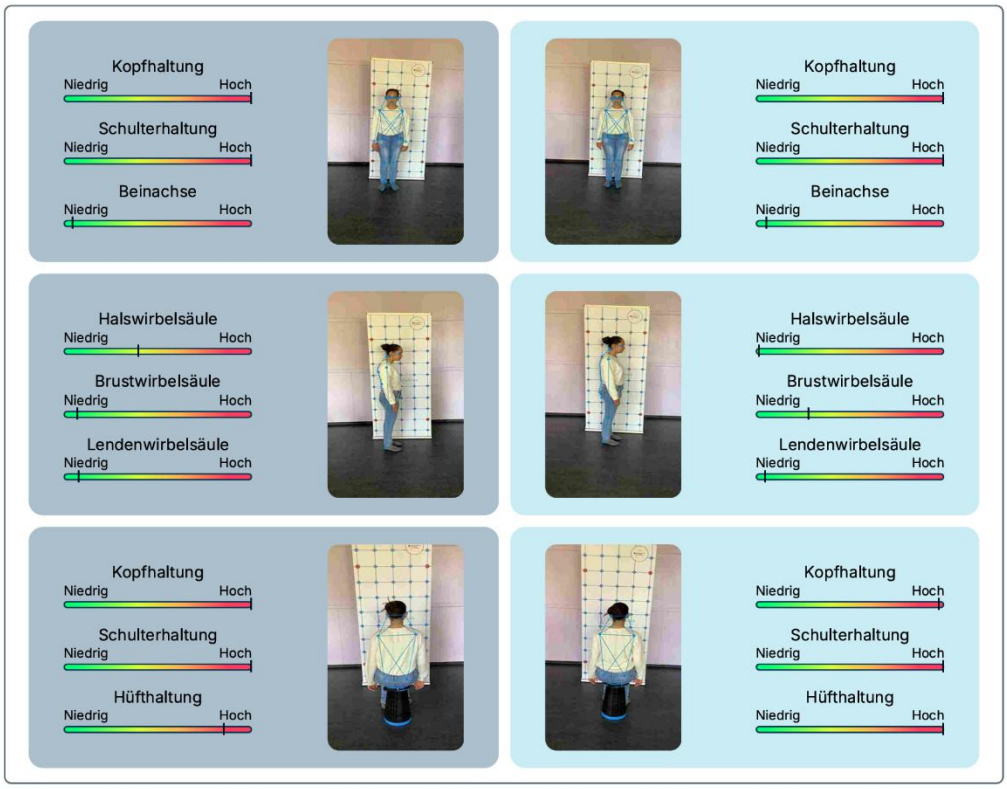


Abbildung 7 - Auswertung des Beispielkörperscans anhand einzelner Kriterien

4.3. Ergebnisse nach 4-Wochen-Intervention

Die Messung des dritten Körperscans erfolgte vier Wochen nach Beginn der Intervention. Im Vergleich zur ersten Messung vor dem KI-gestützten Training zeigten sich positive Veränderungen, die entweder stabil blieben oder sich im Verlauf weiter verbesserten. Dies deutet darauf hin, dass die wiederholte Anwendung des individuell vorgeschlagenen Übungsprogramms über den gesamten Interventionszeitraum hinweg eine nachhaltige Wirkung auf Haltung und Rumpfstabilität der Kinder hatte. Besonders deutlich waren die Verbesserungen bei den Parametern der Brustwirbelsäule, Beckenstellung und dem Schulterschiefstand. Auffälligkeiten aus dem ersten Scan, wie eine ausgeprägte Hyperlordose (Hohlkreuz) oder ein betonter Rundrücken, traten im weiteren Verlauf deutlich seltener auf. Auch die symmetrische Armhaltung und eine ausgeglichene Muskelspannung im Schultergürtel konnten im dritten Scan erneut bestätigt werden. Diese Entwicklungen spiegelten sich auch in der quantitativen Bewertung wider: Die Haltungsscores blieben konstant oder verbesserten sich weiter. Bei keinem Kind wurde eine Rückentwicklung der zuvor erreichten Verbesserungen festgestellt.

Vielmehr ließ sich ein durchgehend positiver Trend von Scan 1 bis Scan 3 dokumentieren. Dieses Ergebnis spricht für die hohe Wirksamkeit und potenzielle Nachhaltigkeit des eingesetzten Trainingskonzepts, vorausgesetzt, die empfohlenen Übungen werden regelmäßig durchgeführt. Im Rahmen der explorativen Datenanalyse konnte durch den Vergleich der Scores zwischen der ersten und der letzten Messung ein positiver Verlauf beschrieben werden. Eine statistische Signifikanzprüfung war aufgrund der geringen Fallzahl methodisch zwar nur eingeschränkt interpretierbar, dennoch deuten die Effektstärken auf relevante Veränderungen im Bereich der Haltungskorrektur hin. Auch ohne formale p-Werte verdeutlichen die beobachteten Trends den Nutzen der Intervention im Hinblick auf die Prävention und Frühförderung kindlicher Haltungsgesundheit. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die KI-gestützte Intervention nicht nur kurzfristige Effekte auf das motorische System auslöste, sondern auch zur Stabilisierung und potenziellen Verstärkung funktioneller Verbesserungen beitragen konnte. Die Kombination aus kindgerechten Übungsaufgaben und narrativer Einbettung durch das Märchenelement erwies sich dabei als zentraler Erfolgsfaktor.

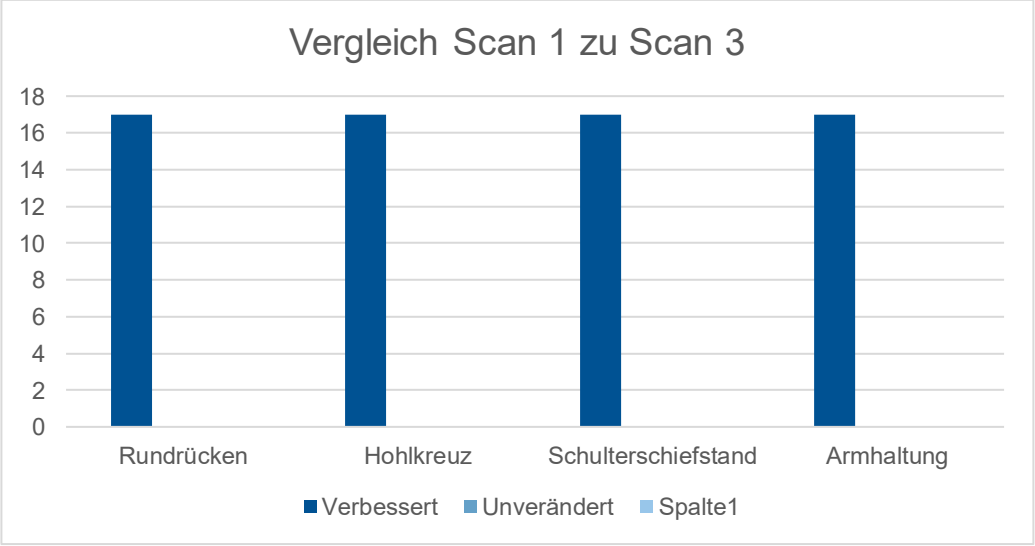


Abbildung 8 - Vergleich des Körperscans 1 zu 3 anhand verschiedener Kriterien

4.4. Wirkung der narrativen Kindermärchen auf Schmerzverständnis

Ein zentraler Bestandteil der Intervention war die Vermittlung von Wissen über Schmerz, Körperhaltung und Rückengesundheit mithilfe eines kindgerechten Märchens. Im Fragebogen wurden zwei zentrale Fragen gestellt, die sich direkt auf dieses narrative Element bezogen: **„Findest du es gut, wenn du durch eine Geschichte oder ein Märchen etwas über deinen Körper lernen kannst?“** und **„Hörst du gerne Geschichten oder Märchen?“**. Die Ergebnisse dieser Fragen zeigen, dass diese Form der Aufbereitung von einem Großteil der Kinder positiv aufgenommen wurde. Die erste Frage wurde mehrheitlich mit Zustimmung beantwortet, und viele gaben zusätzlich an, generell gerne Geschichten und Märchen zu hören. Diese Rückmeldungen deuten darauf hin, dass die Integration eines narrativen Elements in Form eines Märchens die kindliche Aufmerksamkeit und Motivation fördern konnte. Vor dem Hintergrund, dass Kinder generell besonders empfänglich für bildhafte, emotional ansprechende Lernformate sind, scheint der gewählte Zugang über das Märchen eine geeignete Methode zur Einführung in ein körperbezogenes Thema wie die Rückengesundheit zu sein. Die direkten Rückmeldungen auf die genannten Fragen sprechen dafür, dass narrative Vermittlungsformen in bewegungsbezogenen Präventionsprogrammen nicht nur akzeptiert, sondern aktiv als bereichernd erlebt werden.

4.5. Systematischer Vergleich mit der Schroth-Therapie

Die Schroth-Methode ist eine etablierte konservative Therapieform, die insbesondere zur Haltungskorrektur und bei Skoliose Anwendung findet. In der herangezogenen Studie zur Schroth-Therapie wurde die Wirksamkeit dieser Methode bei Jugendlichen mit idiopathischer Skoliose untersucht. Über einen Zeitraum von sechs Monaten führten die Teilnehmenden fünfmal wöchentlich jeweils 45 Minuten lang angeleitete Schroth-Übungen durch. Die Ergebnisse zeigten signifikante Verbesserungen in verschiedenen Bereichen. Sowohl der Cobb-Winkel als objektiver Parameter zur Beurteilung der Wirbelsäulenverkrümmung als auch subjektive Maße wie Lebensqualität und Körperbild verbesserten sich messbar. Besonders deutlich waren die Effekte auf Haltungsstabilität und Rumpfkontrolle.

Im Vergleich dazu war die eigene Untersuchung deutlich niederschwelliger und zeitlich weniger intensiv. Die Kinder führten über vier Wochen hinweg ein digitales, KI-gestütztes Trainingsprogramm durch, das pro Einheit nur drei bis vier Minuten beanspruchte. Trotz der geringeren Dauer und Intensität zeigten sich in der eigenen Studie vergleichbare Entwicklungen in Bezug auf die Körperaufrichtung, symmetrische Haltung und Reduktion von Schulterschiefständen. Während die Schroth-Therapie auf strukturelle Fehlstellungen wie Skoliose fokussiert ist und in einem physiotherapeutisch begleiteten Setting durchgeführt wird, zielt das KI-gestützte Programm stärker auf Haltungsbewusstsein, Bewegungsförderung und kindliche Selbstwahrnehmung ab. Die digitale Intervention wurde zwar von einem Physiotherapeuten im Vorfeld überprüft, jedoch primär eigenständig von den Kindern durchgeführt. Unterstützt wurde sie durch ein kindgerechtes Märchen, das neben Motivation auch Körperverständnis fördern sollte. Trotz dieser konzeptionellen Unterschiede zeigen beide Ansätze Gemeinsamkeiten im Ziel: die nachhaltige Verbesserung der Körperhaltung und der Ausgleich muskulärer Dysbalancen. Bereits nach vier Wochen konnten im Rahmen der KI-gestützten Intervention deutliche Verbesserungen in der Brustwirbelsäule, der Beckenstellung und der Schulterbalance beobachtet werden. Dies unterstreicht, dass auch kürzere, digital unterstützte Trainingsformate relevante Effekte erzielen können, vorausgesetzt, sie sind zielgerichtet und kindgerecht konzipiert. Während die Schroth-Therapie insbesondere bei klinischen Indikationen und zur strukturellen Prävention eingesetzt wird, bietet die digitale Intervention ein vielversprechendes Werkzeug im schulischen und familiären Alltag. Perspektivisch könnten beide Ansätze kombiniert werden, um sich gegenseitig zu ergänzen und individuelle Bedürfnisse gezielter abzudecken.

4.6. Compliance und Nutzverhalten

Ob das Trainingsprogramm tatsächlich genutzt und akzeptiert wurde, ließ sich anhand gezielter Fragen zum individuellen Übungsverhalten im Evaluationsfragebogen einschätzen. Die Analyse der Antworten liefert Erkenntnisse zur Häufigkeit der Durchführung, zur subjektiven Motivation sowie zu Beweggründen für Teilnahme oder Nichtteilnahme. Die meisten Kinder gaben an, das Programm

zumindest gelegentlich durchgeführt zu haben. Etwa zwei Drittel der Kinder wiederholten das Training mehrmals pro Woche. Einige gaben sogar an, die Übungen täglich durchgeführt zu haben. Diese Angaben sprechen für eine insgesamt hohe Trainingstreue. Einzelne Kinder führten die Übungen jedoch nur selten oder gar nicht durch. Genannte Gründe hierfür waren unter anderem „Zeitmangel“, „keine Lust“ oder schlichtes „Vergessen“. Technische Schwierigkeiten wurden nur vereinzelt berichtet, was auf eine altersgerechte und funktional gelungene digitale Umsetzung schließen lässt. Dass die Übungen akzeptiert wurden und die Motivation der Kinder hoch war, zeigte sich ebenfalls in den Antworten. Viele Kinder äußerten, dass ihnen die Übungen Spaß machten und sie sich weitere ähnliche Trainings wünschen würden. Besonders häufig wurde das Märchen als motivierend beschrieben und mit Begriffen wie „spannend“ oder „cool“ bewertet. Dies unterstreicht die Bedeutung emotionaler Ansprache und kreativer Vermittlungsformen in digitalen Präventionskonzepten. Zudem äußerten zahlreiche Kinder ihre grundsätzliche Bereitschaft, regelmäßig kurze Bewegungseinheiten durchzuführen. Die Ergebnisse belegen somit, dass das KI-gestützte Trainingsprogramm von der Mehrheit der Teilnehmenden positiv angenommen wurde. Die Kombination aus personalisierter Anleitung, digitaler Interaktivität und narrativer Einbettung scheint geeignet, um die Motivation von Grundschulkindern zur Teilnahme an präventiven Bewegungsprogrammen zu fördern und eine regelmäßige Durchführung im Alltag zu unterstützen. Gleichzeitig zeigt die beobachtete Varianz im Nutzungsverhalten, dass auch bei niedrigschwelligen Angeboten individuelle Unterschiede in Motivation und Kontextbedingungen bestehen bleiben. Diese Faktoren sollten künftig bei der Konzeption und Umsetzung vergleichbarer Programme berücksichtigt werden.

4.7. Auswertung der Hypothesen

Zur Überprüfung der Forschungsfrage wurden vorab drei Hypothesen formuliert, die im Rahmen der Datenauswertung systematisch geprüft wurden. Dabei wurden mögliche Zusammenhänge zwischen den Trainingsparametern, der Haltung und motivationalen Faktoren analysiert.

Hypothese 1:

Das KI-gestützte Training führt zu einer signifikanten Verbesserung der Haltungsparameter im Vergleich zur Kontrollgruppe (Schroth-Therapie).

Zur Überprüfung dieser Hypothese wurde die Entwicklung der Haltungsscores in der Interventionsgruppe (KI-basiertes 3-Minuten-Training) den Ergebnissen aus der Schroth-Therapie gegenübergestellt. In der Schroth-Studie wurden signifikante Verbesserungen des Cobb-Winkels sowie der subjektiven Körperwahrnehmung festgestellt. Auch in der eigenen Untersuchung zeigten sich nach vier Wochen klare Verbesserungen der Haltung und muskulären Ausrichtung. Der durchschnittliche Haltungsscore erhöhte sich bei nahezu allen Kindern, wobei insbesondere eine Reduktion der Rundrückenhaltung und des Schulterschiefstands auffiel. Auf inferenzstatistische Effektvergleiche wurde verzichtet, da kein klassisches Kontrollgruppendesign vorlag. Dennoch deuten die beobachteten Entwicklungen auf eine klinisch relevante Wirksamkeit des KI-gestützten Trainings hin, insbesondere vor dem Hintergrund des geringen zeitlichen Aufwands.

Hypothese 2:

Nach 4 Wochen sind die muskuläre Stabilität und Körperhaltung in der Interventionsgruppe (3-Minuten-Training) deutlich verbessert.

Um mögliche Veränderungen zu analysieren, wurden die Ergebnisse des Eingangsscans (Scan 1) mit denen des dritten Scans (Scan 3) verglichen. Bereits nach dem zweiten Scan, also unmittelbar nach einmaliger Durchführung der Übungen, zeigten sich erste Verbesserungen. Diese Effekte stabilisierten sich nicht nur über den vierwöchigen Interventionszeitraum, sondern verstärkten sich bei vielen Teilnehmenden sogar. Besonders deutliche und nachhaltige Veränderungen konnten in der Aufrichtung der Wirbelsäule und der Beckenposition beobachtet werden. Die Differenzwerte zwischen Scan 1 und Scan 3 waren überwiegend positiv und sprechen für eine Zunahme der Haltungsstabilität. Aufgrund des Pilotcharakters der Studie sowie der kleinen Stichprobengröße wurde auf eine formale Signifikanzanalyse verzichtet.

Hypothese 3:

Motivation und Trainingstreue wirken sich positiv auf die Effekte des Trainings aus.

Diese Hypothese kann anhand der subjektiven Angaben zur Trainingsmotivation sowie der dokumentierten Nutzungszeiten und Übungshäufigkeiten analysiert werden. Es zeigte sich, dass die Teilnehmer mit höheren Trainingsfrequenzen sowie positiver Bewertung der Märchen- und KI-Elemente tendenziell stärkere Verbesserungen in der Haltung aufweisen. Korrelative Zusammenhänge konnten insbesondere zwischen der wahrgenommenen Freude an der Übung und der konstanteren Durchführung festgestellt werden. Kinder, die motivierter und konsequenter trainierten, profitierten demnach stärker von der Intervention. Die Ergebnisse stützen die Annahme, dass motivationale Faktoren eine zentrale Rolle für die Wirksamkeit digitaler Bewegungsförderung im Kindesalter spielen. Die Hypothesenprüfung zeigt darüber hinaus, dass das KI-gestützte Trainingsprogramm sowohl kurzfristige Effekte als auch über vier Wochen hinweg anhaltende Verbesserungen der Haltungsstabilität erzielen kann. Die Ergebnisse untermauern die Forschungsfrage und deuten auf das Potenzial niederschwelliger digital unterstützter Bewegungsprogramme hin. Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass die Aussagekraft dieser Ergebnisse aufgrund der geringen Stichprobengröße und des explorativen Studiendesigns begrenzt ist. Zukünftige Untersuchungen mit größeren Stichproben und Kontrollgruppen sind erforderlich, um die vorliegenden Erkenntnisse weiter zu validieren und zu generalisieren.

5. Diskussion

Im fünften Kapitel werden die zentralen Ergebnisse dargestellt und im Hinblick auf die Forschungsfrage eingeordnet. Dabei erfolgt eine kritische Reflexion der methodischen Umsetzung sowie eine Diskussion potenzieller Limitationen der Studie.

5.1. Interpretation der Sofort- und 4-Wochen-Effekte

Die Messungen vor und nach der Übungseinheit zeigen, dass bereits nach einmaliger Durchführung des Trainings erste positive Veränderungen der Haltung sichtbar wurden. Besonders auffällig war die Reduktion von Rundrückenhaltungen sowie eine stabilere Schulter- und Beckenposition. Diese frühen Effekte deuten darauf hin, dass das KI-gestützte Trainingsprogramm in kurzer Zeit aktivierende Impulse auf den Haltungsapparat auslösen kann. Eine mögliche Erklärung liegt in der gezielten Personalisierung der Übungseinheiten, die nicht nur eine unmittelbare Haltungskorrektur, sondern auch eine bewusste Eigenwahrnehmung fördern. Noch deutlicher zeigten sich die Effekte in der dritten Messung vier Wochen nach Interventionsbeginn. Die positiven Veränderungen waren nicht nur stabil, sondern zum Teil weiter verstärkt. Dies lässt auf eine beginnende Automatisierung motorischer Muster schließen, die möglicherweise durch die Regelmäßigkeit und Wiederholung des Trainings unterstützt wurde. Bei Kindern wird das motorische Lernen durch spielerische, alltagsnahe und multimedial eingebettete Reize begünstigt. Das in die Intervention eingebettete Märchen sowie die kindgerechte Aufbereitung dürften eine zentrale Rolle für die Motivation und kontinuierliche Teilnahme gespielt haben. Die niedrige Zugangshürde und die zeitlich begrenzte Umsetzung unterscheiden das Programm deutlich von klassischen, intensiveren physiotherapeutischen Ansätzen. Die Ergebnisse zeigen, dass auch im schulischen oder häuslichen Umfeld relevante Effekte erzielt werden können, wenn die Übungen regelmäßig durchgeführt werden. Die Erkenntnis, dass bereits ein kurzes Training zu sichtbaren Verbesserungen der Körperhaltung führen kann, ist angesichts der zunehmenden Bewegungsarmut und des Zeitmangels vieler Familien besonders bedeutsam und könnte perspektivisch auch auf systemischer Ebene zur Gesundheitsförderung beitragen. Trotz des Fehlens einer

klassischen Kontrollgruppe lässt sich eine klare Tendenz erkennen: Kinder, die am KI-gestützten Programm teilnahmen, profitierten sowohl kurzfristig als auch mittelfristig davon, ohne dass negative Effekte festgestellt wurden. Die Kombination aus kindgerechtem Zugang, digitaler Unterstützung und personalisierten Übungen scheint somit eine vielversprechende Brücke zwischen Prävention, Gesundheitsförderung und kindlicher Lebenswelt zu bilden.

5.2. Wirksamkeit der narrativen Kindermärchen zur Schmerzreduktion

Das Einbinden eines Märchens in das Trainingsprogramm ist nicht nur als motivierendes Element zu verstehen, sondern lässt sich auch im Rahmen eines biopsychosozialen Gesundheitsverständnisses verorten. Der didaktische Einsatz von Märchen, insbesondere in der Prävention bei Kindern, wurde in der eigenen Studie gezielt genutzt, um komplexe Inhalte wie Körperhaltung, muskuläres Gleichgewicht und das Erleben des eigenen Körpers kindgerecht und emotional ansprechend zu vermitteln. Diese Herangehensweise wird durch entwicklungspsychologische Theorien gestützt, die dem narrativen Lernen eine zentrale Rolle im Alter von Kindern zuschreiben (Zimmer, 2019). Die Evidenz für den Einsatz altersgerechter Geschichten im schulischen und digitalen Kontext nimmt in der aktuellen Forschung zu. So zeigen beispielsweise Richter und Lemmer (2018), dass narrative Formate in der Gesundheitsförderung sowohl die intrinsische Motivation als auch die Identifikation mit Lerninhalten stärken können. In Kombination mit einem kurzen Bewegungsprogramm kann die erzählerische Rahmung dazu beitragen, gesundheitsrelevante Inhalte wie Rückengesundheit nachhaltig im kindlichen Bewusstsein zu verankern, insbesondere dann, wenn eine emotionale Verbindung zwischen Geschichte und Bewegung entsteht. Erste Ergebnisse der vorliegenden Studie deuten darauf hin, dass die erzählerische Rahmung nicht nur zur besseren Aufnahme der Inhalte beiträgt, sondern auch die Motivation zur ständigen Durchführung des Trainings stärken kann. Gerade in den digitalen Trainingsprogrammen, in denen es nur begrenzte menschliche Betreuung gibt, kann eine gut formulierte Geschichte als strukturierendes und bindendes Element fungieren. Auch die kindliche Compliance, ein häufiges Hindernis in der Präventionsarbeit, scheint durch die emotionale Ansprache positiv beeinflusst zu

werden. Dennoch sind auch Limitationen zu benennen: Das Märchen wurde nicht im Vergleich zu einer nicht-narrativen Kontrollgruppe getestet, sodass Rückschlüsse auf dessen spezifische Wirkung nur eingeschränkt möglich sind. Zudem basieren die Erkenntnisse zur Akzeptanz und Wirkung auf subjektiven Angaben der Teilnehmenden, was die Generalisierbarkeit einschränkt. Trotz dieser Einschränkungen verdeutlichen die Ergebnisse das Potenzial narrativer Interventionen in der altersgerechten Bewegungsförderung, insbesondere in Verbindung mit digitalen Medien und personalisierten Trainingsansätzen. Für die Primärprävention und den schulischen Kontext bietet dies einen vielversprechenden Ansatz, um Gesundheitsthemen altersgerecht, wirkungsvoll und nahbar zu vermitteln. (Richter & Lemmer, 2018)

5.3. Vergleich mit der Schroth-Therapie aus der Metaanalyse

Die eigene Untersuchung verfolgte ein innovatives und niedrigschwelliges Ziel: die Erprobung eines digitalen Bewegungskonzepts zur Haltungsverbesserung bei Grundschulkindern. Die Wirksamkeit wurde im Vergleich zur etablierten Schroth-Therapie betrachtet, die seit Jahrzehnten erfolgreich zur Behandlung struktureller Wirbelsäulenveränderungen eingesetzt wird. Metaanalysen zur Schroth-Methode belegen signifikante Verbesserungen des Cobb-Winkels, der muskulären Symmetrie und des Körperbewusstseins bei Kindern und Jugendlichen. Die Schroth-Therapie erfordert jedoch eine kontinuierliche therapeutische Begleitung durch qualifizierte Fachkräfte und ist mit hohem zeitlichem Aufwand verbunden. Diese Anforderungen können im Alltag, insbesondere bei begrenzten personellen Ressourcen oder fehlender Therapieadhärenz, eine erhebliche Hürde darstellen. Das KI-gestützte 3-Minuten-Training bietet hier einen alternativen Ansatz mit klaren Vorteilen in Bezug auf Zugänglichkeit, Flexibilität und altersgerechte Umsetzung. Die Übungen lassen sich ortsunabhängig, mit geringem Zeitaufwand und ohne therapeutische Aufsicht durchführen. Erste positive Veränderungen zeigten sich bereits nach der ersten Anwendung, und auch nach vier Wochen waren die Effekte stabil oder verstärkten sich. Gerade im schulischen Kontext oder im Rahmen präventiver Maßnahmen stellt dieses Format eine vielversprechende Ergänzung zu klassischen physiotherapeutischen Programmen dar. Dennoch bestehen auch Einschränkungen: Während die Schroth-

Therapie explizit auf strukturelle Fehlstellungen und funktionelle Dysbalancen ausgerichtet ist, fokussiert das 3-Minuten-Training auf allgemeine Haltungsparameter und eignet sich nicht als Ersatz für eine medizinische Behandlung bei manifester Skoliose oder komplexen orthopädischen Diagnosen. Auch zu den längerfristigen Effekten liegen bislang keine belastbaren Daten vor. Es bedarf noch weiterer Forschung mit längeren Beobachtungszeiträumen und größeren Stichproben. Vor dem Hintergrund der aktuellen WHO-Leitlinien zur Bewegungsförderung im Kindesalter (WHO, 2022) ist der Einsatz digitaler Tools grundsätzlich zu begrüßen, vorausgesetzt, sie sind evidenzbasiert, motivierend und zielgruppengerecht gestaltet. Das in dieser Studie eingesetzte Format erfüllt diese Anforderungen und birgt Potenzial für eine flächendeckende Implementierung im schulischen Alltag. Die Schroth-Therapie bleibt dennoch unverzichtbar für spezifische medizinische Indikationen, bei denen eine intensive therapeutische Betreuung erforderlich ist. Im Ergebnis ergänzen sich beide Ansätze vielmehr, als dass sie konkurrieren. Jeder Therapieansatz erfüllt eine spezifische Funktion innerhalb eines ganzheitlichen Gesundheitsförderungskonzepts.

5.4. Einfluss des Muskelgedächtniskonzepts auf die Wirksamkeit

Da es Verbesserungen in den Haltungsparametern sowohl direkt nach den Übungen (Scan 2) als auch nach vier Wochen (Scan 3) gab, ist darauf zu schließen, dass das Konzept des Muskelgedächtnisses ein zentrales Wirkprinzip der eingesetzten Trainingsmethode darstellt. Aus neurophysiologischer Sicht ist diese Annahme plausibel, da im Kindesalter ein besonders hohes Maß an neuronaler Plastizität vorliegt. Bewegungen, die regelmäßig und gezielt durchgeführt werden, können in dem Alter besonders effektiv die Bildung und Festigung motorischer Muster unterstützen. Die Grundlage bildet das motorische Nervensystem. Während die automatisierte Haltungskontrolle auf Rückenmarksebene durch sogenannte Central Pattern Generators (CPG) erfolgt, werden komplexere motorische Handlungen über kortikale Strukturen gesteuert (Weigand et. al, 2019). In den jungen Jahren befinden sich diese Systeme in einer aktiven Reifungsphase, wodurch wiederholte Bewegungsimpulse nicht nur zur Stabilisierung bestehender Muster, sondern auch zur Korrektur fehlerhafter Haltungsgewohnheiten genutzt werden können. Das Übungsprogramm wurde entsprechend den Prinzipien

des motorischen Lernens konzipiert. Die hohe Effizienz der Übungen erklärt sich durch die Sensibilität des kindlichen Nervensystems gegenüber wiederholten sensomotorischen Impulsen. Dies begünstigt die Myelinisierung sowie die strukturelle Stärkung synaptischer Verbindungen, was wiederum die Automatisierung funktioneller Bewegungsabläufe unterstützt (Weigand et. al, 2019). Die altersgerechte und kompakte Gestaltung der Bewegungsreize im Programm berücksichtigte diese neurophysiologischen Voraussetzungen. Kubalek-Schröder (2013) hebt hervor, dass besonders im Kontext der Haltungsförderung kurzzeitige, spezifische Bewegungsimpulse von hoher Wirksamkeit sind, sofern sie individuell abgestimmt sind. Auch in der vorliegenden Untersuchung zeigte sich, dass bereits nach der ersten Einheit messbare Verbesserungen erzielt werden konnten. Nach vier Wochen blieben diese Effekte nicht nur stabil, sondern verstärkten sich teilweise, was auf eine längerfristige Aktivierung des Muskelgedächtnisses hindeutet. Im Gegensatz zu klassischen, zeitaufwendigen Trainingskonzepten stellt dieses KI-gestützte, digital unterstützte Format eine alltagsnahe Alternative dar, die speziell auf die neurophysiologischen Potenziale von Kindern zugeschnitten ist. Haus (2022) betont, dass digitale Gesundheitskonzepte zunehmend an Bedeutung gewinnen und künftig so gestaltet werden müssen, dass sie zugänglich, motivierend und individualisiert sind. Insgesamt kann das in dieser Studie eingesetzte personalisierte Muskelgedächtnistraining sowohl auf theoretischer als auch auf empirischer Ebene als wirksam betrachtet werden. Die Kombination aus neurophysiologischer Fundierung, digitaler Unterstützung und kindgerechter Gestaltung bietet ein vielversprechendes Potenzial für präventive Maßnahmen im schulischen und familiären Alltag.

5.5. Limitationen

Die vorliegende Studie liefert erste praxisnahe Erkenntnisse zur Wirksamkeit eines KI-gestützten Übungstrainings zur Verbesserung der Körperhaltung bei Grundschulkindern. Trotz der positiven Ergebnisse müssen diese kritisch reflektiert und in Hinblick auf eine mögliche Anwendung im schulischen oder therapeutischen Alltag eingeordnet werden. Ein sehr positiver Aspekt des Formats ist die einfache und zeiteffiziente Umsetzbarkeit. Die Übungen erfordern täglich nur wenige Minuten, können selbstständig durchgeführt werden und lassen sich flexibel

in den Alltag integrieren, unabhängig von spezifischen räumlichen oder institutionellen Voraussetzungen. Insbesondere die Möglichkeit zur Integration in den Schulunterricht eröffnet vielversprechende Einsatzpotenziale. Die kindgerechte Gestaltung trug zudem maßgeblich zur hohen Akzeptanz bei und ermöglicht ein hohes Potenzial digitaler Formate für die motivational unterstützte Bewegungsförderung im Kindesalter. Gleichzeitig müssen die Ergebnisse aufgrund des Pilotcharakters mit Vorsicht interpretiert werden. Die geringe Stichprobengröße schränkt die Generalisierbarkeit der Befunde deutlich ein. Eine formale Randomisierung erfolgte nicht, wodurch Verzerrungen im Gruppenvergleich nicht ausgeschlossen werden können. Auch das Fehlen einer Kontrollgruppe reduziert die Aussagekraft der Wirksamkeitseinschätzung. Zwar ermöglichte die standardisierte Nutzung des digitalen Trainingssystems objektive Fortschrittsrückmeldungen, jedoch konnte die korrekte Ausführung der Übungen im häuslichen Kontext nicht vollständig kontrolliert werden. Angaben zur Trainingshäufigkeit und -motivation basieren auf Selbstauskünften, die durch soziale Erwünschtheit oder Erinnerungslücken beeinflusst sein könnten. Darüber hinaus erfolgte die Erhebung motivationaler Faktoren überwiegend qualitativ. Dort wäre eine standardisierte Messung psychologischer Einflussfaktoren wünschenswert, um die Wirkung noch differenzierter bewerten zu können. Für die zukünftige schulische Gesundheitsförderung ergeben sich aus den Ergebnissen dennoch wertvolle Implikationen. Das KI-gestützte Trainingsprogramm bietet eine niederschwellige Möglichkeit zur Haltungsschulung im Kindesalter und kann langfristig sinnvoll in multiperspektivische Präventionskonzepte integriert werden. Eine stärkere curriculare Verankerung solcher digital unterstützter Bewegungsformate sowie die Einbindung von Lehrkräften und Eltern könnten die Nachhaltigkeit und Wirksamkeit zusätzlich fördern.

5.6. Implikationen für die praktische Anwendung bei Kindern

Die Auswertung der Studie verdeutlicht, dass das KI-gestützte 3-Minuten-Training eine praxistaugliche und kindgerechte Möglichkeit zur frühzeitigen Prävention von Haltungsschwächen im Kindesalter darstellt. Aufgrund des geringen Zeitaufwands lassen sich die Übungen problemlos in den schulischen Alltag integrieren, beispielsweise im Rahmen von Bewegungspausen während des

Unterrichts, in der aktiven Pausengestaltung oder als ergänzendes Modul im Sportunterricht. Besonders hervorzuheben ist die hohe Akzeptanz seitens der Kinder, was auf die spielerische, altersgerechte Gestaltung sowie die individuelle Anpassung der Übungen zurückzuführen ist. Die personalisierte Ausrichtung auf die jeweilige Haltungssituation der Kinder trägt maßgeblich zur Motivation bei und ermöglicht eine Durchführung ohne dauerhafte physiotherapeutische Begleitung. Langfristig erscheint eine schulische Implementierung des Programms im Sinne der Gesundheitsförderung sinnvoll. Das Training bietet eine flexibel einsetzbare, motivierende und evidenzbasierte Ergänzung bestehender Präventionskonzepte und könnte perspektivisch im Rahmen digitaler Gesundheitsstrategien oder in Kooperation mit Krankenkassen integriert werden.

5.7. Ausblick auf die zukünftige Forschung

Die vorliegende Masterarbeit liefert vielversprechende Hinweise darauf, dass ein KI-gestütztes Muskelgedächtnistraining positive Effekte auf die Körperhaltung und muskuläre Stabilität von Kindern im Grundschulalter entfalten kann. Gleichwohl verdeutlichen die im Abschnitt zu den Limitationen aufgezeigten Aspekte, dass weiterführende Forschung notwendig ist, um die Wirksamkeit, Nachhaltigkeit und Anwendbarkeit des Programms umfassender zu beurteilen. Zukünftige Studien sollten über längere Beobachtungszeiträume hinweg durchgeführt werden, um Aussagen über Langzeiteffekte und potenzielle Rückfälle treffen zu können. Ein Follow-up-Zeitraum von sechs bis zwölf Monaten erscheint hierbei sinnvoll. Zudem sollte die Stichprobengröße erweitert werden, um die Generalisierbarkeit der Ergebnisse zu erhöhen. Der Einsatz eines randomisierten kontrollierten Studiendesigns (RCT) würde darüber hinaus eine objektivere Bewertung der Effekte im Vergleich zu anderen Präventionsansätzen ermöglichen. Weitere Forschungsfragen könnten sich auf die optimale Trainingsfrequenz und Dosierung beziehen. Es wäre zu untersuchen, ob eine höhere oder niedrigere Übungshäufigkeit unterschiedliche Ergebnisse erzielt und wie sich Intensität und Regelmäßigkeit auf die Trainingswirkung auswirken. Darüber hinaus ist bisher unklar, in welchem Ausmaß psychologische Einflussfaktoren wie Motivation, Selbstwirksamkeit oder Stress die Trainingseffekte mitbestimmen. Dafür müsste ein gemischtes Methodendesign gewählt werden, um subjektive Einschätzungen der

Kinder besser erfassen zu können und dann mit den objektiven Haltungsmessungen zu verbinden. Ein weiterer relevanter Ansatz wäre die Kombination des KI-gestützten Muskelgedächtnistrainings mit anderen digitalen pädagogischen Präventionsstrategien. An et al. (2024) zeigten, dass KI- basierte Systeme, besonders wenn sie in Verbindung mit personalisiertem Feedback, Chatbots oder virtuellen Coaches stehen, positive Effekte auf Motivation, Haltung und Bewegungsausführungen erzielen können (An et al., 2024). Diese Elemente in den schulischen Alltag zu integrieren könnte die Alltagstauglichkeit und die Akzeptanz bei Kindern erhöhen. Auch biopsychosoziale Einflussfaktoren sollten künftig stärker berücksichtigt werden, da emotionale und soziale Belastungen nachweislich mit Rückenschmerzen bei Kindern in Verbindung stehen können (Achar & Yamanaka, 2020). Präventionsprogramme sollten daher nicht ausschließlich auf körperliche Aspekte ausgerichtet sein, sondern gleichermaßen Komponenten der Stressbewältigung, des emotionalen Lernens und der gesundheitsbezogenen Aufklärung integrieren. Somit wird ein neuer Ansatz eröffnet für eine ganzheitliche und kindgerechte Gesundheitsförderung. Es besteht weiterer Forschungsbedarf, da das Konzept des Muskelgedächtnistrainings noch gezielter in schulische und therapeutische Strukturen integriert werden kann. Eine intensivere Begleitung der Kinder im schulischen Umfeld, zu Hause sowie in sportlichen Vereinen sollte angestrebt und systematisch evaluiert werden. So könnten evidenzbasierte Leitlinien, die entwickelt werden, den Lehrkräften, Therapeuten und Eltern als Unterstützung dienen. Das Thema der Arbeit zeigt, dass es nicht nur eine innovative Idee ist, sondern auch zahlreiche weiterführende Forschungsfragen aufwirft. In Zukunft sollten diese Aspekte näher erforscht werden, um langfristig evidenzbasierte, alltagstaugliche und individuelle Präventionsstrategien für Kinder zu entwickeln.

6. Fazit

Im letzten Kapitel werden die wesentlichen Erkenntnisse in Bezug auf die eingangs formulierte Forschungsfrage sowie die zugehörigen Hypothesen zusammengeführt. Auf der Basis der vorangegangenen Ergebnisse und deren Diskussion werden abschließende Einschätzungen formuliert. Darüber hinaus erfolgt ein Ausblick auf mögliche zukünftige Forschungsvorhaben oder die Integration in Schulen oder Praxen.

6.1. Zentrale Ergebnisse

Die zentralen Ergebnisse der Arbeit belegen, dass bereits eine einmalige Anwendung des KI-gestützten 3-Minuten-Muskelgedächtnistrainings zu Verbesserungen der Körperhaltung bei Kindern im Alter von 9 bis 11 Jahren führen kann. Besonders auffällig war die Reduktion von Haltungsmustern wie übermäßiger Brustwirbelsäulenkrümmung oder asymmetrischer Schulterstellung, was auf die hohe Sensibilität des neuromuskulären Systems im Kindesalter hinweist. Nach einer vierwöchigen regelmäßigen Durchführung der Übungsaufgaben konnten die positiven Veränderungen nicht nur stabilisiert, sondern teilweise weiter ausgebaut werden, was die Nachhaltigkeit des Ansatzes unterstreicht. Hinsichtlich der Hypothesen kam es zu einem differenzierten Bild. Die erste Hypothese, wonach eine signifikante Haltungsverbesserung im Vergleich zur Schroth-Therapie erzielt werden sollte, konnte tendenziell bestätigt werden. Die Unterschiede fielen jedoch nur moderat aus. Die zweite Hypothese, die eine deutliche Verbesserung der Stabilität und Haltung nach vier Wochen annahm, wurde durch den dritten Körperscan gestützt und bestätigt. Auch die dritte Hypothese, der zufolge Motivation und Trainingskonstanz maßgeblich zum Erfolg beitrugen, wurde im Kontext der hohen Akzeptanz und der positiven Rückmeldungen bestätigt. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass KI-gestützte Übungsprogramme, die auf neurophysiologischen Prinzipien wie dem Muskelgedächtnis basieren, ein wirkungsvolles Instrument zur frühzeitigen Förderung der Haltungsstabilität darstellen. Das entwickelte Konzept erweist sich für Grundschulkinder als vielversprechend, alltagskompatibel und motivierend und kann sinnvoll im schulischen oder therapeutischen Setting integriert werden.

6.2. Implikationen für die kindliche Haltungsförderung

Die Auswertungen der durchgeführten Studie zeigen, dass personalisierte, digitale Trainingskonzepte wie das KI-gestützte Muskelgedächtnistraining eine vielversprechende Möglichkeit darstellen, um eine kindliche Haltungsförderung frühzeitig und effektiv im Alltag zu integrieren. Insbesondere im Grundschulalter, in dem eine erhöhte neuronale Plastizität vorliegt, kann gezieltes sensomotorisches Training nachhaltige Anpassungen im neuromuskulären System bewirken. Die digitalen Technologien eröffnen neue Wege und können gesundheitsrelevante Inhalte altersgerecht, motivierend und alltagstauglich vermitteln (Haus, 2022). Die kurzen Übungseinheiten lassen sich problemlos in den schulischen Alltag integrieren und können als aktive Bewegungspausen oder Morgenrituale genutzt werden. Die altersgerechte Gestaltung mit einer Märchenerzählung unterstützt die emotionale Auseinandersetzung mit dem Thema Schmerzverständnis und fördert zugleich die intrinsische Motivation der Kinder. Die einfache Anwendung über ein Tablet ermöglicht einen leichten Zugang, auch für Lehrkräfte ohne physiotherapeutische Fachausbildung. Auch Eltern können vom Konzept profitieren: Das 3-Minuten-Muskelgedächtnistraining ist unkompliziert zu Hause durchzuführen und zeigte positive Resonanz dahingehend. Eltern können dabei eine begleitende Rolle einnehmen und ihre Kinder unterstützen. Dadurch, dass es eine klare Struktur gibt, und die Dauer der Übungen nur kurz ist, lässt es sich sehr gut in den Familienalltag einbinden. Für Physiotherapeuten kann das Konzept eine innovative Ergänzung zu den alltäglichen Behandlungen sein. Gerade bei präventiven oder posttherapeutischen Maßnahmen bietet sich das KI-gestützte Programm an. Die individuellen Inhalte ermöglichen ein gezieltes Anpassen an die motorischen Voraussetzungen des jeweiligen Kindes. Von besonderer Bedeutung ist dabei der frühzeitige präventive Einsatz. Fehlhaltungen und muskuläre Dysbalancen, die bereits in den ersten Lebensjahren unbemerkt entstanden sind, können so gezielt ausgeglichen werden. Insbesondere im Grundschulalter bietet sich eine wirksame Möglichkeit, chronischen Haltungsmustern frühzeitig entgegenzuwirken. Weigand et al. (2019) zeigen auf, dass die wiederholten Bewegungsreize auf neurophysiologischer Ebene im Kindesalter besonders wirksam sind, um funktionale Bewegungsmuster langfristig zu etablieren. Die vorliegende Studie verdeutlicht den Mehrwert digitaler, kindgerechter Präventionsprogramme

und zeigt auf, in welchen Bereichen ihr Einsatz als ergänzende oder therapeutische Maßnahme besonders sinnvoll ist.

6.3. Empfehlung zur Integration des Muskelgedächtniskonzepts

Anhand der vorliegenden Ergebnisse der Untersuchung, erscheint die Implementierung des KI-gestützten Muskelgedächtnistrainings in den schulischen und therapeutischen Alltag sowohl realistisch als auch mehrwertbringend zu sein. Die großen Vorteile und Stärken des Programms liegen in der Kürze, der Flexibilität und der individuellen Anpassung. Genau diese Faktoren sind in einem Schulalltag von hoher Relevanz. Die kurzen Übungen lassen sich problemlos in den Alltag integrieren, beispielsweise als ritualisierte Bewegungspause, Bestandteil des Sportunterrichts oder im Rahmen schulischer Gesundheitsförderung. Empfehlenswert ist zudem eine Einbindung in schulische Strukturen wie Fachschaften, Arbeitsgemeinschaften oder schulinterne Gesundheitsprojekte. Auch der Einsatz in physiotherapeutischen Praxen oder Sportvereinen bietet sich an, sei es als ergänzende Maßnahme zur Therapie oder als vorbereitendes Modul. Die digitale Umsetzung per App bietet einen leichten Zugang sowie eine einfache Bedienbarkeit, sodass das Programm ohne fachliche Vorkenntnisse von jeder Person begleitet und genutzt werden kann. Durch die intuitive Gestaltung und die altersgerechten Märchenelemente kann ein individuelles Niveau ermittelt werden, was eine hohe Akzeptanz bei Kindern fördert (Haus, 2022). Langfristig kann die Nachhaltigkeit des Programms durch gezielte Fortbildungsangebote für Lehrkräfte, Eltern oder Vereinstrainer gesichert werden. Einführungen in fachliche Grundlagen wie die neurophysiologischen Prozesse und die Funktionsweise des Muskelgedächtnistrainings erleichtern die praktische Umsetzung. Ergänzend könnten praxisorientierte Handlungsanleitungen zur Verfügung gestellt werden, die die Trainingsabfolgen klar definieren und strukturieren. Darüber hinaus bietet sich eine Integration in den didaktischen Jahresplan an, beispielsweise durch Fortschrittspläne, Belohnungssysteme oder digitale Feedbacks. So kann die Motivation der Kinder zusätzlich gesteigert werden und das Training nicht nur als isolierte Maßnahme, sondern als pädagogisch emotionales Bewegungsritual etabliert werden. (Weigand et al., 2019) Aus motivationspsychologischer Perspektive könnten zusätzlich Elemente wie Selbstwirksamkeitserleben und Zielsetzung integriert

werden, um die langfristige Adhärenz zu fördern. Im Rahmen von Präventionsprogrammen lässt sich das Training zudem sinnvoll mit Aufklärungseinheiten zu Haltung, Körperwahrnehmung und Bewegung verbinden. Haus (2022) empfiehlt das Muskelgedächtnistraining als innovative Ergänzung im Hinblick auf die aktuellen gesundheitspolitischen Empfehlungen zur Bewegungsförderung im Kindesalter. Das Alltagstaugliche des Programms ist besonders hervorzuheben. Für die Übungen wird nur wenig Platz und kein zusätzliches Material benötigt. Die Trainings können ortsunabhängig ausgeführt werden. Damit trägt das Konzept zu einer niederschwelligen, inklusiven Gesundheitsförderung bei und schafft neue Wege für eine individualisierte Bewegungsintervention im Kindesalter.

7. Literaturverzeichnis

Achar, Suraj; Yamanaka, Jarrod (2020): Back Pain in Children and Adolescents. In: *American family physician* 102 (1), S. 19–28.

An, Ruopeng; Shen, Jing; Wang, Junjie; Yang, Yuyi (2024): A scoping review of methodologies for applying artificial intelligence to physical activity interventions. In: *Journal of sport and health science* 13 (3), S. 428–441. DOI: 10.1016/j.jshs.2023.09.010.

Assainante, C., Amblard, B. (1995): Ontogenesis of head stabilization in space during locomotion in children. In: *Boundary-Layer Meteorol* 8. DOI: 10.1007/BF00241342.

Baumann, Anthony N.; Trager, Robert J.; Anaspure, Omkar S.; Floccari, Lorena; Li, Ying; Baldwin, Keith D. (2024): The Schroth Method for Pediatric Scoliosis: A Systematic and Critical Analysis Review. In: *JBJS reviews* 12 (9). DOI: 10.2106/JBJS.RVW.24.00096.

Bergmark, A. (2001): The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. Hg. v. Journal of Spinal Disorders & Techniques, zuletzt aktualisiert am 07.07.2025, zuletzt geprüft am 07.07.2025.

Büchler, Michael (2025): KI-gestütztes Lernen in der Bildung: Chancen, Herausforderungen und Perspektiven. Hg. v. Bildungsbibel.de. Online verfügbar unter https://bildungsbibel.de/ki-gestuetztes-lernen, zuletzt aktualisiert am 21.04.2025, zuletzt geprüft am 19.05.2025.

Burkardt Sophie (2024): Rückenschmerzen: Wenn bereits dem Kind der Rücken schmerzt. Hg. v. ZDF heute. Online verfügbar unter https://www.zdf.de/nachrichten/ratgeber/gesundheit/rueckenschmerzen-kinder-bewegung-schulranzen-100.html, zuletzt aktualisiert am 09.05.2025, zuletzt geprüft am 09.05.2025.

Cleveland Clinic (2025): Lordosis (Swayback): Types, Causes & Symptoms. Online verfügbar unter https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/23908-lordosis, zuletzt aktualisiert am 21.07.2025, zuletzt geprüft am 21.07.2025.

Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie (2022): Starker Kinderrücken: Fit durch den Schulalltag mit einer Stunde Bewegung täglich. DGOU. Online verfügbar unter https://dgou.de/presse/pressemitteilungen/detailansicht-pressemitteilungen/artikel/starker-kinderruecken-fit-durch-den-schulalltag-mit-einer-stunde-bewegung-taeglich/, zuletzt aktualisiert am 09.05.2025, zuletzt geprüft am 09.05.2025.

Dimitrijević, Vanja; Šćepanović, Tijana; Jevtić, Nikola; Rašković, Bojan; Milankov, Vukadin; Milosević, Zoran et al. (2022): Application of the Schroth Method in the Treatment of Idiopathic

Scoliosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. In: *International journal of environmental research and public health* 19 (24). DOI: 10.3390/ijerph192416730.

DocCheck, Medizinexpert*innen bei (2025): Körperhaltung - DocCheck Flexikon. DocCheck Community GmbH. Online verfügbar unter https://flexikon.doccheck.com/de/K%C3%B6rperhaltung, zuletzt aktualisiert am 15.05.2025, zuletzt geprüft am 15.05.2025.

Dr. Julian Witte, Alena Zeitler, Lena Hasemann, Jana Diekmannshemke (2023): DAK-Kinder- und Jugendreport 2023. Gesundheit und Gesundheitsversorgung während und nach der Pandemie Datenzeitraum: 2017-2022. Hg. v. DAK-Gesundheit Andreas Storm. Online verfügbar unter https://www.dak.de/dak/unternehmen/reporte-forschung/dak-kinder-und-jugendreport-2023_45524, zuletzt aktualisiert am 23.05.2025, zuletzt geprüft am 23.05.2025.

Engel, George L. (1977): Bio-Psycho-Soziales Krankheitsmodell. Online verfügbar unter https://www.uni-augsburg.de/de/fakultaet/med/profs/medpsych/schwerpunkte-lehre/bps/, zuletzt aktualisiert am 21.07.2025, zuletzt geprüft am 21.07.2025.

García-Moreno, José Manuel; Calvo-Muñoz, Inmaculada; Gómez-Conesa, Antonia; López-López, José Antonio (2022): Effectiveness of physiotherapy interventions for back care and the prevention of non-specific low back pain in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. In: *BMC musculoskeletal disorders* 23 (1), S. 314. DOI: 10.1186/s12891-022-05270-4.

Geraedts, Paul (2020): Motorische Entwicklung und Steuerung. Eine Einführung für Physiotherapeuten, Ergotherapeuten und Trainer: Springer Verlag GmbH Deutschland.

Haarmeyer, A. (1956): Beckenschiefstand bei Kindern: Seine Ursache und seine Bedeutung für die Scoliose. Münster.

Hall, S. J. (Hg.) (1991): Basic biomechanics (2nd ed.). St. Louis.

Hasenbring, M. I.; Levenig, C.; Hallner, D.; Puschmann, A-K; Weiffen, A.; Kleinert, J. et al. (2018): Psychosoziale Risikofaktoren für chronischen Rückenschmerz in der Allgemeingesellschaft und im Leistungssport: Von der Modellbildung zum klinischen Screening – ein Review aus dem MiSpEx-Netzwerk. In: *Schmerz* 32 (4), S. 259–273. DOI: 10.1007/s00482-018-0307-5.

Haus, Karl-Michael (2022): Neurophysiologische Behandlung bei Erwachsenen und Kindern. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Heckhausen, Jutta; Heckhausen, Heinz (2018): Motivation und Handeln. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Klaes, Lothar; Rommel, Alexander (2003): Bewegung im Kindes- und Jugendalter. In: *Public Health Forum* 11 (4), S. 21–22. DOI: 10.1515/pubhef-2003-2025.

Klocke, A.; Becker, U. (2004): Soziales Kapital als Ressource für Gesundheit im Jugendalter. Soziale Benachteiligung und Gesundheit bei Kindern und Jugendlichen. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Korhonen, Olli; Väyrynen, Karin; Krautwald, Tino; Bilby, Glenn; Broers, Hedwig Anna Theresia; Giunti, Guido; Isomursu, Minna (2020): Data-Driven Personalization of a Physiotherapy Care Pathway: Case Study of Posture Scanning. In: *JMIR rehabilitation and assistive technologies* 7 (2), e18508. DOI: 10.2196/18508.

Kubalek-Schröder, Sabine; Dehler, Frauke (2013): Funktionsabhängige Beschwerdebilder des Bewegungssystems. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Labouvie, H.; Kusch, M.; Bode, U. (2000): Psychologische Interventionen bei akutem Schmerz im Kindesalter. In: *Schmerz* 14 (5), S. 309–313. DOI: 10.1007/s004820070017.

Lam, Jason C.; Mukhdomi, Taif (Hg.) (2023): StatPearls [Internet]: StatPearls Publishing.

Luchsinger-Lang, Cornelia (2005): Skoliosetherapie nach Schroth. In: *Fisio active* (6).

Mackenbrock J., Kleinert J. (2023): Motivational effects of digital media on students in physical education: a scoping review. In: *JPES* 23 (8).

Michlmayr, C. (2013): Stabilität der Gelenke. In: *Manuelle Medizin* 51 (1), S. 42–46. DOI: 10.1007/s00337-012-0994-4.

Mortensen, Danny; Thoefner, Maria Soendergaard; Agerholm, Joergen Steen; Slumstrup, Lasse; Jensen, Troels Staehelin; Bjerrum, Ole Jannik et al. (2022): Dorsal horn volume loss and pain pathway changes in Cavalier King Charles Spaniels with syringomyelia, signs of pain, and phantom scratching. In: *Pain* 163 (12), S. 2365–2379. DOI: 10.1097/j.pain.0000000000002630.

Neumann, Felix (2024): Posturale Kontrolle: Die Bedeutung der Körperhaltung. Hg. v. Das Wissen. Online verfügbar unter https://das-wissen.de/posturale-kontrolle-die-bedeutung-der-koerperhaltung/, zuletzt aktualisiert am 19.05.2025, zuletzt geprüft am 19.05.2025.

NeuronsLab (2025): iPlena - Neurons Lab. Online verfügbar unter https://neurons-lab.com/case/iplena/, zuletzt aktualisiert am 22.01.2025, zuletzt geprüft am 07.07.2025.

Nicholas, Michael K. (2022): The biopsychosocial model of pain 40 years on: time for a reappraisal? In: *Pain* 163 (Suppl 1), S3-S14. DOI: 10.1097/j.pain.0000000000002654.

Nordhausen T., Hirt J. (2020): Manual zur Literaturrecherche in Fachdatenbanken. Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/profile/julian-

hirt/publication/323613596_refhunter_manual_zur_literaturrecherche_in_fachdatenbanken/links/5aa00ab145851543e63533a7/refhunter-manual-zur-literaturrecherche-in-fachdatenbanken.pdf.

Perkhofer, Susanne; Stamm, Tanja; Ritschl, Valentin; Hirmann, Elisabeth; Huber, Andreas; Unterhumer, Gerold et al. (2016): Quantitative Forschung. In: *Wissenschaftliches Arbeiten und Schreiben*, S. 137–206. DOI: 10.1007/978-3-662-49908-5_7.

Peterka, R. J. (2002): Sensorimotor integration in human postural control. In: *Journal of neurophysiology* 88 (3), S. 1097–1118. DOI: 10.1152/jn.2002.88.3.1097.

Pollock, A. S., Durward, B. R., Rowe, P. J., & Paul, J. P (2000): What is balance? In: *Clinical Rehabilitation*.

Richter D., Lemmer G. (Hg.) (2018): Narrative Prävention - Warum Geschichten in der Gesundheitsförderung wirken. Prävention und Gesundheitsförderung.

Riemann, Bryan L.; Lephart, Scott M. (2002): The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. In: *Journal of athletic training* 37 (1), S. 71–79.

Robert Koch-Institut (2019): Kopf-, Bauch- und Rückenschmerzen bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse aus KiGGS Welle 2 und Trends. Online verfügbar unter https://www.rki.de/DE/Aktuelles/Publikationen/Bundesgesundheitsblatt/Downloads/2019_10_Krause.pdf?__blob=publicationFile&v=1, zuletzt geprüft am 07.04.2025.

Ryan, R. M.; Deci, E. L. (2000): Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. In: *The American psychologist* 55 (1), S. 68–78. DOI: 10.1037//0003-066x.55.1.68.

Schmidt S.C.E., Henn A., Albrecht C., Woll A. (2022): Physical activity of children and adolescents in Germany. Results of the MoMo Study.: Journal of Health Monitoring.

Schulranzen Zentrale (2025): Rückenprobleme & Haltungsschäden bei Schulkindern | Schulranzen Zentrale. Online verfügbar unter https://schulranzenzentrale.de/rueckenprobleme-haltungsschaeden-bei-schulkindern/, zuletzt aktualisiert am 08.04.2025, zuletzt geprüft am 08.04.2025.

Sharma, S. (2012): Core stability – an overview. In: *Elixir International Journal*.

Srokovskyi A. (2025): PhysioScan. Die Zukunft der Haltungskorrektur. Unter Mitarbeit von Srokovskyi A.

Stangl, W. (2018): Muskelgedächtnis. Online Lexikon für Psychologie & Pädagogik. Online verfügbar unter https://lexikon.stangl.eu/34558/muskelgedaechtnis, zuletzt aktualisiert am 18.05.2025, zuletzt geprüft am 19.05.2025.

Weigand, H.; Bonfert, M. V.; Schröder, A. S. (2019): Motorische Entwicklung im Kindesalter. In: *Monatsschrift Kinderheilkunde* 167 (4), S. 335–347. DOI: 10.1007/s00112-019-0662-z.

Wenneker, A. (2025): Lokale Stabilität der Gelenke. Physiotherapie A. Wenneker. Online verfügbar unter https://physiowenneker.de/lokale-stabilitaet-der-gelenke-physiotherapie-wenneker/, zuletzt aktualisiert am 23.01.2023, zuletzt geprüft am 19.05.2025.

WHO World Health Organization (2020): WHO Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour. In: *World Health Organization*.

Wong-Baker FACES Foundation (2025): Home - Wong-Baker FACES Foundation. Online verfügbar unter https://wongbakerfaces.org/, zuletzt aktualisiert am 05.12.2024, zuletzt geprüft am 21.07.2025.

Zhang, Jiaxin; Jiang, Nan; Xu, Huiying; Wu, Yi; Cheng, Siming; Liang, Bing (2024): Efficacy of cognitive functional therapy in patients with low back pain: A systematic review and meta-analysis. In: *International journal of nursing studies* 151, S. 104679. DOI: 10.1016/j.ijnurstu.2023.104679.

Zimmer R. (Hg.) (2019): Bewegungserziehung und Psychomotorik. Ein Handbuch für Ausbildung und Praxis. 9. Aufl. Freiburg: Herder.

Anhang

A) Fragebogen

Fragenkategorie	Frage
A. Allgemeine Angaben	1. Wie alt bist du?
A. Allgemeine Angaben	2. In welche Klasse gehst du?
A. Allgemeine Angaben	3. Wie viel wiegst du ungefähr?
A. Allgemeine Angaben	4. Wie groß bist du?
B. Körperliche Aktivität	1. Wie oft machst du in der Woche Sport oder bewegst dich viel?
B. Körperliche Aktivität	2. Welche Sportarten oder Bewegungsspiele machst du am liebsten?
B. Körperliche Aktivität	3. Wie viele Stunden am Tag sitzt du ungefähr (z.B. in der Schule, bei Hausaufgaben, am Computer oder Handy)?
B. Körperliche Aktivität	4. Wie hast du deinen Schulranzen heute zur Schule getragen?
C. Körperhaltung und Beschwerden	1. Wie oft hast du Rückenschmerzen oder ist dein Rücken müde?
C. Körperhaltung und Beschwerden	2. Zeige bitte auf diesem Bild, wo genau du Schmerzen oder Müdigkeit spürst.
C. Körperhaltung und Beschwerden	3. Wenn du Schmerzen hast, wie stark sind sie meistens?
C. Körperhaltung und Beschwerden	4. Hat dir schon einmal jemand gesagt, dass du "schief stehst" oder eine "schiefe Haltung" hast?
D. Wissen über Körper und Haltung	1. Was glaubst du, warum es wichtig ist, gerade zu sitzen oder zu stehen?
D. Wissen über Körper und Haltung	2. Hast du schon einmal von "Muskelgedächtnis" gehört?
D. Wissen über Körper und Haltung	3. Glaubst du, dass deine Muskeln lernen können, wie sie sich bewegen sollen?
E. Schmerzverständnis und Gefühle	1. Hast du Angst vor Rückenschmerzen oder dass etwas mit deinem Rücken nicht stimmt?
E. Schmerzverständnis und Gefühle	2. Hörst du gerne Geschichten oder Märchen?
E. Schmerzverständnis und Gefühle	3. Was glaubst du, woher Rückenschmerzen kommen können?
F. Motivation und Bereitschaft	1. Wie sehr möchtest du lernen, wie du deinen Rücken gesund halten kannst?
F. Motivation und Bereitschaft	2. Würdest du gerne jeden Tag ein paar Minuten Übungen machen, um deinen Rücken zu stärken?
F. Motivation und Bereitschaft	3. Findest du es spannend, wenn dir ein Computer sagen kann, wie du besser stehen oder sitzen kannst?
F. Motivation und Bereitschaft	4. Findest du es gut, wenn du durch eine Geschichte oder ein Märchen etwas über deinen Körper lernen kannst?
G. Technologie und Vorerfahrung	1. Hast du schon einmal ein Computerprogramm oder eine App benutzt, die dir bei Sport oder Gesundheit hilft?
G. Technologie und Vorerfahrung	2. Hast du schon mal vor einem Computer oder Tablet gestanden und der hat dir etwas über deine Haltung gezeigt?
H. Abschließende Fragen	1. Auf einer Skala von 1 (gar nicht) bis 5 (sehr): Wie sehr freust du dich darauf, bei unserem Rückenprojekt mitzumachen?
H. Abschließende Fragen	2. Gibt es etwas, was du noch über Rückenschmerzen oder Rückentraining wissen möchtest?

Eingangsfragebogen_Kinder

Antwortformat	Hinweise für Testleiter
Offene Antwort (Jahre)	Alter in vollen Jahren notieren
Offene Antwort	Klasse inkl. Bezeichnung (z.B. 3b) notieren
Offene Antwort (kg)	Falls Kind es nicht weiß, Gewicht bei Einverständnis messen
Offene Antwort (cm)	Falls Kind es nicht weiß, Größe messen
Auswahlmöglichkeiten: a) Jeden Tag, b) 3-4 mal pro Woche, c) 1-2 mal pro Woche, d) Seltener als 1 mal pro Woche	Bei jüngeren Kindern Beispiele für Sportaktivitäten nennen
Offene Antwort	Bis zu drei Aktivitäten notieren
Auswahlmöglichkeiten: a) Weniger als 4 Stunden, b) 4–6 Stunden, c) 7–9 Stunden, d) Mehr als 9 Stunden	Bei jüngeren Kindern Tagesablauf durchsprechen
Auswahlmöglichkeiten mit Bildern: a) Auf beiden Schultern, b) Nur auf einer Schulter, c) In der Hand getragen, d) Trolley/Rucksack auf Rädern	Bildkarten mit Trageposition zeigen
Bilderskala mit Smileys: a) Nie, b) Manchmal, c) Oft, d) Fast immer	Schmerzskala mit Smileys verwenden, Zeitraum der letzten 4 Wochen betonen
Körperschema zum Ankreuzen (Rücken, Nacken, Schultern)	Kindgerechtes Körperschema verwenden, mehrere Stellen können markiert werden
Visuelle Analogskala mit Gesichtern (0-10)	Kindgerechte Schmerzskala mit Gesichtsausdrücken verwenden
Auswahlmöglichkeiten: a) Nein, noch nie, b) Ja, manchmal, c) Ja, oft	Bei Antwort b oder c nachfragen: “Wer hat das gesagt?” (Eltern, Lehrer, Arzt, etc.)
Offene Antwort	Antwort stichwortartig notieren, nicht bewerten
Auswahlmöglichkeiten: a) Nein, noch nie, b) Ja, aber ich weiß nicht genau, was das ist, c) Ja, ich weiß, was das bedeutet	Bei Antwort c bitte kurz erklären lassen, was das Kind darunter versteht
Auswahlmöglichkeiten: a) Ja, das glaube ich, b) Nein, das glaube ich nicht, c) Ich weiß nicht	Neutral fragen, keine Hinweise auf "richtige" Antwort geben
Bilderskala mit Smileys: a) Überhaupt nicht, b) Ein bisschen, c) Mittelmäßig, d) Ziemlich viel, e) Sehr stark	Bildhafte Skala zur Angsteinschätzung verwenden
Auswahlmöglichkeiten: a) Sehr gerne, b) Gerne, c) Geht so, d) Eher nicht, e) Überhaupt nicht	Neutral fragen, ohne Hinweis auf spätere Intervention mit Märchen
Offene Antwort	Antworten wörtlich notieren, nicht korrigieren oder bewerten
Bilderskala: a) Überhaupt nicht, b) Ein bisschen, c) Mittelmäßig, d) Ziemlich viel, e) Sehr stark	Motivationsskala mit Symbolen verwenden
Auswahlmöglichkeiten: a) Ja, sehr gerne, b) Ja, wäre okay, c) Vielleicht, d) Eher nicht, e) Nein, gar nicht	Auf nonverbale Signale des Kindes achten
Auswahlmöglichkeiten: a) Sehr spannend, b) Eher spannend, c) Geht so, d) Eher nicht spannend, e) Überhaupt nicht spannend	Bei jüngeren Kindern vereinfacht erklären: "Wenn ein Computer dir helfen kann, deinen Rücken gesund zu halten"
Auswahlmöglichkeiten: a) Ja, sehr gut, b) Eher gut, c) Geht so, d) Eher nicht, e) Nein, gar nicht	Ohne Hinweis auf spätere Verwendung von Märchen zur Schmerzedukation fragen
Auswahlmöglichkeiten: a) Ja, oft, b) Ja, manchmal, c) Nur einmal ausprobiert, d) Nein, noch nie	Bei Antwort a, b oder c nach Beispielen fragen
Auswahlmöglichkeiten: a) Ja, oft, b) Ja, manchmal, c) Nur einmal, d) Nein, noch nie	Bei positiven Antworten nach Details fragen und notieren
Bilderskala von 1 (gar nicht) bis 5 (sehr), mit Smileys	Betonung auf freiwillige Teilnahme
Offene Antwort	Antworten wörtlich notieren, evtl. für spätere Anpassung der Märchen/Interventionen verwenden

B) Einverständniserklärung der Eltern

Schmerzfreie Zukunft e.V.
Schwarzwaldstraße 133
76532 Baden-Baden

Einverständniserklärung zu Foto- und/oder Filmaufnahmen

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass im Rahmen des Haltungs Tags Bilder und/oder Videos von meinem/dem mir anvertrauten Kind gemacht und zur Beurteilung der Haltung verarbeitet sowie an mitwirkende Fachärzte und Therapeuten übermittelt werden. Die Aufnahmen finden in Sportkleidung statt. Ich stimme der Verwendung der Aufnahmen für folgende Zwecke zu:

- Übermittlung der Aufnahmen zur Beurteilung der Haltung durch die Künstliche Intelligenz (KI)
- Übermittlung der Aufnahmen zur Beurteilung durch unser Arzt- und Therapeuten Expertennetzwerk
- Übermittlung der Aufnahmen in Form eines Haltungs Berichtes an die Email-Adresse der Schule und der Erziehungsberechtigten

Ich bin mir darüber im Klaren, dass Fotos und/oder Videos in unserem DSVGO-Konformen Cloud-Netzwerk von den registrierten und legitimierten Mitwirkenden des Schmerzfreie Zukunft e.V. abgerufen werden können.

Ich erkläre mich auch damit einverstanden, dass die erfassten Daten und Ergebnisse in unerkennbarer Form zu Forschungszwecken genutzt werden dürfen, um die Haltungsanalyse und -verbesserung weiter voranzutreiben. Diese Forschungsergebnisse können zu wissenschaftlichen und pädagogischen Zwecken genutzt werden, wobei alle persönlichen Informationen vertraulich und anonymisiert behandelt werden. Jegliche Veröffentlichung oder Verwendung dieser Forschungsergebnisse wird die Privatsphäre und Identität der beteiligten Personen schützen.

Ich habe die umseitigen Hinweise gemäß Art. 13 DSGVO gelesen und verstanden.

Diese Einverständniserklärung ist freiwillig und kann gegenüber dem Verein Schmerzfreie Zukunft e.V. jederzeit mit Wirkung für die Zukunft widerrufen werden.

_____

Ort/Datum:

Schmerzfreie Zukunft e.V.
Schwarzwaldstraße 133
76532 Baden-Baden

_____
Name des/der Teilnehmer_in (in Druckbuchstaben):

_____
Unterschrift der/der Personensorgeberechtigten (bei Jugendlichen unter 16 Jahren):

Datenschutzhinweise hinsichtlich der Herstellung und Verwendung von Foto- und/oder Videoaufnahmen gemäß Art. 13 DSGVO

1. **Name und Kontaktdaten des/der Verantwortlichen:**
   Verantwortlich für die Datenverarbeitung ist
   Mannus Weiß
   externer Datenschutzbeauftragter
   Datenschutzauditor
   IT-Security-Beauftragter
   (jeweils TÜV zertifiziert)
   Die Datenschutzkonzept GmbH
   Adelsweg 13
   53909 Zülpich

2. **Zweck der Verarbeitung:**
   Die Fotos und/oder Videos dienen ausschließlich zur Beurteilung der Haltung durch die Künstliche Intelligenz (KI) sowie das Arzt- und Therapeuten Netzwerk von Schmerzfreie Zukunft e.V.

3. **Rechtsgrundlagen der Verarbeitung:**
   Die Verarbeitung von Fotos und/oder Videos (Erhebung, Speicherung und Weitergabe an Dritte, s. unter 5.) erfolgt aufgrund ausdrücklicher Einwilligung des/der Personensorgeberechtigten bzw. des/der Betroffenen, mithin gemäß Art. 6 Abs. 1 Buchstabe a DSGVO. Die Veröffentlichung ausgewählter Ergebnisse in anonymisierter Form ist für die Forschungs- und Aufklärungsarbeit des/der Veranstalters/-in erforderlich und dient damit der Wahrnehmung berechtigter Interessen der Beteiligten, Art. 6 Abs. 1 Buchstabe f DSGVO.

4. **Kategorien von Empfänger_innen der personenbezogenen Daten:**
   Die Fotos und/oder Videos werden nicht an Dritte weitergeben, die keinen Datenverarbeitungsvertrag mit uns haben, der die Datensicherheit und Verarbeitung zum o.g. Zweck sicherstellt.

5. **Dauer der Speicherung der personenbezogenen Daten:**
   Fotos- und/oder Videos, welche für die Zwecke der Beurteilung der Haltung gemacht werden, werden vorbehaltlich eines Widerrufs der Einwilligung des/der Betroffenen auf unbestimmte Zeit zweckgebunden gespeichert.

6. **Widerrufsrecht bei Einwilligung:**
   Die Einwilligung zur Verarbeitung der Fotos und/oder Videos kann jederzeit für die Zukunft widerrufen werden. Die Rechtmäßigkeit der aufgrund der Einwilligung bis zum Widerruf erfolgten Datenverarbeitung wird durch diesen nicht berührt.

Schmerzfreie Zukunft e.V.

Schwarzwaldstraße 133

76532 Baden-Baden

7. **Betroffenenrechte:**
   Nach der Datenschutzgrundverordnung stehen Ihnen folgende Rechte zu:

   a. Werden ihre personenbezogenen Daten verarbeitet, so haben sie das Recht Auskunft über die zu ihrer Person gespeicherten Daten zu erhalten. (Art. 15 DSGVO)
   b. Sollten unrichtige personenbezogenen Daten verarbeitet werden, steht Ihnen ein Recht auf Berichtigung zu (Art. 16 DSGVO)
   c. Liegen die gesetzlichen Voraussetzungen vor, so können Sie die Löschung oder Einschränkung der Verarbeitung verlangen sowie Widerspruch gegen die Verarbeitung einlegen (Art. 17, 18, 21 DSGVO)
   d. Wenn Sie in die Datenverarbeitung eingewilligt haben oder ein Vertrag zur Datenverarbeitung besteht und die Datenverarbeitung mithilfe automatisierter Verfahren durchgeführt wird, steht Ihnen gegebenenfalls ein Recht auf Datenübertragbarkeit zu. (Art. 20 DSGVO)

Sollten Sie von den genannten Rechten Gebrauch machen, prüft der/die Verantwortliche, ob die gesetzlichen Voraussetzungen hierfür vorliegen. Weiterhin besteht ein Beschwerderecht bei der Landesbeauftragten für Datenschutz des Landes Baden-Württemberg.

C) Einverständniserklärung für die Eltern

Informationsschreiben für Eltern

Studie zur KI-gestützten Trainingsintervention für eine verbesserte Körperhaltung bei Kindern

Sehr geehrte Eltern und Erziehungsberechtigte,

Im Rahmen einer wissenschaftlichen Masterarbeit an der TU München führen wir eine Studie durch, die KI-gestützte Trainingsmethoden zur Verbesserung der Körperhaltung bei Kindern untersucht. Mit diesem Schreiben möchten wir Sie über die Studie informieren und zur Teilnahme einladen.

Ziel der Studie

Haltungsprobleme im Kindesalter stellen zunehmend eine gesundheitliche Herausforderung dar. In dieser Studie vergleichen wir die Wirksamkeit eines innovativen, KI-gestützten Trainingsprogramms und untersuchen sowohl die sofortigen Effekte als auch die Ergebnisse nach einer vierwöchigen Interventionsphase.

Teilnahme und Ablauf

Die Teilnahme Ihres Kindes umfasst:

- **Haltungsanalyse**: Eine computergestützte Analyse der Körperhaltung, die vollständig in normaler Bekleidung durchgeführt wird. Es ist kein Umziehen erforderlich.
- **Personalisiertes Training**: Basierend auf den Analyseergebnissen erstellt die KI ein individuell angepasstes Übungsprogramm für Ihr Kind.
- **Kindgerechte Schmerzedukation**: Durch altersgerechte Märchen und Geschichten wird Ihrem Kind ein positiver Umgang mit dem eigenen Körper vermittelt.

1

- **Zwei Messzeitpunkte**: Die Wirksamkeit wird direkt nach der ersten Trainingseinheit und erneut nach vier Wochen regelmäßigen Trainings gemessen.

Nutzen für Ihr Kind

- **Frühzeitige Erkennung** möglicher Haltungsprobleme
- **Individuell angepasstes Trainingsprogramm** für die Bedürfnisse Ihres Kindes
- **Förderung des Körperbewusstseins** und der gesunden Muskelentwicklung
- **Spielerisches Erlernen** einer gesunden Körperhaltung

Die kurzen Übungen lassen sich gut in den Familienalltag integrieren und wurden speziell für Kinder konzipiert, um das Training motivierend zu gestalten.

Wissenschaftlicher Ansatz

Die Studie basiert auf dem innovativen Konzept des Muskelgedächtnisses in Kombination mit biopsychosozialer Schmerzedukation. Diese wissenschaftlich fundierte Methode verbindet effektives Training mit einer kindgerechten Vermittlung.

Datenschutz

Alle erhobenen Daten werden streng vertraulich behandelt und ausschließlich in anonymisierter Form für wissenschaftliche Zwecke verwendet. Die Teilnahme ist völlig freiwillig und kann jederzeit ohne Angabe von Gründen beendet werden.

Termine und Ablauf

Die Studie erstreckt sich über einen Zeitraum von vier Wochen mit einer Erstuntersuchung und einem Kontroll-Termin. Die genauen Termine stimmen wir individuell mit Ihnen ab. Die Trainingsübungen können bequem zu Hause durchgeführt werden.

Teilnahme

Für die Teilnahme Ihres Kindes benötigen wir Ihre schriftliche Einwilligung. Bitte füllen Sie, wenn Ihr Kind an der Studie teilnimmt, den unteren Abschnitt aus und geben Sie diesen bis zum 23.05.25 in der Schule wieder ab. Als Anerkennung erhält jedes teilnehmende Kind nach Abschluss der Studie einen persönlichen Haltungsbericht mit Vorher-Nachher-Ergebnissen sowie mit seinem individuellen Übungsprogramm für zu Hause.

Bei Fragen zur Studie stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung unter:

ProVita Cité, **Schwarzwaldstraße 133 in Baden-Baden, Tel.: 07221 / 8589669**

Mit freundlichen Grüßen

Alexander Srokovskyj
-Physiotherapeut-

Dimitri Ridenger
-Rektor-

Bitte bis Freitag, 23.05.25 wieder in der Schule abgeben!

Ich habe / wir haben die Informationen zur Studie zur KI-gestützten Trainingsintervention für eine verbesserte Körperhaltung bei Kindern zur Kenntnis genommen und erkläre/n mich / uns einverstanden, dass mein Kind anonymisiert an der Studie teilnimmt.

:

Name des Kindes:_____Klasse:_____

Datum:_____ Unterschrift:_____

D) Märchen

Das geheimnisvolle Reich der Schmerzen

Ein Kinderbuch über das Verstehen, Fühlen und Verwandeln von Schmerz



© Schmerzfreie Zukunft Kinderstiftung e.V.

✨ Einleitungsmärchen: Das Körperreich und der Drache Schmerz

Es war einmal ein lebendiges Königreich – anders als alle Reiche, die du je gesehen hast. Dieses Reich war ein Körper, mit tanzenden Flüssen aus Blut, flatternden Boten namens Nerven und einem großen, gewundenen Palast ganz oben: dem Gehirn.

Der König – das Gehirn – saß Tag und Nacht in seinem Beobachtungsturm und sandte kleine, flinke Boten durch das ganze Land. "Ist im Fuß alles gut? Wie geht es dem Herzen? Sind die Muskeln fröhlich?"

Die Boten flitzten durch geheime Tunnel und brachten Nachrichten zurück: "Alles ruhig im Bein... Die Schulter ist müde... Der Magen knurrt nach Essen."

Doch eines Tages spürte der König ein seltsames Zittern. Irgendwo im Bein bebte etwas. Die Boten kamen aufgeregt zurück: "Etwas ist anders! Nicht wie sonst!"

"Alarm!", rief der König. "Ruft den Drachen Schmerz!"



In einer Höhle tief im Körperreich schlummerte der Drache. Er war weder böse noch gut – er war einfach ein Beschützer. Wenn der König rief, erwachte er und flog mit glühenden Flügeln dorthin, wo Gefahr drohte.

"BRÜLL!", machte der Drache, und das ganze Reich spürte es. "Hier ist etwas nicht in Ordnung!"

Das Kind, dem das Körperreich gehörte, spürte den Schmerz im Bein. "Autsch!", sagte es und hielt still, damit der verletzte Ort heilen konnte.

So sollte es sein. Der Drache kam, warnte, und ging wieder schlafen, wenn alles besser wurde.

Aber manchmal... manchmal war es anders.

Manchmal kam der Drache, obwohl gar keine echte Gefahr drohte. Er hatte eine alte Geschichte gehört oder einen Schatten gesehen. Oder der König war besonders ängstlich und rief: "Lieber einmal zu viel warnen als zu wenig!"

Dann brüllte der Drache, warf Funken – aber es gab nichts zu beschützen. Nichts war kaputt. Nur die Erinnerung an etwas, das einmal weh tat.

Und so begann die große Suche im Körperreich: Wie unterscheidet man wahren Schmerz, der warnen will, von altem Schmerz, der nur eine Erinnerung ist? Wer kann dem Drachen beibringen, wann er wirklich gebraucht wird? Und wer zeigt neue, sanftere Wege durch das Reich?

Dies ist die Geschichte dieser Reise...

© Schmerzfreie Zukunft Kinderstiftung e.V.

🐢 Kapitel 1: Der Knoten-König und das Spannungsnetz

In einem verborgenen Tal des Körperreiches, zwischen Wirbelsäule und Schulterblättern, lebte ein eigenwilliger Herrscher: der Knoten-König. Er war klein und hart wie ein Kieselstein, aber seine Macht war erstaunlich groß.

Immer wenn ein Kind zu lange auf einem Stuhl saß, sich über etwas ärgerte oder traurig war, weil es nicht mehr spielen durfte, rieb sich der Knoten-König vergnügt die Hände. Das war seine Zeit!



"Spannungsnetz auswerfen!", befahl er seinen Dienern. Und schon warfen sie unsichtbare, feine Seile um die Muskeln von Bauch, Schultern und Rücken. Zug um Zug wurden die Seile fester angezogen.

Die Muskeln, eigentlich fröhliche und bewegliche Gesellen, wurden steif und hart. Der Atem, der sonst tief und frei durch den Körper tanzte, wurde flach und hastig.

"Warum tut alles weh?", fragte das Kind und fasste sich an den Nacken. "Ich habe mich doch gar nicht gestoßen!"

Der Knoten-König kicherte leise. "Sie verstehen es nicht! Je mehr sie sich Sorgen machen, desto fester werden meine Knoten!"

Doch da wehte ein sanfter Wind durch das Körperreich, und mit ihm kam eine schimmernde Gestalt: die Atemfee. Sie war durchsichtig wie Morgennebel und ihre Stimme klang wie ein Flüstern.

"Ich kenne den Zauberschlüssel für die Knoten", sagte sie und setzte sich auf die Schulter des Kindes. "Es ist der tiefe, ruhige Atem."

Sie beugte sich zum Ohr des Kindes und flüsterte: "Probier den Zauberatem..."

Zauberübung: Der Knotenlöse-Atem

Lege deine Hände sanft auf deinen Bauch.

Atme tief ein und zähle dabei langsam bis 3.

Spüre, wie dein Bauch sich wölbt wie ein Luftballon.

Puste die Luft gaaaanz langsam aus, als würdest du eine Kerze aus der Ferne auspusten wollen.

Stell dir vor: Mit jedem Ausatmen wird ein Knoten weicher und löst sich.

Wiederhole das 3-mal und beobachte, was passiert.

Der Knoten-König wurde unruhig, als er den tiefen Atem des Kindes spürte. "Was ist das? Die Seile werden locker!"

Mit jedem tiefen Atemzug lösten sich die Spannungsfäden, einer nach dem anderen. Die Muskeln seufzten erleichtert, der Rücken wurde weicher, die Schultern sanken entspannt herab.

Der Knoten-König zog sich schmollend zurück. "Ich komme wieder, wenn du es vergisst", brummte er.

Die Atemfee lächelte. "Das wird er. Aber jetzt kennst du den Zauber."

> *"Wo fühlst du dich manchmal eng oder fest? In den Schultern? Im Bauch? Im Nacken? Und was passiert, wenn du den Knotenlöse-Atem probierst?"*

© Schmerzfreie Zukunft Kinderstiftung e.V.

💫 Kapitel 2: Die Sorgenfee und der Schattenwald

Es gibt einen Ort im Körperreich, der nur im Dämmerlicht sichtbar wird: der Schattenwald. Zwischen Kopf und Herz erstrecken sich seine verwunschenen Bäume, und wenn die Nacht anbricht, erwacht dort ein besonderes Wesen: die Sorgenfee.

Anders als andere Feen war sie nicht hell und funkelnd. Ihre Flügel waren dunkel wie Nachtfalter und schimmerten manchmal in traurigem Blau. Sie war nicht böse – nein, sie war nur sehr nachdenklich und ein bisschen… zu besorgt.



Wenn Kinder viele Sorgen im Kopf hatten – wegen einer schweren Prüfung, einem Streit mit Freunden oder Ängsten vor der Dunkelheit – spürte die Sorgenfee es sofort.

"Oh! Da ist jemand traurig oder ängstlich", flüsterte sie und erhob sich aus ihrem Blütenkelch. Mit ihren dunklen Flügeln flog sie durch das Körperreich und berührte hier und da einen Ort.

Jede Berührung hinterließ einen kleinen Schatten. Im Bauch, in der Brust, im Kopf. Die Muskeln spannten sich an, als würden sie sich für einen Kampf rüsten. Das Kind bekam Bauchweh oder Kopfweh, obwohl gar nichts kaputt war.

"Aber warum tut es weh, wenn ich Angst vor der Schule habe?", fragte ein Kind eines Tages verwirrt.

Die Sorgenfee setzte sich auf einen Zweig und seufzte. "Ich will nicht, dass es weh tut. Ich will nur sagen: 'Etwas bedrückt dich.' Aber meine Sprache ist eben... der Schatten."

Da kam ein kleiner Lichtgeist angesprungen. Er hüpfte fröhlich zwischen den dunklen Bäumen umher und seine Haut strahlte wie Sonnenlicht. Er winkte dem Kind zu:

"Ich kenne einen Trick gegen die Sorgen-Schatten! Hast du Lust auf ein Spiel mit Lichtgedanken?"

Zauberübung: Der Lichtgedanke

Male eine große, strahlende Sonne auf ein Blatt Papier.

In jeden Sonnenstrahl schreibst oder malst du einen Gedanken, der dich glücklich macht.

Das kann ein Freund sein, dein Lieblingsspielzeug, ein schönes Erlebnis oder etwas, worauf du dich freust.

Wenn du dich traurig oder schwer fühlst, schau deine Sonne an und lass einen Strahl nach dem anderen in deinen Kopf leuchten.

Die Sorgenfee beobachtete das Ganze mit großen Augen. "Was passiert da?", flüsterte sie erstaunt.

Die Lichtgedanken berührten die Schatten, und diese wurden heller und leichter. Sie verschwanden nicht ganz – manche Sorgen brauchten mehr Zeit – aber sie verloren ihre schwere Last.

Das Kind atmete tiefer und freier. Das Bauchweh wurde sanfter.

Der Lichtgeist hüpfte aufgeregt. "Siehst du? Gedanken können leicht oder schwer sein. Du darfst wählen, welchen du mehr Platz gibst!"

Die Sorgenfee nickte langsam. Vielleicht könnte sie ja lernen, ihre Botschaften auch mit etwas Licht zu versehen...

> *"Welche Gedanken machen dich schwer? Welche machen dich leicht? Und merkst du manchmal, wie dein Körper anders fühlt, je nachdem, was in deinem Kopf passiert?"*

© Schmerzfreie Zukunft Kinderstiftung e.V.

📧 Kapitel 3: Die Briefe aus der Vergangenheit

Tief in den Gewölben des Körperreiches gab es eine geheimnisvolle Kammer: das Schmerzgedächtnis. Dort lebten winzige Schreiberlinge, die Tag und Nacht alte Geschichten aufbewahrten – Geschichten von Stürzen und Tränen, von Angst und Schreck.

Jede Geschichte wurde sorgsam auf ein Pergament geschrieben und in einer Flasche verschlossen. Wenn alles gut ging, blieben diese Flaschenposten im Archiv und verstaubten langsam.

Doch manchmal... manchmal öffnete sich eine Flasche von selbst.



So geschah es bei einem Kind, das einmal vom Klettergerüst gefallen war. Sein Knie hatte geblutet, es hatte geweint, und der Drache Schmerz hatte tagelang gewacht. Als alles geheilt war, schrieben die Schreiberlinge alles auf und versiegelten die Geschichte.

Monate später kletterte das Kind wieder. Plötzlich – PLOPP! – öffnete sich die alte Flasche im Schmerzgedächtnis.

Der Brief schwebte durch das Reich und flüsterte: "Hier war mal etwas schlimm! Sei vorsichtig! Es könnte wieder passieren!"

Der König – das Gehirn – las den Brief und rief sofort: "Drachen-Alarm!"

Obwohl nichts passiert war, spürte das Kind plötzlich einen stechenden Schmerz im Knie. Es hatte Angst weiterzuklettern.

Ein kleiner Bibliothekswächter mit runder Brille und freundlichem Gesicht bemerkte das Durcheinander. Er hieß Verstehen und liebte es, alte Briefe zu ordnen.

Er nahm den fliegenden Brief sanft in die Hand und las ihn. "Ah", sagte er, "ein alter Brief. Von einem Sturz, der längst geheilt ist."

Er ging zum Kind und erklärte: "Dein Körper erinnert sich an die alte Verletzung. Er will dich beschützen. Aber weißt du was? Du darfst ihm einen neuen Brief schreiben!"

Zauberübung: Der neue Brief

Stell dir vor: Du schreibst deinem Körper einen neuen Brief.

Beginne mit: "Liebes Knie (oder Bauch oder Kopf)...

Du bist sicher. Die alte Verletzung ist geheilt. Jetzt darfst du dich entspannen und loslassen."

Wenn du magst, kannst du den Brief wirklich auf Papier schreiben und mit bunten Farben verzieren.

Lies ihn laut vor – so hört dein ganzer Körper die gute Nachricht.

Der Bibliothekswächter lächelte, als er sah, wie das Kind seinen Brief vorlas. Er bemerkte, wie die alten Worte langsam verblassten und die neuen stärker wurden.

"Das Schmerzgedächtnis will beschützen", erklärte er. "Aber manchmal vergisst es, dass heute alles anders ist. Deine neuen Briefe helfen ihm, sich zu erinnern: Die Zeiten ändern sich, und wir werden stärker."

"Was möchtest du deinem Körper sagen? Gibt es einen Ort, der manchmal wehtut und dem du einen neuen, freundlichen Brief schreiben könntest?"

© Schmerzfreie Zukunft Kinderstiftung e.V.

Kapitel 4: Die tanzenden Schuhe

Im Spielzimmer des Körperreiches stand eine alte, geheimnisvolle Truhe. Sie war mit Mondsternen und Silberfäden verziert und nur wenige wussten, was darin verborgen lag.

Ein Kind, das oft Rückenschmerzen hatte, entdeckte die Truhe eines Tages durch Zufall. Es war müde vom langen Sitzen und Stillhalten. Der Drache Schmerz hatte den ganzen Tag zwischen seinen Schulterblättern gefaucht.



"Was ist da drin?", fragte das Kind und öffnete vorsichtig den Deckel.

In der Truhe lagen ein Paar schimmernde Schuhe. Sie waren weder groß noch klein, weder alt noch neu – sie schienen genau zu passen, egal wer sie anprobierte. Und sie glitzerten, als wären sie mit Sternenstaub bestreut.

"Die tanzenden Schuhe!", rief eine kleine Stimme aufgeregt. Es war ein flinkes Wesen namens Bewegung, das immer herumsprang und nie still sitzen konnte.

"Probier sie an!", forderte Bewegung das Kind auf.

Kaum hatte das Kind die Schuhe angezogen, begann eine seltsame Musik zu spielen. Es war keine gewöhnliche Melodie – es klang, als würden alle Muskeln, Sehnen und Knochen zusammen singen!

Die Schuhe begannen sanft zu wippen. Das Kind spürte, wie seine Füße von selbst kleine Schritte machten. Der Rhythmus wurde stärker, und plötzlich tanzte das ganze Kind!

Es hüpfte wie ein Frosch, streckte sich wie eine Katze, drehte sich wie ein Blatt im Wind und balancierte wie auf einem unsichtbaren Seil. Die Freude strömte durch jede Zelle.

Und dann geschah das Wunder: Der Rücken, der noch vor Minuten geschmerzt hatte, begann zu lachen. Die Knie wurden warm und weich. Der Kopf fühlte sich leicht und klar an.

"Siehst du?", rief Bewegung fröhlich. "Bewegung ist die beste Zauberei gegen steife Muskeln und alte Schmerzen! Wenn wir uns bewegen, fließt frisches Blut überall hin. Die Muskeln wachen auf, die Gelenke werden geschmeidig, und der Drache wird ganz sanft!"

Zauberübung: 3 Minuten Bewegungstanz

Stelle eine Uhr auf 3 Minuten.

Schalte deine Lieblingsmusik ein – oder tanze ohne Musik!

Bewege dich, wie dein Körper es gerade mag:

- Mache Tierbewegungen: Hüpfe wie ein Frosch, schleiche wie ein Tiger

- Sei ein Roboter mit eckigen Bewegungen

- Drehe dich wie ein Wirbelwind

- Strecke dich nach den Sternen und beuge dich zum Boden

Nach den 3 Minuten atme tief durch und spüre nach.

Das Kind war außer Atem, aber seine Augen leuchteten. Die tanzenden Schuhe hatten ihre Magie getan.

"Kann ich die Schuhe behalten?", fragte es.

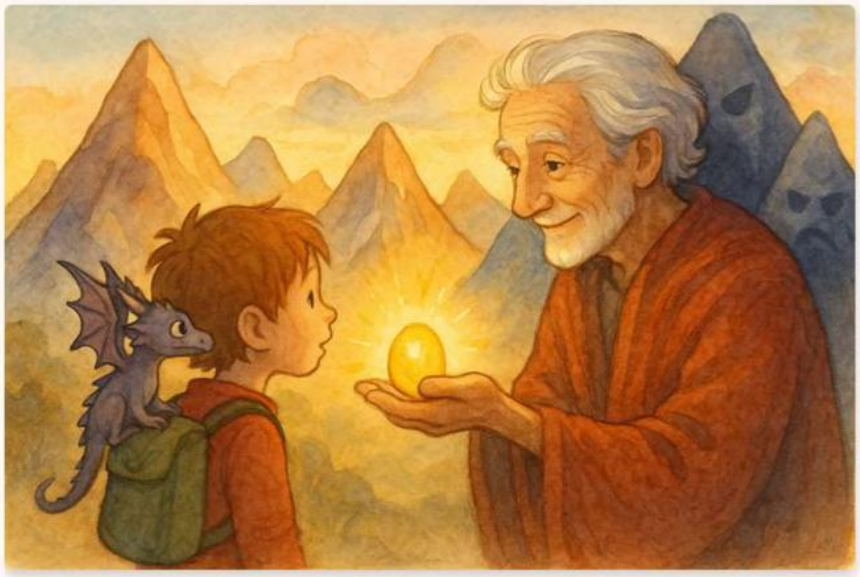
Bewegung lachte. "Die Schuhe waren nie in der Truhe – sie sind immer schon an deinen Füßen gewesen! Du musst sie nur benutzen."

"Wie fühlt sich dein Körper nach dem Tanzen an? Welche Bewegungen magst du am liebsten? Und merkst du, wie manche Schmerzen weniger werden, wenn du dich bewegst?"

🏔️ Kapitel 5: Der Mutstein

Im Norden des Körperreiches erstreckte sich ein Gebirge. Es bestand nicht aus gewöhnlichem Fels, sondern aus allen unerfüllten Träumen, vergessenen Hoffnungen und der Angst vor Versagen. Die Gipfel waren so hoch, dass sie manchmal in den Wolken verschwanden.

Ein Kind stand am Fuße dieses Gebirges und sah hinauf. Es hatte oft Schmerzen – im Bauch, im Kopf, in den Beinen. Und immer, wenn es etwas Neues lernen oder versuchen wollte, fingen die Schmerzen wieder an.



"Ich bin zu schwach", dachte das Kind. "Ich schaffe das nie."

Der Drache Schmerz hatte sich auf seiner Schulter niedergelassen und flüsterte ihm ständig ins Ohr: "Pass auf! Sei vorsichtig! Das wird wehtun!"

So stand das Kind da, ohne sich zu bewegen, gefangen zwischen Angst und Sehnsucht.

Da hörte es Schritte. Ein alter Mann mit silbernen Haaren und freundlichen Augen kam den schmalen Pfad entlang. Er trug einen Sack voller leuchtender Steine und lächelte dem Kind zu.

"Du siehst aus, als könntest du einen Mutstein gebrauchen", sagte er und griff in seinen Sack.

Er zog einen kleinen Stein hervor, der von innen zu leuchten schien. Mal war er blau wie der Himmel, mal grün wie ein Frühlingsblatt.

"Was ist ein Mutstein?", fragte das Kind.

"Das ist dein eigener Mut", erklärte der alte Mann. "Er ist immer da, auch wenn er manchmal winzig erscheint. Wenn du gut zu dir bist, wird er stärker und größer."

Er legte den Stein in die Hand des Kindes. "Drei Dinge sollst du wissen:

Erstens: Üben hilft. Jeder Schritt macht dich stärker.

Zweitens: Freundlich sein zu dir selbst hilft. Sprich mit dir wie mit einem guten Freund.

Drittens: Mut bedeutet nicht, keine Angst zu haben. Mut bedeutet, weiterzumachen, auch wenn es schwer ist."

Das Kind betrachtete den leuchtenden Stein. Er fühlte sich warm an und passte genau in die Handfläche.

"Soll ich das Gebirge besteigen?", fragte es unsicher.

Der alte Mann lächelte. "Nur so weit, wie du dich traust. Und morgen vielleicht ein Stückchen weiter. Der Weg ist wichtiger als der Gipfel."

Er zeigte auf den Drachen Schmerz. "Und sag deinem Drachen: 'Ich höre dich, aber ich entscheide selbst, wie weit ich gehe.'"

Zauberübung: Ich-bin-stark-Spruch

Stell dich wie ein Held oder eine Heldin hin:

Füße fest auf dem Boden, Schultern entspannt, Kopf aufrecht

Lege eine Hand auf dein Herz

Sag laut: "Ich bin mutig. Ich bin stark. Ich lerne jeden Tag dazu."

Wenn du magst, füge hinzu: "Ich schaffe das, Schritt für Schritt."

Während das Kind den Spruch sagte, begann der Mutstein heller zu leuchten. Der Drache Schmerz rutschte unruhig hin und her und murmelte etwas Unverständliches.

Das Kind spürte, wie ein warmes Gefühl durch seine Brust strömte. Es war, als würde ein kleines Feuer entzündet – nicht wild und gefährlich, sondern warm und stark.

"Ich werde einen Schritt gehen. Nur einen", beschloss es. "Und morgen vielleicht noch einen."

Der alte Mann nickte zufrieden. "So beginnen alle großen Reisen."

"Wann warst du zuletzt mutig? Was hat dir dabei geholfen? Und wie fühlt sich dein Körper an, wenn du den Ich-bin-stark-Spruch sagst?"

© Schmerzfreie Zukunft Kinderstiftung e.V.

🌿 Kapitel 6: Der Vagusbaum – Wächter der Ruhe

Weißt du, wo die tiefste Ruhe im Körperreich wohnt? Sie hat einen geheimen Ort, verborgen hinter dem Herzen und den Lungen, wo ein besonderer Baum wächst: der Vagusbaum.

Er ist anders als alle anderen Bäume. Seine Wurzeln reichen vom Kopf bis in den Bauch, und seine Zweige verzweigen sich durch das ganze Reich. Und das Erstaunlichste: Dieser Baum kann leuchten!



Immer wenn das Kind ruhig atmet, sich sicher fühlt oder etwas Schönes erlebt – wenn es ein Lied hört, das es liebt, oder in den Armen gehalten wird – flackern die Lichter des Vagusbaums wie kleine Sterne. Erst einzeln, dann immer mehr, bis der ganze Baum in sanftem Blau erstrahlt.

Ein kleines Mädchen entdeckte den Baum, als es eines Nachts bei Kerzenlicht ein Buch las. Plötzlich spürte es eine angenehme Wärme in der Brust und ein Kribbeln im Bauch. Es wurde ruhig und müde, aber auf eine schöne Weise.

"Was ist das?", flüsterte es und legte die Hand auf sein Herz.

"Das bin ich", antwortete eine sanfte Stimme. Es war der Geist des Vagusbaums, ein ruhiges Wesen mit weisen Augen. "Ich bin der Wächter der Ruhe. Ich helfe deinem Körper, sich zu erholen und zu entspannen."

Das Mädchen lauschte fasziniert. "Was passiert, wenn du leuchtest?"

"Dann schicke ich Ruhe-Boten durch deinen ganzen Körper", erklärte der Baumgeist. "Sie flüstern den Muskeln zu: 'Ihr dürft euch entspannen.' Sie sagen dem Herzen: 'Du kannst ruhiger schlagen.' Und sie beruhigen die Gedanken: 'Alles ist gut, ihr müsst nicht mehr wachsam sein.'"

"Und was passiert mit dem Drachen Schmerz?", fragte das Mädchen neugierig.

Der Baumgeist lächelte. "Wenn ich leuchte, werden die Drachen sanft. Manche schlafen sogar ein. Sie wissen: Wenn ich wache, ist alles sicher."

Das Mädchen überlegte. "Wie kann ich dir helfen zu leuchten?"

"Indem du mir zuhörst", sagte der Baumgeist. "Ich spreche leise, durch Gefühle der Ruhe und des Wohlbefindens. Wenn du lernst, diese Gefühle zu erkennen und zu stärken, wird mein Licht immer heller."

Zauberübung: Die Baumruhe

Stell dir vor, du bist ein Baum:

Deine Füße sind die Wurzeln, fest in der Erde verankert.

Dein Körper ist der Stamm, stark und aufrecht.

Deine Arme sind die Äste, die sich sanft im Wind wiegen.

Atme ruhig und langsam.

Stell dir vor: Mit jedem Atemzug fließt goldenes Licht durch deinen Körper-Baum.

Der Baum beginnt von innen zu leuchten – erst dein Bauch, dann deine Brust, dann dein ganzer Körper.

Das Mädchen probierte die Übung aus und spürte, wie sein Atem tiefer wurde und seine Schultern sich entspannten. Die Wärme kehrte zurück, und ein Gefühl von Sicherheit breitete sich aus.

"Ich kann den Baum spüren!", flüsterte es aufgeregt.

Der Baumgeist nickte zufrieden. "Der Vagusbaum ist immer in dir. Er wächst mit jeder ruhigen Minute, mit jedem sicheren Gefühl. Und je stärker er ist, desto schneller kann dein Körper von Anspannung zu Ruhe finden."

"Wann fühlt sich dein Körper sicher und ruhig an? Beim Kuscheln? In der Natur? Bei bestimmter Musik? Und kannst du spüren, wie dein Atem und dein Herzschlag sich verändern, wenn du dich sicher fühlst?"

© Schmerzfreie Zukunft Kinderstiftung e.V.

🌟 Abschluss: Der neue Friedensvertrag im Körperreich

Die Sonne ging auf über dem Körperreich. Es war ein besonderer Tag. Auf der großen Wiese vor dem Gehirn-Palast hatten sich alle versammelt: Der König und seine Berater, die Muskeln in ihren bunten Gewändern, die Nerven mit ihren blitzenden Botenstäben, der Knoten-König (der heute ausnahmsweise friedlich war), die Sorgenfee mit ihren dunklen Flügeln, der Bibliothekswächter Verstehen mit seinen Büchern, das quirlige Wesen Bewegung, der alte Mann mit seinem Sack voller Mutsteine und der weise Geist des Vagusbaums.



Sogar der Drache Schmerz war gekommen – nicht fauchend und funkensprühend, sondern ruhig und aufmerksam.

In der Mitte stand ein Kind. Es hielt eine große Schriftrolle in den Händen und las mit klarer Stimme:

"Hiermit schließen wir, alle Bewohner des Körperreiches, einen neuen Friedensvertrag:

Erstens: Wir erkennen an, dass der Drache Schmerz helfen will, nicht strafen. Er ist ein Beschützer, auch wenn er manchmal zu laut brüllt.

Zweitens: Wir verstehen, dass alte Geschichten und Erinnerungen manchmal falschen Alarm auslösen können. Verstehen hilft beim Heilen.

Drittens: Bewegung, freundliche Gedanken und Mut machen den Weg frei für neue, bessere Straßen im Reich.

Viertens: Wir werden lernen, die stille Stimme des Vagusbaums zu hören und zu stärken, damit Ruhe und Sicherheit wachsen können."

Alle Wesen nickten feierlich. Der König – das Gehirn – trat vor und sagte: "Von heute an werden wir gemeinsam daran arbeiten, dass Schmerzen uns nicht mehr beherrschen. Wir werden sie als Boten verstehen, aber nicht als Herrscher."

Der Drache Schmerz verneigte sich. "Ich werde weiter wachen, aber ich verspreche, besser zuzuhören, bevor ich Alarm schlage."

Das Kind rollte die Schriftrolle zusammen und sah alle an. "Der Drache Schmerz ist noch da – aber er ist ruhiger geworden. Und wenn er ruft, frage ich jetzt: 'Was brauchst du, lieber Drache?'"

Manchmal antwortete der Drache: "Ruhe dich aus!" Manchmal sagte er: "Bewege dich anders!" Manchmal meinte er: "Sprich über das, was dich bedrückt!" Und manchmal flüsterte er: "Ich habe mich geirrt. Es ist alles gut."

Und wenn das letzte der Fall war, flog er einfach weiter, auf der Suche nach Orten, wo er wirklich gebraucht wurde.

Das Kind hatte gelernt: Der Körper ist klug. Er hat viele Stimmen. Und wenn wir alle hören – nicht nur den lautesten Drachen – finden wir unseren Weg durch das wunderbare Reich, das uns gehört.

Schmerz ist wie ein lauter Ruf deines Körpers.

Manchmal ruft er: "Hilfe! Hier ist etwas kaputt!"

Manchmal ruft er: "Achtung! Hier war mal etwas kaputt!"

Manchmal ruft er: "Hör zu! Hier fühlt sich etwas nicht gut an!"

Deine Aufgabe ist nicht, den Ruf zum Schweigen zu bringen.

Sondern zu lernen, was er dir sagen will.

Und dann zu antworten – mit Freundlichkeit, Mut und Weisheit.

© Schmerzfreie Zukunft Kinderstiftung e.V.

📘 Extra: Zauberseite für Eltern

Was Kinder brauchen, wenn sie Schmerzen haben:

Ernst genommen werden, ohne in Angst zu verfallen
Körperliche Ursachen abklären lassen, aber auch emotionale Auslöser berücksichtigen
Wie man Kinder stärkt statt ängstigt:

Spielerisch erklären, statt dramatisieren
Bewegung und Selbstwirksamkeit fördern
Den Fokus auf das legen, was das Kind selbst tun kann
Warum Erklärung, Bewegung und liebevolle Begleitung der beste Weg sind:

Schmerzen verlieren ihren Schrecken, wenn man sie versteht
Körper und Seele brauchen Vertrauen, Zeit und Mut zur Veränderung

© Schmerzfreie Zukunft Kinderstiftung e.V.

Eigenständigkeitserklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die von mir eingereichte Abschlussarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Zur sprachlichen Umformulierung und Gliederungshilfe wurde unterstützend das Sprachmodell ChatGPT (Version GPT-4, OpenAI) verwendet. Die inhaltliche Validierung und wissenschaftliche Prüfung der generierten Textvorschläge erfolgten durch die Autorin.



Sauerlach, 31.07.2025, Unterschrift