Effekte von Explosivkrafttraining auf die Gehgeschwindigkeit bei Patient*innen nach Schlaganfall – ein systematischer Überblick

Bachelorarbeit

vorgelegt von

DUELLI THERESA

Matrikelnummer: 01/1404759

an der

Universität Konstanz

Geisteswissenschaftliche Sektion

Fachbereich Geschichte und Soziologie mit Sportwissenschaft und Empirischer Bildungsforschung

Motorische Neurorehabilitation

Gutachter/Gutachterin: Prof. Dr. Markus Gruber

Ehingen, 2025

Konstanzer Online-Publikations-System (KOPS)
URL: http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:352-2-xafcpgelinpe6

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis III
Abbildungsverzeichnis IV
Tabellenverzeichnis V
Vorwort 1
Abstract 2
1.0 Einleitung 4
1.1 Einführung 4
1.2 Zielsetzung und Forschungsfrage 5
1.3 Aufbau der Arbeit 6
2.0 Theoretischer Hintergrund 6
2.1 Schlaganfall 6
2.2 Definition Kraftfähigkeiten 7
2.3 Definition verschiedener Krafttrainingsformen 8
2.4 Definition Dehnungsverkürzungszyklus 9
2.5 Definition Gehen 10
3.0 Methodik 11
3.1 Suchmethode 11
3.2 Ein- und Ausschlusskriterien 12
3.3 Auswahlprozess 12
3.4 Studienbewertung 13
4.0 Ergebnisse 14
5.0 Diskussion 24
5.1 Interpretation der Studienergebnisse 24
5.2 Interpretation der Studienqualität: 25
6.0 Schlussfolgerung 27
6.1 Beantwortung der Fragestellung 27
6.2 Theorie-Praxis-Transfer 27
6.3 Limitationen 28
Literaturverzeichnis 29
Anlagen 33

Abkürzungsverzeichnis

10-MWT	10-Meter Walk Test
1RM	One Repetition Maximum
6-MWT	6-Minute Walking Test
APSI	Anteroposterior Stability Index
AQol	Assesment of Quality of Life
DGI	Dynamic Gait Index
DVZ	Dehnungsverkürzungszyklus
EMG	Electromyography
FAC	Functional Ambulation Category
FCWS	Fast comfortable walking speed
FMA-LE	Fugl-Meyer-Assesment-Lower Extremity
FS	Fast Speed
JS	Jump Squat
LEP	Leg Extensor Power
M.	Musculus
MLSI	Mediolateral Stability Index
OSI	Overall Stability Index
p	p-Wert
PEDro	Physiotherapy Evidence Database
PICO	Patient, Intervention, Comparison, Outcome
POWER	Poststroke Optimization of Walking using Explosive Resistance
PubMed	Publicity accessible Medline
r	Pearson Korrelationskoeffizient
RCT	Randomized Controlled Trial
SS	Self selected
SSWS	Self-selected walking speed

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Kraftfähigkeiten (1999_07-08_KRAFTFAEHIGKEITEN.pdf, o. J.) 7
Abb. 2 Flussdiagramm Literaturrecherche 13

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Ein- und Ausschlusskriterien nach PICO 12
Tab. 2 Pedro Skala 13
Tab. 3 Studienübersicht 23
Tab. 4 Bewertung der Studienqualität nach PEDRO 26

Vorwort

Als Physiotherapeutin in einer ambulanten Praxis betreue ich seit einigen Jahren Menschen nach einem Schlaganfall. Meist befinden sich meine Patient*innen im chronischen Stadium und sind häufig gehfähig. Ein Ziel, das nahezu alle gehfähigen Patient*innen äußern, ist die Verbesserung ihrer Gehgeschwindigkeit.
Im Laufe der praktischen Arbeit ist mir dabei ein wiederkehrendes Muster aufgefallen. Häufig fehlt es an einer aktiven Abdruckphase, insbesondere an der explosiven Kraftentfaltung der Wadenmuskulatur. Diese Beobachtung war der Ausgangspunkt für meine zentrale Fragestellung.
„Könnte ein gezieltes, explosives Krafttraining zu einer Verbesserung der Gehleistung beitragen? Und lässt sich dieser theoretische Ansatz sinnvoll in die Praxis übertragen?“
Mit dieser Arbeit möchte ich einen Beitrag leisten, wie Schlaganfallpatient*innen ihre funktionellen Ziele, insbesondere beim Gehen, zielgerichteter und effizienter erreichen können.
Mein besonderer Dank gilt meinem Freund, der mich während der intensiven Studienzeit, der parallelen Vollzeitarbeit in der Physiotherapiepraxis und unserem gemeinsamen Hausbau unterstützt und mir den Rücken freigehalten hat. Ebenso danke ich meiner Freundin und Mitkommilitonin Lea, mit der ich während des gesamten Studiums eng zusammengearbeitet habe. Gemeinsam haben wir uns auf alle Prüfungen vorbereitet, intensive Lernwochenenden in Konstanz verbracht und uns stets gegenseitig unterstützt.
Nicht zuletzt möchte ich Prof. Dr. M. Gruber für die Betreuung meiner Bachelorarbeit und seinem Interesse an meinem Thema herzlich danken.

Abstract

Background:
Improving walking speed is one of the most common goals in physiotherapeutic rehabilitation after stroke, especially in the chronic stage when patients are already ambulatory. In clinical practice, a frequent deficit can be observed during the push-off phase of the gait cycle, which is mainly characterized by reduced explosive force production of the calf muscles. This observation raises the question of whether targeted power training can lead to functional improvements in walking.

Methods:
To answer this question, a systematic literature review was conducted. Included were (quasi-)experimental original studies that investigated power training of the lower extremities in stroke patients and assessed gait-related parameters such as walking speed, mobility, or functional performance. Studies were selected based on predefined inclusion and exclusion criteria and were evaluated for quality using the PEDro scale.

Results:
A total of eight studies were included in the analysis. Several studies reported positive effects of explosive strength training on walking speed, functional mobility (e.g., 10-meter walk test, 6-minute walk test), and neuromuscular performance of the lower limbs. However, the methodological quality of the studies varied; common limitations included small sample sizes, lack of control groups, or limited blinding.

Conclusion:
The results suggest that targeted power training of the lower limbs may have a positive impact on gait parameters after stroke. Although initial findings are promising, the current evidence base is limited and methodologically heterogeneous. Further high-quality studies are needed to make reliable recommendations for clinical practice and to develop concrete training approaches.

Hintergrund:
Die Verbesserung der Gehgeschwindigkeit stellt eines der häufigsten Ziele in der physiotherapeutischen Rehabilitation von Patient*innen nach einem Schlaganfall dar, insbesondere im chronischen Stadium, wenn die Betroffenen bereits wieder gehfähig sind. In der praktischen Arbeit zeigt sich häufig ein Defizit in der Abdruckphase des Gangzyklus, das vor allem durch eine verminderte explosive Kraftentwicklung der Wadenmuskulatur gekennzeichnet ist. Diese Beobachtung wirft die Frage auf, ob ein gezieltes Training der Explosivkraft zu funktionellen Verbesserungen im Gehen beitragen kann.

Methode:
Zur Beantwortung dieser Fragestellung wurde eine systematische Literaturrecherche durchgeführt. Eingeschlossen wurden (quasi-)experimentelle Originalstudien, die ein Training mit Fokus auf Explosivkraft der unteren Extremität bei Schlaganfallpatient*innen untersuchten und dabei Gehparameter wie Gehgeschwindigkeit, Mobilität oder funktionelle Leistungsfähigkeit erfassten. Die Studien wurden anhand definierter Ein- und Ausschlusskriterien ausgewählt und nach der Physiotherapy Evidence Database (PEDro) qualitativ bewertet.

Ergebnisse:
Insgesamt konnten acht Studien in die Analyse eingeschlossen werden. Mehrere Studien berichteten über positive Effekte eines explosiven Trainings auf die Gehgeschwindigkeit, die funktionelle Mobilität (z. B. 10-Meter-Geh-Test, 6-Minuten-Gehtest) und die neuromuskuläre Leistungsfähigkeit der unteren Extremität. Die methodische Qualität der Studien variierte stark. Häufige Limitationen waren kleine Fallzahlen, fehlende Kontrollgruppen oder eingeschränkte Verblindung.

Schlussfolgerung:
Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass ein gezieltes Explosivkrafttraining der Beinmuskulatur einen positiven Einfluss auf gangbezogene Parameter nach Schlaganfall haben kann. Obwohl erste Hinweise vielversprechend sind, ist die derzeitige Studienlage begrenzt und von methodischer Heterogenität geprägt. Weitere qualitativ hochwertige Studien sind erforderlich, um belastbare Aussagen für die klinische Praxis zu treffen und konkrete Trainingsansätze zu entwickeln.

1.0 Einleitung

1.1 Einführung

In Deutschland erleiden jährlich etwa 300.000 Menschen einen Schlaganfall, der damit eine der häufigsten Ursachen für bleibende Funktionseinschränkungen darstellt (Bergmann et al., 2024, S. 65) Die ältere Bevölkerung ist davon besonders gefährdet, etwa 80 % der Schlaganfälle treten bei Personen über 60 Jahren auf. Der Schlaganfall zählt trotz medizinischer Fortschritte zu den bedeutendsten Gesundheitsrisiken. Mit einer Sterblichkeit von bis zu 40% im ersten Jahr nach dem Ereignis ist er die dritthäufigste Todesursache. Ein Jahr nach dem Ereignis sind etwa 60% dauerhaft auf Hilfsmittel, Therapie oder Pflege angewiesen (*schlaganfall_hilfe_zahlen_daten_fakten.pdf*, o. J.).

Die Wiedererlangung oder Verbesserung der Gehfähigkeit zählt zu den zentralen Zielen der Neurorehabilitation und wird von Betroffenen nach einem Schlaganfall am häufigsten als vorrangiges Rehabilitationsziel genannt (Bergmann et al., 2024, S. 178). Die Aussichten nach einem Schlaganfall wieder selbstständig gehen zu können sind insgesamt günstig. Der größte Fortschritt bei der Wiedererlangung der Gehfähigkeit erfolgt in der Regel innerhalb der ersten drei Monate nach dem Ereignis (Bergmann et al., 2024, S. 179).

Erfolgreiches Gehen wird von zahlreichen Faktoren beeinflusst, darunter Motivation, Muskelkraft, Koordination, Gleichgewicht, Beweglichkeit, Ausdauer und die kardiorespiratorische Fitness. Der Mensch besitzt zudem die Fähigkeit, Bewegungsabläufe flexibel an unterschiedliche Umweltbedingungen und Anforderungen anzupassen (Bergmann et al., 2024, S. 166). Die Fähigkeit zügig gehen zu können ist im außerhäuslichen Alltag von großer Bedeutung, etwa beim rechtzeitigen Überqueren einer Fußgängerampel (Bergmann et al., 2024, S. 173). Hauptsächlich ist Muskelschwäche und/oder verminderte Kraftentfaltung der unteren Extremität die Ursache für Mobilitätseinschränkungen.

Zahlreiche Studien beweisen, dass Widerstandstraining die Muskelkraft nach Schlaganfall verbessert (Williams et al., 2019). Auch die Leitlinie zur Mobilität nach Schlaganfall empfiehlt deutlich die Durchführung eines Krafttrainings (Dohle et al., 2015). Doch Krafttraining allein hat keinen Einfluss auf die Geschwindigkeit, es führt lediglich zum Kraftzugewinn. Die Kraftzuwächse können jedoch nicht auf die Aktivität, wie zum Beispiel das schnelle gehen, übertragen werden (Bergmann et al., 2024, S. 185–186). Wenn also das Ziel in der Verbesserung der Gehgeschwindigkeit bei bereits gehfähigen Patient*innen liegt, sollten die Hauptmuskelgruppen, die die Muskelkraft für die Vorwärtsbewegung beim Gehen erzeugen, gezielt angesprochen werden (Williams et al., 2019).

1.2 Zielsetzung und Forschungsfrage

Laut der S2e-Leitlinie „Rehabilitation der Mobilität nach Schlaganfall“ wird Krafttraining explizit empfohlen, um die Gehgeschwindigkeit nach einem Schlaganfall zu verbessern. Gezieltes Krafttraining der unteren Extremitäten kann die Gehgeschwindigkeit signifikant erhöhen, besonders wenn es als Bestandteil eines umfassenden Trainingsprogramms durchgeführt wird. Dabei sollten progressive Krafttrainingsmethoden angewendet werden. Zur Durchführung des Krafttrainings empfiehlt die Leitlinie zu Beginn eine moderate Intensität von 50-60% des One Repetition Maximum (1- RM) mit einer Steigerung auf bis zu 70-80% des 1- RM mit zwei bis drei Sätzen, acht bis 15 Wiederholungen und einer Trainingshäufigkeit von zwei bis drei Einheiten pro Woche über mindestens vier bis sechs Wochen. Krafttraining sollte nicht isoliert, sondern in ein umfassendes Mobilitäts- und Gangtraining eingebettet werden. Verbesserung der Kraft hat den größten Effekt auf die Gehgeschwindigkeit, wenn sie mit Gangübungen, Balance- und Koordinationstraining kombiniert wird (Dohle et al., 2015).

Obwohl es gut etabliert ist, dass Widerstandstraining effektiv die Muskelkraft verbessern kann, sind die Kraftgewinne nicht unbedingt in verbesserte Gehfähigkeit umgesetzt worden. Oft war der Trainingsreiz zu niedrig oder die Gesamtdauer des Trainings zu kurz. Um gezielte Widerstandsübungen zur Verbesserung der Gehgeschwindigkeit bei Menschen nach einem Schlaganfall festzulegen, ist ein fundiertes Verständnis der biomechanischen Abläufe des Gehens von zentraler Bedeutung. In Krafttrainingsprotokollen werden häufig langsame und schwere Widerstandsübungen aufgeführt, die sich nicht auf die schnellen Muskelkontraktionen, die beim Gehen erforderlich sind, konzentrieren. Da beim Gehen hohe Winkelgeschwindigkeiten in den Gelenken der unteren Extremität auftreten, sollten Widerstandsübungen so gestaltet sein, dass sie gezielt die schnelle Kraftentwicklung fördern (Williams et al., 2019).

Nach einem Schlaganfall ist die Bewegungsgeschwindigkeit häufig reduziert. Diese Geschwindigkeitsdefizite sind in der Literatur gut dokumentiert. Es wird zunehmend anerkannt, dass neben der Maximalkraft auch die Schnellkraft, also die Fähigkeit zur raschen Kraftentfaltung, eine zentrale Rolle in der Gangrehabilitation spielen kann. Trainingsansätze, die auf eine Verbesserung der Bewegungsgeschwindigkeit abzielen, etwa durch Explosivkrafttraining, wurden bislang jedoch nur unzureichend in die neurologische Rehabilitation integriert (Gray et al., 2012).

„Führt Explosivkrafttraining nach einem Schlaganfall zu einer Verbesserung der Gehgeschwindigkeit ?“

1.3 Aufbau der Arbeit

Diese Bachelorthesis beginnt mit der Formulierung der wissenschaftlichen Fragestellung und beleuchtet anschließend die theoretischen Grundlagen des Themas. Darauf folgt eine systematische Literaturrecherche in medizinischen Datenbanken. Im Anschluss werden die Ergebnisse dargestellt, kritisch analysiert und zentrale Erkenntnisse abschließend bewertet und zusammengefasst.

2.0 Theoretischer Hintergrund

In den folgenden Kapiteln werden die theoretischen Grundlagen der Arbeit dargestellt.

2.1 Schlaganfall

Ein ischämischer Schlaganfall entsteht durch eine komplette Unterbrechung der Durchblutung des Gehirns (Kraus, 2018, S. 1). Er gilt als Volkskrankheit, ist die dritthäufigste Todesursache und die führende Ursache für dauerhafte Behinderungen im Erwachsenenalter. Wenn man es weltweit betrachtet, tritt alle zwei Sekunden ein Schlaganfall auf (Kraus, 2018, S. 9). Zu den Risikofaktoren zählen hauptsächlich Vorhofflimmern, Übergewicht, Rauchen, Hypercholesterinämie, Diabetes mellitus und Bluthochdruck. Man geht davon aus, dass durch eine gesündere Lebensweise und eine optimale Blutdruckeinstellung sich vermutlich die meisten Schlaganfälle vermeiden ließen (Kraus, 2018, S. 13–14).
Die meisten Schlaganfälle entstehen infolge von kardioembolischer Ereignisse, sowie aufgrund von makro- und/oder mikroangiopathischer, arteriosklerotischer Läsionen der hirnversorgenden Arterien (Kraus, 2018, S. 26).
Läsionen in bestimmten Gefäßterritorien führen häufig zu typischen Ausfallerscheinungen. Die häufigsten werden nun genauer beschrieben.
Eine Ischämie der Arteria cerebri media, was auch als Mediainfarkt bezeichnet wird, führt typischerweise zu einer brachiofazialen Hemiparese auf der Gegenseite. Oft kommt es zusätzlich auch noch zu einer Aphasie, Apraxie oder einem Neglect. Handelt es sich um eine Läsion im vorderen Mediabereich findet man häufig eine Blickwendung zur Läsion hin. Im Gebiet der Arteria cerebri anterior führt eine Ischämie oft zu einer kontralateralen Beinparese mit milder Sensibilitätsstörung. Verschließt sich die Arteria cerebri posterior kommt es zu einer homonymen Heminanopsie. Bei einem Hirnstamminfarkt kommt es zu Schwindel (Schwankschwindel) mit Übelkeit und Erbrechen, Doppelbilder, Nystagmus, Ataxie, Tetraparese-/plegie, Sensibilitätsstörung, Dysarthrie, Dysphagie und Bewusstseinsstörung. Diese Infarkte sind gefürchtet, da Sie trotz kleiner Läsionen oft schwere Symptome auslösen und die Patient*innen dadurch oft schwer betroffen sind. Thalamusinfarkte äußern sich in einer kontralateralen Sensibilitätsstörung und oft mit Gedächtnisstörung und Verwirrtheit. Der

Infarkt des Kleinhirns führt zu einer ipsilateralen ataktischen Gangstörung mit Schwindel und Dysarthrie (Kraus, 2018, S. 31–36).

2.2 Definition Kraftfähigkeiten

2.2.1 Kraft

Die motorische Fähigkeit Kraft gliedert sich in verschiedene Erscheinungsformen, zu denen insbesondere die Maximalkraft, Schnellkraft und Kraftausdauer zählen. Dabei stellt die Maximalkraft die physiologische Grundlage für die anderen Kraftformen dar. Die Maximalkraft ist die höchste Kraft, die das neuromuskuläre System bei einer maximalen willkürlichen Kontraktion entfalten kann. Sowohl die Schnellkraft als auch die Kraftausdauer sind in hohem Maße von der Ausprägung der Maximalkraft abhängig. Eine gezielte Verbesserung der Maximalkraft wirkt sich somit positiv auf das Leistungsvermögen in schnellkräftigen und ausdauernden Bewegungsanforderungen aus.

Auch das Schaubild zeigt die Maximalkraft als zentrale Kraftform, von der sich die Schnellkraft und die Kraftausdauer ableiten. Die Schnellkraft unterteilt sich in isometrisch-konzentrische sowie exzentrisch-konzentrische (dehnungsverkürzte) Formen und umfasst Explosivkraft, Reaktivkraft und das dynamisch reale Kraftmaximum. Die Kraftausdauer beinhaltet ebenfalls beide Kontraktionsformen und zielt auf Impulsgröße und Ermüdungswiderstand ab. Alle Kraftformen werden durch physiologische und morphologische Einflussgrößen wie tendomuskuläre, neuronale sowie anthropometrisch-biomechanische Faktoren bestimmt (*1999_07-08_KRAFTFAEHIGKEITEN.pdf*, o. J.).

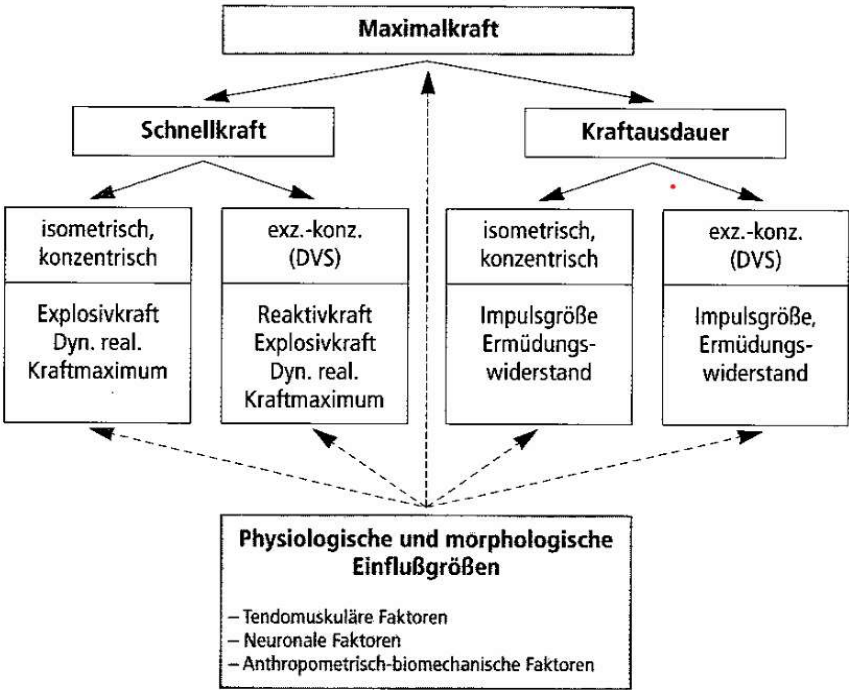

Abb. 1 Kraftfähigkeiten (1999_07-08_KRAFTFAEHIGKEITEN.pdf, o. J.)

2.2.2 Schnellkraft

Die Schnellkraft beschreibt die Fähigkeit des neuromuskulären Systems, in kürzester Zeit einen möglichst hohen Kraftimpuls zu erzeugen. Sie setzt sich aus verschiedenen Kraftkomponenten zusammen: Startkraft, Explosivkraft und Maximalkraft. Eine zentrale Rolle in der Entwicklung von Schnellkraft spielt der Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ). Dabei erfolgt eine rasche Abfolge aus exzentrischer Muskeldehnung und konzentrischer Kontraktion innerhalb einer Bewegung. In diesem Zusammenhang wird die Schnellkraft auch als Reaktivkraft bezeichnet, also die Fähigkeit des Muskels, gespeicherte elastische Energie aus der Dehnung unmittelbar in eine konzentrische Bewegung umzusetzen. Ein klassisches Beispiel für den DVZ ist der Vertikalsprung. Die Muskulatur der unteren Extremität wird zunächst durch das Beugen der Gelenke vorgedehnt (exzentrisch), bevor sie sich beim Absprung kraftvoll verkürzt (konzentrisch). Hierbei tragen die elastischen Eigenschaften von Muskel und Sehnenapparat maßgeblich zur Leistungsentwicklung bei (*1999_07-08_KRAFTFAEHIGKEITEN.pdf*, o. J.).

2.2.3 Reaktivkraft

Die Reaktivkraft ist für den Großteil der sportlichen Bewegungen von Bedeutung und spiegelt sich hauptsächlich in Sprüngen wieder. Die Trainingsübungen sollten mit höchstmöglicher Intensität ausgeführt werden um die höchstmögliche neuromuskuläre Aktivierung zu erreichen (*1999_07-08_KRAFTFAEHIGKEITEN.pdf*, o. J.).

2.2.4 Explosivkraft

Die Explosivkraft wird maßgeblich davon beeinflusst, wie schnell motorische Einheiten nacheinander und in der richtigen Reihenfolge aktiviert werden. Die Zeitspanne vom Beginn der Rekrutierung bis zur maximalen Aktivierung beträgt normalerweise 55–65 Millisekunden. Durch gezieltes Training kann diese Aktivierungszeit halbiert werden. Dies ermöglicht eine effizientere Kraftentwicklung. Zur Verbesserung der Explosivkraft eignet sich besonders die Methode der maximalen, explosiven Kontraktion. Eine maximale willkürliche Rekrutierung motorischer Einheiten wird in der Regel nur bei Belastungen von über 90 % der Maximalkraft erreicht. Um eine möglichst schnelle Aktivierung zu erzielen, müssen gegen diese hohen Lasten sehr steile initiale Kraftanstiege erzeugt werden. Das heißt, es muss so explosiv wie möglich gearbeitet werden (*1999_07-08_KRAFTFAEHIGKEITEN.pdf*, o. J.).

2.3 Definition verschiedener Krafttrainingsformen

2.3.1 Krafttraining

Krafttraining beschreibt eine Form körperlicher Belastung, bei der die Skelettmuskulatur gezielt und progressiv beansprucht wird (Schumann, 2023, S. 59) Die Definition von Kraft lautet: Kraft = Druck x Geschwindigkeit. Traditionelles Krafttraining arbeitet in der Regel mit hohen Lasten, wobei der Fokus primär auf der Maximalkraft liegt. Die Bewegungsgeschwindigkeit spielt dabei meist eine untergeordnete Rolle und ist

typischerweise eher langsam (Williams et al., 2019). Regelmäßig durchgeführtes Krafttraining führt zu verschiedenen physiologischen Anpassungen, die die Muskelfunktion nachhaltig verbessern. Besonders hervorzuheben ist die Steigerung der maximalen Kontraktionskraft, die auf eine Kombination aus erhöhter neuromuskulärer Aktivierung und Muskelhypertrophie zurückzuführen ist (Schumann, 2023, S. 59).

2.3.2 Plyometrisches Training

Plyometrisches Training konzentriert sich auf die Bewegungsgeschwindigkeit und besteht aus explosiven Bewegungen, die so schnell wie möglich ausgeführt werden. Die verwendete Last (Kraft) ist geringer wie im traditionellen Krafttraining (Williams et al., 2019). Plyometrisches Training nutzt den DVZ, indem es eine Verlängerung verwendet auf die schnell eine Verkürzungsbewegung folgt. Dabei unterscheidet man drei Phasen: die exzentrische Vordehnung, die Zeit bis zum Rückprall und die konzentrische Verkürzungsphase. Die koordinierte Abfolge dieser drei Phasen dient dazu, die Kraftentfaltung und Leistungsfähigkeit der Muskulatur gezielt zu steigern.
Im Alltag treten viele Bewegungsformen der unteren Extremitäten auf, die mit plyometrischen Bewegungsmustern vergleichbar sind wie schnelles Gehen, Treppensteigen, Aufstehen aus dem Sitzen oder das Abfangen von Gleichgewichtsverlusten. Diese Bewegungen beinhalten regelmäßig einen raschen Wechsel zwischen einer bremsenden (exzentrischen) Phase und einer anschließend beschleunigenden (konzentrischen) Muskelkontraktion (Davies et al., 2015).

2.3.3 Ballistisches Training

Ballistisches Training zielt darauf ab, die Kraftentwicklung während einer Bewegung zu optimieren, indem Kraft und Geschwindigkeit in Einklang gebracht werden. Dabei handelt es sich um belastete Übungen, die mit maximaler Geschwindigkeit ausgeführt werden. Also mit dem Ziel, eine Last explosiv in den freien Raum zu beschleunigen. Typische Merkmale sind hohe Bewegungsdynamik und die Absicht, nicht nur Widerstand zu überwinden, sondern ihn regelrecht „wegzuschleudern“ (Williams et al., 2019).

2.4 Definition Dehnungsverkürzungszyklus

Bei dem DVZ handelt es sich um einen physiologischen Mechanismus, der bei explosiven, reaktiven Bewegungen wie beispielsweise bei Sprüngen oder schnellem Gehen eine wichtige Rolle spielt. Durch eine schnelle, vorgelagerte Dehnung wird kurzfristig elastische Energie gespeichert, die anschließend durch konzentrische Kontraktion wieder freigesetzt wird. Dieser Prozess trägt bei gesunden Menschen stark zur Effizienz und Leistung des Bewegungsapparates bei, vor allem bei Bewegungen mit hoher Geschwindigkeit und Kraftanforderung. Er spielt also eine Schlüsselrolle in vielen alltagsrelevanten Aktivitäten, wie z. B. Gehen, Aufstehen oder Springen.

1997 wurde in einer Studie erstmals untersucht, inwieweit der DVZ bei Menschen mit Läsionen des oberen Motoneurons infolge eines Schlaganfalls beeinträchtigt ist. Die Untersuchung verglich eine Gruppe von Schlaganfallpatient*innen mit einer altersangepassten gesunden Kontrollgruppe. Dabei wurde insbesondere die Fähigkeit zur Nutzung des DVZs bei Sprungbewegungen analysiert. Die Resultate zeigten, dass die Patient*innen signifikant geringere Sprunghöhen und verlängerte Reaktionszeiten aufwiesen. Zudem war die Effektivität der Muskelarbeit während der Dehnungs- und Verkürzungsphase deutlich reduziert. Dies lässt darauf schließen, dass bei Schlaganfallpatient*innen der neuro-muskuläre Regelkreis, der für den DVZ notwendig ist, gestört ist, insbesondere durch verzögerte Muskelaktivierung und reduzierte muskuläre Vorspannung. Die Autor*innen betonen, dass der gestörte DVZ wesentlich zur funktionellen Einschränkung bei alltäglichen Aktivitäten beiträgt, da die Betroffenen weniger elastische Energie speichern und wiederverwenden können. Das hat direkte Auswirkungen auf die dynamische Standstabilität, Gehgeschwindigkeit und die Fähigkeit zur schnellen Kraftentwicklung (Svantesson & Sunnerhagen, 1997).

2.5 Definition Gehen

Das menschliche Gangbild ist individuell und von Mensch zu Mensch verschieden (Götz-Neumann, 2006, S. 5).
Ein Gangzyklus lässt sich grundsätzlich in zwei Hauptphasen unterteilen: die Standphase und die Schwungphase. Die Standphase beschreibt den Abschnitt des Zyklus, in dem der Fuß Kontakt mit dem Boden hat. Sie beginnt mit dem Fersenkontakt und endet mit dem Abheben des Fußes. Die Schwungphase hingegen umfasst die Zeitspanne, in der sich der Fuß in der Luft befindet. Sie startet mit dem initialen Schwung, also dem Anheben des Fußes vom Boden und beinhaltet die Vorwärtsbewegung des Beins zur Vorbereitung auf den nächsten Fersenkontakt. Diese beiden Phasen lassen sich nochmals in weitere Teilphasen unterteilen. Insgesamt umfasst der Gangzyklus acht einzelne Phasen (Götz-Neumann, 2006, S. 10). Um die thematische Relevanz zu verdeutlichen, wird im Folgenden ein ausgewählter Abschnitt des Gangzyklus näher betrachtet.
Während der Terminal-stance Phase verlagert sich der Körperschwerpunkt weit über die Unterstützungsfläche des Vorfußes hinaus und die Ferse hebt vom Boden ab. Diesen Vorgang nennt man Forefoot-rocker, also die Vorfuß-Abrollphase, in der der Fuß über die Zehen abrollt und die Ferse abhebt. Dieser Vorgang beginnt mit einer exzentrischen Aktivität des Musculus (M.) gastrocnemius und M. soleus um die Vorwärtsbewegung zu bremsen und zu kontrollieren. Kurz vor dem Übergang zur Preswing Phase beginnt die explosive, konzentrische Kontraktion der Wadenmuskulatur, was zu einer aktiven Fersenanhebung führt. Dies liefert den entscheidenden Impuls für den nächsten Schritt und ist Voraussetzung für die Vorwärtsbewegung des Beines in der darauffolgenden Pre-swing Phase. Bei Patient*innen mit verkürzter

Schrittlänge und reduzierter Gehgeschwindigkeit sollte der Forefoot-rocker-Mechanismus einschließlich der beteiligten Muskelfunktionen und Muskelkraft überprüft werden, da insbesondere in dieser Phase der M. soleus und M. gastrocnemius ihre maximale Aktivität entfalten. Anschließend folgt die Pre-swing Phase, die oft auch als Abdruckphase bezeichnet wird, da es sich hierbei um eine Vorwärtsbeschleunigung des Beines handelt. In der Pre-Swing-Phase wird der Impuls aus dem Vorfußabstoß abgeschlossen, während gleichzeitig die Schwungvorbereitung startet, vor allem durch Aktivierung der Hüftbeuger. Darauf folgt dann die Intial-swing Phase, in der sich der Fuß vom Boden abhebt und der Oberschenkel das Bein schnell nach vorne schwingt. Dies geschieht innerhalb von 0,1 sek. und über ca. 20cm weit nach vorne (Götz-Neumann, 2006, S. 29–50).
Bei Schädigungen der motorischen Kontrolle, zum Beispiel aufgrund eines Schlaganfalls, kommt es häufig zu einem spastischen Gangbild. Dabei ist die muskuläre Kontrolle oft gestört und es kommt zu anderen Bewegungsmustern. Ist dabei die Muskulatur des M. gastrocnemius und M. soleus betroffen, kommt es zu einem Verlust der Rockerfunktion, das heißt die exzentrische Muskelaktivität ist beeinträchtigt und behindert somit stark die Vorwärtsbewegung, was zu einer verkürzten Schrittlänge und dadurch zu einer reduzierten Ganggeschwindigkeit führt (Götz-Neumann, 2006, S. 100).

3.0 Methodik

Die eingangs formulierter Fragestellung wurde im Rahmen einer systematischen Literaturrecherche untersucht. Grundlage für die formale und inhaltliche Gestaltung bildete die Richtlinien zur Manuskriptgestaltung der Sportwissenschaft, Stand November 2020. Im Folgenden werden das methodische Vorgehen sowie die eingesetzte Suchstrategie detailliert dargestellt.

3.1 Suchmethode

Für meine Literaturrecherche in PubMed zu meinem Thema „Explosivkrafttraining bei Schlaganfallpatient*innen und die Auswirkungen auf die Gehgeschwindigkeit“ habe ich eine strukturierte Suchstrategie durchgeführt, um gezielt relevante Studien zu identifizieren und in meine Literaturrecherche mit einzuschließen.
Zunächst habe ich die zentralen Begriffe meiner Recherche festgelegt. Die wichtigsten Konzepte umfassen das Explosivkrafttraining, das in der Literatur auch als „explosive strength training“, „plyometric training“ oder „power training“ bezeichnet wird, sowie Schlaganfallpatient*innen (z. B. „stroke patients“, „stroke recovery“, „stroke rehabilitation“) und die Gehgeschwindigkeit („gait speed“, „walking performance“). Diese Begriffe habe ich mit Hilfe von den Boole'schen Operatoren AND und OR verbunden um alle relevanten Studien zu finden. Um die Suche weiter zu optimieren wurden MeSH-Terms wie „Stroke““, „Muscle Strength“, „Gait“ gebildet. Da es für die

Begriffe „Plyometric-Training“, „Explosive Strenght“ und „Power-Training“ keine MeSH-Terms gibt wurde eine kombinierte Suchstrategie aus MeSH-Terms und Freitextbegriffen eingesetzt, um auch Literaturquellen zu erfassen, die noch nicht systematisch verschlagwortet oder inhaltlich vollständig erfasst sind. Zudem wurden in der Universitätsbibliothek sowie in Fachverlagen gezielt Bücher und Fachzeitschriften recherchiert, um die theoretischen Grundlagen der vorliegenden Arbeit zu erarbeiten.

3.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Eingeschlossen wurden (quasi-) experimentelle Originalstudien mit Fokus auf Explosivkraft, plyometrisches oder ballistisches Training bei Schlaganfallpatient*innen. Die Studien mussten quantitative Daten zur Gehgeschwindigkeit oder Gangleistung erfassen. Ursprünglich war der Einschluss von Fallserien nicht vorgesehen, aufgrund der geringen Evidenzlage und der Relevanz der Studie von Mehrholz et al. (2006) wurde diese jedoch trotzdem mit einbezogen. Übersichtsarbeiten und Tierstudien wurden ausgeschlossen.

Tab. 1 Ein- und Ausschlusskriterien nach PICO

Kriterium	Einschluss	Ausschluss
Population	Erwachsene mit Schlaganfall	Keine Schlaganfallpatient*innen, andere neurologische Erkrankungen
Intervention	Explosivkraft, plyometrisches oder ballistisches Training	Nur rein aerobes oder funktionelles Training ohne Schnellkraftfokus
Comparison	Alle, inklusive Randomized Controlled Trials (RCT), Pilotstudien, Vergleichsstudien und Fallberichte	Narritive Reviews, Tierstudien
Outcome	Gehgeschwindigkeit	Kein gangbezogenes Outcome

3.3 Auswahlprozess

Das Flussdiagramm folgt dem PRISMA-Schema. Insgesamt wurden 1054 Studien identifiziert, von denen nach Entfernen von Duplikaten 953 im Titel- und Abstractscreening beurteilt wurden. 23 Volltexte wurden eingehender geprüft. Davon wurden 15 Studien ausgeschlossen, da sie nicht den Einschlusskriterien entsprachen (z. B. fehlender Outcome zur Gehgeschwindigkeit, andere Populationen oder falsche Intervention). Letztlich wurden acht Studien in die systematische Übersicht eingeschlossen.

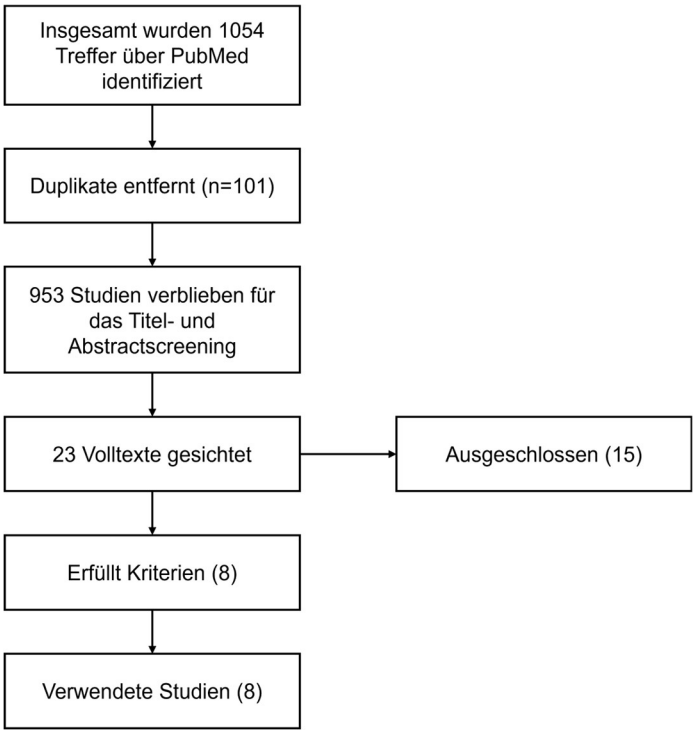

Abb. 2 Flussdiagramm Literaturrecherche

3.4 Studienbewertung

Zur Bewertung der methodischen Qualität der eingeschlossenen Studien wurde die deutschsprachige Version der PEDro-Skala herangezogen. Die PEDro-Skala ist ein validiertes Instrument zur Einschätzung der internen Validität und der statistischen Aussagekraft randomisierter kontrollierter Studien. Sie umfasst 11 Kriterien, von denen 10 zur Punktevergabe herangezogen werden. Die Bewertung erfolgte standardisiert anhand der veröffentlichten Richtlinien, um eine vergleichbare und transparente Einschätzung der Studienqualität zu gewährleisten.

Tab. 2 Pedro Skala

	Beschreibung des Kriteriums
1.	Spezifizierte Ein- und Ausschlusskriterien
2.	Zufällige Gruppenverteilung der Proband*innen
3.	Verdeckte Gruppenzuweisung
4.	Gleichheit der Gruppen zu Studienbeginn
5.	Verblindung der Proband*innen
6.	Verblindung behandelnder Therapeut*innen
7.	Verblindung der Untersucher*innen
8.	Outcome von mindestens 85% der ursprünglichen Proband*innen
9.	Datenanalyse der zur Behandlung beabsichtigten Interventionen
10.	Statistische Gruppenvergleiche
11.	Präsentation der Punkt- und Streuungsmaße

Die vollständige PEDro-Skala ist dem Anhang 1. zu entnehmen.

4.0 Ergebnisse

A pilot study to investigate explosive leg extensor power and walking performance after stroke (Dawes et al., 2005):

Diese Studie untersuchte erstmals die explosive Beinstreckkraft (Leg Extensor Power, LEP) und deren Zusammenhang mit verschiedenen Parametern der Gehleistung bei Personen mit chronischem Schlaganfall. Ziel war es zu klären, ob die LEP zuverlässig gemessen werden kann, wie stark sich die LEP zwischen dem stärkeren und dem schwächeren Bein unterscheidet und in welchem Ausmaß LEP sowie ihre Asymmetrie mit funktionellen Gangparametern wie Gehgeschwindigkeit, Kadenz, Schrittlänge und dem Energieaufwand beim Gehen korrelieren. An der Untersuchung nahmen insgesamt 14 Personen mit chronischem Schlaganfall teil (acht Männer, sechs Frauen, Alter 32–57 Jahre), von denen neun auch in die Reliabilitätsprüfung eingeschlossen wurden. Einschlusskriterien waren ein Schlaganfall vor mehr als sechs Monaten, ein Mindestalter von 32 Jahren sowie die Fähigkeit, mindestens vier Minuten ohne Unterbrechung gehen zu können. Ausgeschlossen wurden Personen mit instabilen Gesundheitszuständen oder kognitiven Beeinträchtigungen. Erfasst wurden klinische Parameter wie Barthel-Index, Rivermead Mobility Index, Ashworth-Skala, Alter, Körpergewicht, Aktivitätsniveau und Medikamenteneinnahme. Die Messung der explosiven Beinstreckerkraft erfolgte mithilfe eines speziellen Flywheel-Trainingsgeräts nach Bassey & Short (1990). Dabei saßen die Proband*innen auf einem verstellbaren Sitz und drückten ein fußpedalartiges Schwungrad explosiv nach vorne. Die maximale erzeugte Leistung (in Watt/kg) wurde aus fünf Wiederholungen nach einer Eingewöhnungsphase ermittelt, sobald ein Leistungsplateau erreicht war. Zur Erfassung der Gehleistung absolvierten die Teilnehmenden einen vierminütigen Gehtest über eine 40 m lange Strecke bei selbstgewähltem Tempo. Dabei wurden zeitlich-räumliche Gangparameter (u. a. Gehgeschwindigkeit, Schrittlänge, Kadenz, Stand- und Schwungzeit) mithilfe des instrumentierten GAITRite®-Systems während der dritten und vierten Minute gemessen. Zudem wurden die Sauerstoffkosten pro Meter Gehstrecke mithilfe eines Douglasbag-Systems bestimmt, um den Energieaufwand beim Gehen ($ml \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}$) zu berechnen. Die Ergebnisse zeigten eine deutlich reduzierte LEP bei Schlaganfallpatient*innen im Vergleich zu gesunden Erwachsenen sowie eine ausgeprägte Asymmetrie zwischen beiden Beinen. Die mittlere LEP betrug im stärkeren Bein 1,99 ± 0,85 W/kg, im schwächeren Bein 1,07 ± 0,50 W/kg, was einer durchschnittlichen Asymmetrie von 43 % entspricht. Die Reliabilitätsanalyse ergab eine hohe Wiederholgenauigkeit, insbesondere für die LEP-Asymmetrie (Intraklassenkorrelationskoeffizient = 0,812). Zudem wurden signifikante negative Korrelationen zwischen LEP-Asymmetrie und funktionellen Parametern festgestellt, darunter: Gehgeschwindigkeit (Pearson Korrelationskoeffizient (r) = –0.76), Kadenz (r = –0.78), Schrittlänge des stärkeren Beins (r = –0.62) und Sauerstoffkosten des Gehens (r = 0.63). Die Interpretation der Ergebnisse legt nahe, dass insbesondere die Asymmetrie der explosiven Beinkraft ein relevanter Prädiktor für Gangdefizite ist.

Ein höheres Maß an Asymmetrie ging mit einer langsameren, energetisch ineffizienteren Gangart und einer erhöhten motorischen Unsicherheit einher. Die absoluten Kraftwerte pro Bein zeigten hingegen nur schwache bis moderate Korrelationen mit den funktionellen Parametern. Die gemessene Kraftasymmetrie lag mit durchschnittlich 43 % deutlich über den Referenzwerten gesunder älterer Menschen (~10 %) und unterstreicht damit die Relevanz asymmetrie-orientierter Trainingsinterventionen.

Feasibility of ballistic strength training in subacute stroke (Hendrey et al., 2018):

Ziel dieser Studie war die Machbarkeit und Wirksamkeit eines sechswöchigen, ballistischen Krafttrainingsprotokolls bei Menschen mit Schlaganfall. Einschlusskriterien waren stationäre Patient*innen mit der Primärdiagnose eines ersten Schlaganfalls, mit Schwäche der unteren Extremität, einem Score der funktionellen Gehfähigkeit von drei und einer Gehfähigkeit von 14 Metern. Die Teilnehmer*innenzahl lag bei 30 und das Durchschnittsalter betrug 50 Jahre. Die Gruppen wurden randomisiert in zwei Gruppen eingeteilt: Standarttherapie und ballistisches Krafttraining (BST). Beide Gruppen erhielten drei Einheiten/Woche à 45 Minuten für sechs Wochen, während sie weiterhin an ihrem bestehenden Rehabilitationsprogramm teilnahmen. Die Teilnehmer*innen, die randomisiert zur Kontrolle befragt wurden, führten Übungen auf der Grundlage der üblichen Versorgung durch. Die BST-Gruppe führte dynamisch-explosive Übungen aus (u.a. Squat Jumps, Bounding, Mini-Trampolin-Übungen, High-Speed-Hip-Flexion), mit Fokus auf schnelle Kraftentwicklung. Das Training orientierte sich an den Prinzipien des ballistischen Krafttrainings (geringere Last, maximale Bewegungsgeschwindigkeit). Alle Übungen wurden individuell angepasst, um sie an die körperlichen Voraussetzungen der Patient*innen anzupassen. Dabei wurde besonders auf Beinachsenkontrolle, Gleichgewicht und Koordination geachtet. Die Übungsauswahl wurde schrittweise progressiv gestaltet ,sowohl in Bezug auf Bewegungsumfang als auch auf die Geschwindigkeit der Ausführung. Ziel war es, die Kraftentwicklungsrate, die Geschwindigkeit, mit der Kraft erzeugt wird, gezielt zu steigern. Die Intervention wurde im Vergleich zur Kontrollgruppe (Standardtherapie) zusätzlich durchgeführt. Zur Beurteilung der Wirksamkeit des Trainings wurden in der Studie mehrere funktionelle und leistungsbezogene Messgrößen erfasst, die sowohl die Mobilität als auch die neuromuskuläre Leistungsfähigkeit der unteren Extremität abbilden. Die komfortable und maximale Gehgeschwindigkeit wurde mit einem standardisierten 10-Meter-Gehtest (10-MWT, 10-Meter Walk Test) gemessen. Die maximale Sprunghöhe des paretischen Beins wurde mittels eines kraftsensorbasierten Testsystems (Jump Mat oder Kraftplattform) ermittelt. Die Testperson führte einen vertikalen Einbeinsprung aus dem Stand aus. Die Sprunghöhe wurde in Zentimetern berechnet. Diese Messung spiegelt die Fähigkeit zur schnellen Kraftentfaltung (explosive Kraft) wieder, ein zentrales Ziel ballistischen Trainings. Zur genaueren Analyse der Sprungleistung wurde die maximale Abstoßgeschwindigkeit des paretischen Beins gemessen. Diese beschreibt die Geschwindigkeit, mit der sich das Körperzentrum bei Verlassen des Bodens vertikal bewegt. Sie wurde in Zentimetern

pro Sekunde angegeben und mit Hilfe eines Bewegungserfassungssystems oder einer Kraftplatte berechnet. Die Maximalkraft einzelner Muskelgruppen (z. B. Fußheber, Kniestrecker) wurde mit einem hand-held Dynamometer erfasst. Dabei wurde die maximale isometrische Kraft in Newton gemessen. Besonders der paretische Fußheber zeigte in der Interventionsgruppe eine signifikante Verbesserung. Zur subjektiven Einschätzung des gesundheitlichen Wohlbefindens wurde das Assessment of Quality of Life (AQoL) eingesetzt. Er umfasst vier Dimensionen (unabhängige Lebensführung, soziale Beziehungen, psychische Gesundheit und Sinneswahrnehmung) und liefert einen Gesamtwert. Geringere Punktwerte stehen für eine höhere wahrgenommene Lebensqualität. Darüber hinaus wurden Teilnahmeraten, Trainingsabbrüche sowie unerwünschte Ereignisse dokumentiert, um die Machbarkeit und Sicherheit der Intervention zu bewerten. Auch die Rückmeldungen der Teilnehmenden wurden qualitativ erfasst. Die komfortable Gehgeschwindigkeit nahm in der BST-Gruppe signifikant zu ,im Durchschnitt um 0,31 m/s, gegenüber der Kontrollgruppe. Die Sprunghöhe des paretischen Beins verbesserte sich in der Interventionsgruppe signifikant um 8 cm (p-Wert (p) = 0.001), was auf eine gesteigerte Fähigkeit zur explosiven Kraftentwicklung hinweist. Auch die vertikale Abstoßgeschwindigkeit des betroffenen Beins konnte deutlich gesteigert werden, um 64 cm/s (p = 0.009), was eine verbesserte neuromuskuläre Reaktivität widerspiegelt. Die isometrische Kraft einzelner Muskelgruppen zeigte nur begrenzte Verbesserungen. Signifikante Zuwächse wurden lediglich beim Fußheber des paretischen Beins festgestellt. In anderen Muskelgruppen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zur Kontrollgruppe. In der BST-Gruppe wurde ein Rückgang des AQoL-Gesamtscores um 2,6 Punkte beobachtet, was auf eine positive Tendenz der wahrgenommenen Lebensqualität hinweist, statistisch jedoch nicht signifikant ist. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass insbesondere schnellkraftorientierte Funktionen wie Sprungkraft und Gehgeschwindigkeit durch ballistisches Training effektiv verbessert werden können. Die begrenzten Veränderungen der Maximalkraft zeigen, dass BST primär auf die Kraftentwicklungsrate und nicht auf Maximalkraftzuwachs abzielt.

Jump training is feasible for nearly ambulatory patients after stroke (Mehrholz et al., 2006):

Die vorliegende Fallserie untersuchte die Machbarkeit und die potenziellen funktionellen Effekte eines modifizierten Sprungtrainings bei subakuten Schlaganfallpatient*innen mit Hemiparese, die sich am Übergang zur selbstständigen Mobilität befanden. Insgesamt wurden sechs Patient*innen in einer neurologischen Rehabilitationsklinik in Deutschland über einen Zeitraum von sechs Wochen begleitet. Ziel war es, zu prüfen, ob ein gezielt eingesetztes Sprungtraining auch für motorisch eingeschränkte Personen sicher durchführbar ist und positive Effekte auf Kraft und Gehfunktion haben kann. Das Trainingsprotokoll bestand aus kurzen täglichen Einheiten (fünf bis sieben Minuten), in denen drei assistierte Sprungübungen wie wiederholte Sprünge, Hochsprünge und Weitsprünge unter Aufsicht eines*r Physiotherapeut*in

durchgeführt wurden. Die Übungen wurden ohne Zusatzlast, aber mit physischer Sicherheitshilfe ausgeführt. Die restliche physiotherapeutische Betreuung entsprach dem üblichen Therapieumfang. Zur Sicherheit wurden Blutdruck und Herzfrequenz vor und nach jeder Trainingseinheit überwacht. Als primäre Zielgrößen wurden Veränderungen der Muskelkraft (Motricity Index), Spastizität (modifizierte Tardieu-Skala) und passiver Gelenkbeweglichkeit (Fugl-Meyer-Test) erhoben. Funktionelle Parameter umfassten die Gehfähigkeit (FAC), Gangqualität (10-MWT, Schrittlänge, Rivermead Visual Gait Index) sowie Gehkapazität (6-Minuten-Gehtest (6-MWT, 6-Minute Walking Test)). Zusätzlich wurde die Sprungleistung (Höhe, Weite, Wiederholungen) videoanalytisch dokumentiert. Die Ergebnisse zeigten signifikante Verbesserungen in Muskelkraft, Gehgeschwindigkeit, Schrittlänge und Gehkapazität. Die Gehgeschwindigkeit stieg im Mittel von 0,25 m/s auf 1,05 m/s und der 6-MWT verbesserte sich von 97 m auf 289 m. Auch die Sprungleistung nahm deutlich zu. Die Zahl der Sprünge in 30 Sekunden stieg von durchschnittlich acht auf 30, die Sprunghöhe von 8 cm auf 32 cm. Es traten keine schwerwiegenden Nebenwirkungen auf. Nur eine Person berichtete über vorübergehende Schulterschmerzen. Die Spastik- und Schmerzwerte blieben konstant. In der Diskussion betonen die Autor*innen, dass Sprungtraining auch bei nicht frei gehfähigen Patient*innen sicher durchführbar ist und eine motivierende sowie leistungsfördernde Wirkung entfalten kann. Die Studie liefert erste Hinweise darauf, dass kraft- und funktionsorientierte Sportprinzipien wie Sprungtraining sinnvoll in die Frührehabilitation integriert werden können. Aufgrund des Designs als Fallserie sind jedoch weitere randomisierte Studien notwendig, um die Wirksamkeit und den Transfer in den klinischen Alltag umfassend zu beurteilen

Lower limb muscle performance during a closed chain single leg squat and a squat jump in people with weakness after stroke (Tolé et al., 2022):

Diese vergleichende Studie untersuchte, ob das bewusste Ausführen von Beinübungen mit hoher Geschwindigkeit bei Menschen durch einen Schlaganfall bedingter Beinmuskelschwäche zu Veränderungen in der Muskelaktivierung, sowie der Bewegungsdynamik führt. Die Untersuchung basiert auf der Hypothese, dass klassische Krafttrainingsprogramme nach einem Schlaganfall zwar die Maximalkraft steigern, aber nicht zwangsläufig die Gehfähigkeit verbessern, da sie die bei der Fortbewegung erforderlichen schnellen Muskelkontraktionen nicht ausreichend ansprechen. Insgesamt nahmen 11 Personen mit Schlaganfall (Durchschnittsalter 56 Jahre, mediane Zeit seit Schlaganfall 3,3 Monate) teil. Die Teilnehmenden führten auf einem Beinpresse-Schlitten einbeinige Kniebeugen unter drei Bedingungen mit dem paretischen und nicht-paretischen Bein aus:

1) bei selbstgewählter Geschwindigkeit (SS, Self Selected)
2) möglichst schnell ohne Absprung (FS, Fast Speed)
3) als Sprungkniebeuge mit Absprung (JS, Jump Squat)

Dabei wurden die maximale Verschiebung, Flugzeit, konzentrische Spitzen-Geschwindigkeit sowie die Muskelaktivierung (via Electromyography (EMG)) des M. vastus lateralis und des M. gastrocnemius gemessen. Alle Teilnehmenden* konnten in der JS-Bedingung mit beiden Beinen eine Flugphase erreichen, was durch Flugzeit und Fußplattenkontakt objektiv belegt wurde. Die gemessene Sprunghöhe war auf dem paretischen Bein jedoch mit durchschnittlich 0,25 m deutlich geringer als auf dem nicht-paretischen Bein mit 0,49 m ($p < 0.05$). Auch die Flugzeit war auf der betroffenen Seite signifikant kürzer (0,42 s vs. 0,73 s, $p = 0.003$). Mit steigender Bewegungsgeschwindigkeit erhöhte sich in beiden Beinen die konzentrische Spitzengeschwindigkeit (z. B. auf dem paretischen Bein: SS = 0,47 m/s, FS = 0,85 m/s, JS = 1,39 m/s; alle $p < 0.05$). Parallel dazu stieg auch die Muskelaktivierung, insbesondere im Quadrizeps (M. vastus lateralis), bei höherer Bewegungsgeschwindigkeit signifikant an. Beim M. gastrocnemius zeigte sich eine signifikante Erhöhung der Aktivierung nur bei der nicht-paretischen Seite. Interessanterweise korrelierte die isometrische Maximalkraft nur schwach mit der Leistung in den dynamischen Tests. Das bedeutet, dass auch Personen mit ausgeprägter Muskelschwäche in der Lage waren, durch bewusst schnelle Bewegungsausführung höhere Geschwindigkeiten und Muskelaktivierungen zu erzielen. Dies spricht für die Trainierbarkeit der Bewegungsgeschwindigkeit unabhängig von der reinen Maximalkraft. Die Autor*innen schlussfolgern, dass ballistische Bewegungen, also Übungen mit der Absicht, sich explosiv und gegebenenfalls mit Absprung zu bewegen, zu einer höheren Bewegungsgeschwindigkeit und Muskelaktivierung führen als herkömmliche, langsam ausgeführte Übungen. Das bewusste Training mit maximaler Geschwindigkeit könnte somit eine effektive Methode darstellen, um funktionelle Defizite im Hinblick auf Gehgeschwindigkeit und Mobilität bei Schlaganfallpatient*innen gezielt zu adressieren.

Power training in chronic stroke individuals: Difference between responders and non-responders (Aaron et al., 2017):

Die Studie untersuchte die Effekte eines explosiven Krafttrainingsprogramms bei Personen mit chronischer Hemiparese nach Schlaganfall. Ziel war es, zu analysieren, inwieweit sich dieses Training positiv auf die Gehgeschwindigkeit, Muskelkraft und funktionelle Mobilität auswirkt und ob sich dabei Unterschiede zwischen „Responder*innen“ (mit signifikanter Verbesserung der Gehgeschwindigkeit) und „Non-Responder*innen“ feststellen lassen. Insgesamt nahmen 17 Teilnehmende an der Intervention teil. Sie absolvierten über einen Zeitraum von bis zu 12 Wochen 24 Trainingseinheiten. Die Trainingseinheiten umfassten progressive Beinpressen, Sprungtraining, Wadenheben, Aufstehen aus dem Sitzen, Step-ups sowie schnelles Gehen. Das Training war so konzipiert, dass in der konzentrischen Phase jeder Übung möglichst schnell und kraftvoll gearbeitet wurde, um gezielt die Muskelleistung zu steigern. Die Trainingseinheiten wurden fortlaufend angepasst (z. B. durch Gewichtserhöhung oder Erhöhung der Sprunghöhe), um kontinuierliche Belastungssteigerungen zu ermöglichen. Zur Bewertung der Trainingseffekte wurden verschiedene

klinische und leistungsbezogene Messgrößen erhoben, darunter: Selbstgewählte Gehgeschwindigkeit (SSWS, Self-selected walking speed), maximale komfortable Gehgeschwindigkeit (FCWS, Fast comfortable walking speed), 6-MWT, Dynamic Gait Index (DGI), paretische Kniestreckerkraft (Paretic Knee Extensor Peak Power) und nicht-paretische Kniestreckerkraft (Non-Paretic Knee Extensor Peak Power) als Maß für Schrittlängenasymmetrie. In der Gesamtauswertung zeigte sich eine signifikante Verbesserung der SSWS um durchschnittlich 0,17 m/s ($p = 0.001$), was als klinisch bedeutsam gilt. Auch die FCWS, 6-MWT und die muskuläre Leistung beider Beine verbesserten sich signifikant. Die Unterteilung in Responder*innen (Personen = 10) und Non-Responder*innen (Personen = sieben) ergab, dass nur die Responder*innen-Gruppe signifikante Zuwächse in der Gehgeschwindigkeit (+0,28 m/s) und Gehstrecke (+46,63 m) erreichte. In der Non-Responder*innen-Gruppe verbesserten sich lediglich die Kraftwerte, nicht jedoch die funktionellen Parameter. Korrelationsanalysen zeigten, dass die initiale Kraft des paretischen Beins mit späteren Verbesserungen der Gehleistung assoziiert war, jedoch nur in der Responder*innen-Gruppe. Bei Non-Responder*innen fanden sich keine vergleichbaren Zusammenhänge. Dies deutet darauf hin, dass eine gewisse Basisleistung in der paretischen Beinmuskulatur erforderlich ist, um von einem explosiven Krafttrainingsprogramms funktionell profitieren zu können. Der paretische Kniestrecker scheint somit ein entscheidender Prädiktor für den Trainingserfolg zu sein. Die Autor*innen schließen daraus, dass explosives Krafttraining eine wirksame Rehabilitationsmethode zur Verbesserung der Mobilität nach Schlaganfall darstellen kann, insbesondere bei Patient*innen mit ausreichender Restkraft im betroffenen Bein.

The effects of power training in young and older adults after stroke (Hunnicutt et al., 2016):

Diese Studie untersuchte die Effekte eines spezifischen Trainingsprogramms namens POWER-Training (Poststroke Optimization of Walking using Explosive Resistance) bei jüngeren (< 40 Jahre) und älteren (> 60 Jahre) Personen mit chronischem Schlaganfall. Ziel war es, Unterschiede in der Reaktion auf das Training zwischen den Altersgruppen zu analysieren, insbesondere im Hinblick auf Muskelkraft, Gehgeschwindigkeit und funktionelle Mobilität. Insgesamt nahmen 16 Personen mit chronischer Hemiparese teil, die über einen Zeitraum von 24 Sitzungen ein strukturiertes Trainingsprogramm durchliefen. Die Intervention beinhaltete Übungen wie Beinpresse, Wadenheben und Sprungtraining auf einem speziellen Supine-Trainingsgerät, ergänzt durch funktionelle Übungen (z. B. Aufstehen vom Stuhl, Step-ups) und schnelles Gehen. Das Ziel bestand darin, die konzentrische Phase der Bewegung mit maximaler Geschwindigkeit auszuführen, um die explosive Kraftentwicklung gezielt zu fördern. Die wichtigsten Outcome-Maße umfassten: Muskelkraft der Kniestrecker (paretisch und nicht-paretisch), SSWS, 6-MWT, Fugl-Meyer-Assessment (FMA-LE, Fugl-Meyer-Assesment-Lower Extremity), Berg Balance Scale und DGI. Beide Gruppen zeigten nach dem Training signifikante Verbesserungen der

Muskelkraft im paretischen und nicht-paretischen Bein. Nur die jüngeren Teilnehmenden konnten jedoch auch ihre Gehgeschwindigkeit signifikant steigern (von 0,55 m/s auf 0,86 m/s, p = 0.003), während bei den älteren Personen keine statistisch signifikante Verbesserung in diesem Bereich festgestellt wurde. Auch der 6-MWT verbesserte sich bei den Jüngeren (+ 64 m), jedoch nicht bei den Älteren (+ 2 m). Zwischen den Gruppen ergaben sich zwar keine signifikanten Unterschiede in der Trainingsantwort, aber die Korrelation zwischen Kraftzuwachs und Gehgeschwindigkeitsverbesserung war in der jüngeren Gruppe deutlich stärker (r = 0.71 paretisch, r = 0.72 nicht-paretisch) als in der älteren (r = 0.27 bzw. - 0.04). Die Autor*innen schließen daraus, dass POWER-Training bei jungen Erwachsenen mit chronischem Schlaganfall effektiv zur Steigerung der funktionellen Mobilität eingesetzt werden kann, insbesondere wenn eine Verbesserung der Gehgeschwindigkeit angestrebt wird. Bei älteren Personen scheinen zusätzliche Faktoren wie neuromuskuläre Plastizität oder funktionelles Ausgangsniveau eine Rolle für den Trainingserfolg zu spielen. Zukünftige Forschung sollte daher gezielter untersuchen, wie POWER-Training altersgerecht angepasst werden kann, um bei allen Altersgruppen maximale Rehabilitationsfortschritte zu ermöglichen.

Effects of fast functional exercise on muscle activity after stroke (Gray et al., 2012):

Die quasi-experimentelle Vergleichsstudie befasst sich mit der Frage, ob schnelle, funktionelle Bewegungsübungen im Gegensatz zum traditionellen Krafttraining eine effektive Methode sein können, um Muskelaktivierung und Bewegungsgeschwindigkeit bei Personen nach einem Schlaganfall zu verbessern. Der Hintergrund dieser Untersuchung ist die Erkenntnis, dass Kraftzuwächse allein nicht automatisch zu Verbesserungen in Mobilität oder Gleichgewicht führen. Vielmehr spielt die Fähigkeit, Bewegungen schnell auszuführen eine entscheidende Rolle für funktionelle Leistungen wie Gehen, Aufstehen oder Reaktionen auf Gleichgewichtsstörungen. Insgesamt nahmen 32 Schlaganfallpatient*innen (ca. 11 Wochen nach dem Ereignis) und 32 gesunde Kontrollpersonen teil. Die Intervention bestand aus einer einmaligen Sitzung mit 50 schnell ausgeführten Kniebeugen und 50 schnell ausgeführten Schrittmustern. Die elektrische Aktivität in den wichtigsten Beinmuskeln, darunter M. rectus femoris, M. biceps femoris, M. tibialis anterior und M.soleus, wurde mithilfe von Elektromyografie (EMG) gemessen. Zusätzlich wurden Bewegungsgeschwindigkeit und die zeitliche Koordination von Bewegung und Gleichgewichtsreaktionen erfasst.
Die Analyse zeigte, dass bereits nach einer einzelnen Trainingseinheit deutliche Anpassungen in der Muskelaktivierung der Schlaganfallpatient*innen messbar waren. Während der Kniebeugen stieg die Muskelaktivität im paretischen Bein signifikant an, insbesondere im M.tibialis anterior (+28 %),M.biceps femoris (+27 %) und M.rectus femoris (+24 %). Im nicht betroffenen Bein sowie bei den Kontrollpersonen zeigten sich keine signifikanten Veränderungen. Bei den schnellen Schritten verbesserten sich sowohl im paretischen als auch im nicht-paretischen Bein die EMG-Werte, etwa im M.rectus femoris und M.biceps femoris. Zudem konnte eine erhöhte

Muskelaktivierung in der Standbeinphase des paretischen Beins festgestellt werden, was auf eine bessere Vorbereitung zur Gewichtsübernahme und Gleichgewichtsstabilität hinweist. Die Bewegungsgeschwindigkeit war zu Beginn bei den Schlaganfallpatient*innen signifikant niedriger als bei den Kontrollpersonen. Nach der Übung zeigte sich zwar eine Tendenz zur Steigerung der Geschwindigkeit (z. B. +7 % bei den Kniebeugen), statistisch signifikante Unterschiede traten jedoch nur vereinzelt auf. Die zeitliche Kopplung zwischen Bewegungsausführung (z. B. Kniebeuge) und posturaler Reaktion (Verlagerung des Körperschwerpunkts) war zu Beginn bei den Betroffenen gestört, verbesserte sich jedoch nach dem Training deutlich, in einem Ausmaß, das mit den Werten der gesunden Kontrollgruppe vergleichbar war. Dies deutet auf eine Verbesserung der Gleichgewichtskontrolle hin. Die Ergebnisse deuten zudem darauf hin, dass klassische Kräftigungsübungen allein möglicherweise nicht ausreichen, um funktionelle Fähigkeiten wie Gehen oder Gleichgewicht effektiv zu verbessern. Stattdessen könnte das gezielte Training der Bewegungsgeschwindigkeit, also der Power-Komponente, ein sinnvoller Ansatz in der Schlaganfallrehabilitation sein, insbesondere im Hinblick auf Alltagsfunktionen wie das sichere Gehen, das Reagieren auf Gleichgewichtsstörungen oder das Aufstehen aus dem Sitzen.

Effect of plyometric exercises of lower limb on strength, postural control and risk of falling in stroke patients (Abd Elsabour et al., 2025):

Die Studie untersuchte die Wirksamkeit eines zwölfwöchigen plyometrischen Trainingsprogramms für die unteren Extremitäten. Dabei nahmen 40 Patient*innen mit chronischem, linksseitigem Schlaganfall teil. Sie wurden in zwei Gruppen aufgeteilt, die Experimentalgruppe absolvierte über einen Zeitraum von 12 Wochen dreimal pro Woche ein strukturiertes plyometrisches Training der unteren Extremitäten und die Kontrollgruppe erhielt ein konventionelles physiotherapeutisches Programm, das aus klassischen Kraft-, Dehn- und Gleichgewichtsübungen bestand. Beide Gruppen wurden vor und nach der Intervention hinsichtlich ihrer Muskelkraft, posturalen Stabilität und ihres Sturzrisikos evaluiert. Dabei kamen ein Handdynamometer sowie das Biodex Balance System (ein etabliertes computergestütztes Messsystem zur Beurteilung des Gleichgewichts) zum Einsatz.
Das plyometrische Training setzte sich aus Übungen zusammen, die gezielt die Kniestrecker, Hüftabduktoren, Fußheber und Fußaußenrotatoren ansprechen sollten. Dabei kamen wiederholte, schnelle DVZ zum Einsatz, wie sie aus dem Sportbereich bekannt sind. Durch die Kombination aus kontrollierter exzentrischer und explosiver konzentrischer Muskelarbeit werden nicht nur die Muskelkraft, sondern auch die Reaktionsfähigkeit, Koordination und neuromuskuläre Kontrolle geschult. Die Übungen wurden progressiv gestaltet, zunächst im Liegen (horizontaler Trainingsmodus), später im Stand (vertikaler Modus), um eine schrittweise Übertragung in funktionelle Alltagssituationen zu ermöglichen.
Nach 12 Wochen Training zeigten sich in der plyometrischen Gruppe signifikant stärkere Zuwächse in allen getesteten Muskelgruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe:

Knieextensoren Zunahme von durchschnittlich 73,4 N auf 95,9 N ($p < 0,0001$), Kontrollgruppe 83,7 N, Hüftabduktoren Zunahme von 57,7 N auf 76,1 N ($p < 0,0001$), Kontrollgruppe 65,7 N, Dorsalflexoren Verbesserung von 21,7 N auf 35,2 N ($p < 0,0001$), Kontrollgruppe 30,9 N, Außenrotatoren Fuß Zunahme von 16,0 N auf 21,7 N ($p < 0,0001$), Kontrollgruppe 17,7 N. Diese signifikanten Kraftsteigerungen sprechen für effektive muskuläre und neuromuskuläre Anpassungen infolge des plyometrischen Trainings. Die Gleichgewichtsfähigkeit wurde mit dem Biodex Balance System in drei Kategorien gemessen: Gesamtstabilität (OSI, Overall Stability Index), anteroposteriore Stabilität (APSI, Anteroposterior Stability Index) und mediolaterale Stabilität (MLSI, Mediolateral Stability Index). In der plyometrischen Gruppe verbesserten sich alle drei Messwerte signifikant. OSI: Reduktion des Schwankungsindex von 3,44 auf 2,74 ($p = 0,0008$), in der Kontrollgruppe keine signifikante Veränderung. APSI: Verbesserung von 2,24 auf 1,81 ($p = 0,003$), in der Kontrollgruppe keine Veränderung. MLSI: Verbesserung von 2,11 auf 1,79 ($p = 0,041$), auch hier blieb die Kontrollgruppe unverändert. Diese Ergebnisse zeigen, dass das Training die Fähigkeit verbessert, Gleichgewichtsreaktionen in mehrere Richtungen auszuführen, dies ist eine Voraussetzung für sicheres Gehen und Alltagsmobilität.
Der Fall Risk Index sank in der plyometrischen Gruppe deutlich. Verbesserung von 3,69 auf 2,47 ($p < 0,0001$), in der Kontrollgruppe blieb das Sturzrisiko mit einem Wert von 3,85 nahezu unverändert. Diese Veränderung weist darauf hin, dass das plyometrische Training nicht nur die körperlichen Voraussetzungen zur Sturzvermeidung verbessert, sondern tatsächlich zu einem messbar geringeren Sturzrisiko führt. Die plyometrische Gruppe zeigte signifikant stärkere Verbesserungen in Muskelkraft, Gleichgewicht und Sturzrisiko als die Kontrollgruppe. Die Kontrollgruppe profitierte zwar moderat in Bezug auf Kraft, aber nicht hinsichtlich Balance oder Sturzvermeidung. Insgesamt liefert die Studie einen klaren Beleg für die Wirksamkeit plyometrischer Übungen bei der funktionellen Rehabilitation nach Schlaganfall.

Tab. 3 Studienübersicht

Studie	Design	Intervention	Teilnehmer*innen	Outcome	PEDRO
Aaron et al. (2017)	RCT	POWER Training, 12 Wochen	17 chronische Schlaganfallpatient*innen	Gehgeschwindigkeit, Muskelkraft, Asymmetrie	6/10 Punkte
Abd. Elsabour et al. (2025)	RCT	Plyometrisches Training, 8 Wochen	40 chronische Schlaganfallpatient*innen	Gehgeschwindigkeit, Muskelkraft, Gleichgewicht	7/10 Punkte
Dawes et al. (2005)	Vergleichsstudie	Sprungübungen vs. Kniebeugen	14 Schlaganfallpatient*innen	Muskelaktivität, Bewegungskontrolle	3/10 Punkte
Gray et al. (2012)	Querschnittstudie	EMG bei Sprung vs. Einbeiniger Kniebeuge	32 Schlaganfallpatient*innen	Muskelaktivität (EMG)	4/10 Punkte
Hendrey et al. (2018)	Pilotstudie	Ballistisches Krafttraining, 2 Wochen	30 Schlaganfallpatient*innen	Gehgeschwindigkeit, Muskelkraft, Lebensqualität	2/10 Punkte
Hunicutt et al. (2016)	Interventionsstudie	POWER Training, 8 Wochen	16 Schlaganfallpatient*innen	Gehgeschwindigkeit, Schrittlänge	6/10 Punkte
Mehrholz et al. (2006)	Fallserie	Ballistisches Training, 4 Wochen	6 subakute Schlaganfallpatient*innen	Gehgeschwindigkeit, Schrittlänge, Ausdauer, Muskelkraft	6/10 Punkte
Tole et al. (2022)	Beobachtungsstudie	Schnelle, funktionelle Übungen	11 chronische Schlaganfallpatient*innen	Bewegungsqualität, Muskelaktivität (EMG)	6/10 Punkte

5.0 Diskussion

5.1 Interpretation der Studienergebnisse

Ziel der Literaturrecherche war es zu prüfen, ob Explosivkrafttraining einen positiven Einfluss auf die Gehgeschwindigkeit bei Schlaganfallpatient*innen hat. Insgesamt wurden acht Studien in die Analyse einbezogen. Die ausgewerteten Studien zeigen insgesamt, dass Sprung- und Schnellkrafttraining bei Schlaganfallpatient*innen positive Effekte auf funktionelle Parameter wie Ganggeschwindigkeit, Gleichgewicht, Muskelkraft und Mobilität haben kann. In mehreren Studien kam es zu signifikanten Verbesserungen der selbstgewählten und maximalen Ganggeschwindigkeit, einer längeren Gehstrecke im 6-MWT sowie zu positiven Veränderungen in der Schrittlänge und Kadenz (Aaron et al., 2017; Dawes et al., 2005; Hendrey et al., 2018; Hunnicutt et al., 2016; Mehrholz et al., 2006). Diese Parameter führen im Alltag zu einer relevanten Verbesserung der Mobilität und lassen sich auf ein gezieltes Training der Explosivkraft zurückführen, welches durch schnelle und koordinativ anspruchsvolle Bewegungen wie Sprünge oder rasche Kniebeugen stimuliert wird.
Drei Studien (Abd Elsabour et al., 2025; Gray et al., 2012; Tole et al., 2022) zeigten zwar keine signifikante Steigerung der Gehgeschwindigkeit als primären Outcome Parameter, berichteten jedoch von einer Verbesserung der Muskelaktivierung, der allgemeinen Bewegungsgeschwindigkeit und der Muskelkraft. Diese Effekte können als indirekte Indikatoren für eine gesteigerte Gehfähigkeit interpretiert werden, da sie eng mit der Gehgeschwindigkeit korrelieren.
Insgesamt lässt sich somit ein positiver Einfluss des Explosivkrafttrainings auf die Gehgeschwindigkeit feststellen, entweder direkt oder über funktionelle Verbesserungen des neuromuskulären Systems.
Es zeigte sich, dass auch bei chronischen Patient*innen nach Schlaganfall (z. B. > sechs Monate post stroke) noch relevante Verbesserungen erreicht werden können, insbesondere im Bereich der Muskelleistung der paretischen Extremität (Aaron et al., 2017; Hunnicutt et al., 2016). In einigen Studien konnten zudem Asymmetrien zwischen den Extremitäten durch das Training reduziert werden.
Die Interventionen waren insgesamt relativ kurz (z. B. acht Wochen bei drei Einheiten/Woche), dennoch reichten diese Zeiträume aus, um neuroplastische Anpassungen und funktionelle Verbesserungen zu bewirken. Dies zeigt das Potenzial intensiver, auf Geschwindigkeit ausgerichteter Reize im Rahmen der Rehabilitation. Ein Aspekt der in der klassischen Therapie oft vernachlässigt wird.
Die eingeschlossenen Proband*innen waren meist bereits gehfähig, oft ohne Hilfsmittel und wiesen eine geringe bis moderate Einschränkung auf (z. B. FMA-LE < 34, Functional Ambulation Category (FAC) bis max. drei). Schwerer betroffene Patient*innen mit starker Hemiparese, Schmerzen oder weiteren Nebendiagnosen wurden meist ausgeschlossen (Aaron et al., 2017; Hendrey et al., 2022). Auch Faktoren wie Motivation, Angst vor dem Springen oder mangelnde Balancefähigkeit wurden in den Studien selten thematisiert, obwohl sie in der Praxis eine große Rolle spielen.

Trotz dieser Limitationen sprechen die Studienergebnisse für das Potenzial eines spezifischen, progressiven Schnellkrafttrainings im Rahmen der Rehabilitation. Es könnte, bei geeigneter Patient*innen Selektion und unter Berücksichtigung individueller Einschränkungen, als Ergänzung zur klassischen Gang- und Gleichgewichtstherapie eingesetzt werden. Besonders bei Patient*innen mit milder bis moderater Einschränkung, guter Restfunktion und ausreichender Kooperationsfähigkeit kann ein gezieltes Training der unteren Extremitäten dazu beitragen, relevante Mobilitätsziele im Alltag zu erreichen.

5.2 Interpretation der Studienqualität:

Da zu diesem Thema bislang nur eine begrenzte Anzahl RCTs vorliegt und es derzeit wenig verfügbare Literatur gibt, wurden alle verfügbaren Studientypen in die Analyse einbezogen. Eingeschlossen wurden dabei zwei RCTs, eine Pilotstudie, eine Fallserie, eine Interventionsstudie, eine Beobachtungsstudie, eine Vergleichsstudie und eine Querschnittstudie.
Die Qualität der eingeschlossenen Studien variiert deutlich und beeinflusst die Aussagekraft der jeweiligen Ergebnisse. Nur wenige Studien weisen ein hohes methodisches Niveau auf, während andere primär explorativen oder pilotierenden Charakter haben.
Ein Großteil der Arbeiten stützte sich auf kleine Stichprobenumfänge, meist unter 20 Teilnehmer*innen was die statistische Aussagekraft begrenzt und die Generalisierbarkeit der Ergebnisse einschränkt. Zudem wurde in mehreren Studien auf Kontrollgruppen verzichtet, wodurch keine kausalen Rückschlüsse auf die Wirksamkeit der Interventionen möglich sind (Hendrey et al., 2022; Hunnicutt et al., 2016; Mehrholz et al., 2006). Randomisierung und Verblindung wurden nur in einzelnen Arbeiten berücksichtigt, etwa bei Abd Elsabour et al. (2020), wobei auch hier Angaben zur Verblindung der Untersuchenden fehlten. Darüber hinaus war die Standardisierung der Trainingsprotokolle unterschiedlich stark ausgeprägt. Einige Studien arbeiteten mit klar definierten und dokumentierten Interventionsprogrammen über einen Zeitraum von mehreren Wochen (Aaron et al., 2017; Abd Elsabour et al., 2020; Hunnicutt et al., 2016), während andere lediglich einzelne Trainingseinheiten oder kurzfristige Effekte auf muskuläre Aktivierung untersuchten (Gray et al., 2012; Tole et al., 2022). Auch die Wahl der Outcome-Messungen variiert deutlich. Während einige Studien validierte und klinisch relevante Messinstrumente wie die selbstgewählte Gehgeschwindigkeit, den 6-MWT oder Kraftmessungen der unteren Extremität einsetzten (Aaron et al., 2017; Abd Elsabour et al., 2020; Hunnicutt et al., 2016; Mehrholz et al., 2006), basierten andere primär auf EMG-Daten oder Beobachtungen ohne direkte Überprüfung funktioneller Alltagsleistungen (Dawes et al., 2005; Gray et al., 2012; Tole et al., 2022). Zudem sind die untersuchten Populationen häufig sehr selektiv. In nahezu allen Studien wurden ausschließlich gehfähige Patient*innen mit geringen bis moderaten motorischen Einschränkungen eingeschlossen (Aaron et al., 2017; Hendrey et al., 2022; Hunnicutt et al., 2016; Mehrholz et al., 2006). Personen mit

schwerer Hemiparese, kognitiven Beeinträchtigungen oder zusätzlichen orthopädischen Diagnosen blieben ausgeschlossen, was die Übertragbarkeit auf das allgemeine Rehabilitationsklientel deutlich limitiert. Auch die Art und Dauer des Trainings, die Auswahl der Übungen sowie die Trainingsfrequenz variierten stark zwischen den Studien. So wurden beispielsweise in einigen Studien Geräte wie die Beinpresse verwendet, während andere Studien mit einfachen funktionellen Übungen wie schnellen Kniebeugen oder Sprüngen arbeiteten. Dieser Mangel an Standardisierung erschwert den direkten Vergleich der Ergebnisse und reduziert die Aussagekraft hinsichtlich der besten Trainingsform.
Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die aktuelle Studienlage zwar vielversprechende Ergebnisse zum Einsatz von Sprung- und Schnellkrafttraining nach Schlaganfall liefert, die methodische Qualität jedoch häufig nicht ausreicht, um gesicherte Empfehlungen für alle Patient*innengruppen abzuleiten. Besonders das Fehlen größerer randomisierter kontrollierter Studien mit breiteren Einschlusskriterien, längeren Interventionszeiträumen und funktionellen Alltagsmessungen stellt ein zentrales Defizit dar. Dennoch liefern die vorhandenen Studien wertvolle Impulse für weiterführende Forschung und eine gezielte therapeutische Anwendung bei geeigneter Patient*innen Selektion.
In der Tabelle wird die Bewertung der Studienqualität nach PEDro nochmals ausführlich dargestellt. Die methodische Qualität der eingeschlossenen Studien wurde anhand der PEDro-Skala (Punkte 2–11) bewertet. Punkt eins ist wichtig zur Einordnung der Zielgruppe, gibt aber keine Aussage über die interne Qualität der Studie. Daher wird er in dieser Tabelle nicht dargestellt. Die Einschätzung erfolgte eigenständig auf Basis der Originalpublikationen und orientierte sich an den offiziellen Bewertungskriterien. Da einzelne methodische Angaben (z. B. zur Verblindung oder Zuteilung) nicht immer eindeutig berichtet wurden, besteht in Teilen ein gewisser Interpretationsspielraum bei der Bewertung.

Tab. 4 Bewertung der Studienqualität nach PEDRO

Studie	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**Gesamt-punktzahl**
Aaron et al. (2017)	✓	X	✓	X	X	✓	✓	X	✓	✓	6
Abd Elsabour et al. (2025)	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	X	✓	✓	7
Dawes et al. (2005)	X	X	X	X	X	X	✓	X	✓	✓	3
Gray et al. (2012)	X	X	✓	X	X	X	✓	X	✓	✓	4
Hendrey et al. (2018)	X	X	X	X	X	X	✓	X	X	✓	2
Hunnicutt et al. (2016)	✓	X	✓	X	X	✓	✓	X	✓	✓	6
Mehrholz et al. (2006)	✓	X	✓	X	X	✓	✓	X	✓	✓	6
Tole et al. (2022)	✓	X	✓	X	X	✓	✓	X	✓	✓	6

6.0 Schlussfolgerung

6.1 Beantwortung der Fragestellung

Das Ziel dieser Arbeit lag darin zu überprüfen ob durch ein Training der Explosivkraft die Gehgeschwindigkeit bei Schlaganfallpatient*innen verbessert werden kann. Die Ergebnisse der analysierten Studien deuten darauf hin, dass ein gezieltes Schnellkrafttraining, insbesondere in Form von Sprungübungen, schnell ausgeführten Übungen an der Beinpresse oder dynamischen funktionellen Bewegungen, positive Effekte auf die selbstgewählte sowie maximale Gehgeschwindigkeit haben kann. In mehreren Studien konnten klinisch relevante Verbesserungen der Gehleistung sowie begleitend auch der Muskelkraft und des Gleichgewichts nachgewiesen werden. Die Studien belegen, dass bereits kurze, intensiv durchgeführte Interventionen zu funktionell relevanten Fortschritten führen können, sofern eine ausreichende Restfunktion der unteren Extremität vorhanden ist.
Allerdings weisen die Studien methodische Schwächen auf, wie kleine Stichproben, fehlende Kontrollgruppen oder eingeschränkte Patient*innenkollektive. Zudem sind viele der untersuchten Trainingsformen nur unter bestimmten Voraussetzungen, wie ausreichender Restkraft, guter Balance und hoher Motivation, sicher durchführbar. Dadurch ist die direkte Übertragbarkeit auf die breite klinische Praxis derzeit noch begrenzt.
Insgesamt kann jedoch daraus geschlossen werden, dass Schnellkrafttraining für ausgewählte Patient*innen eine vielversprechende Ergänzung in der neurorehabilitativen Therapie darstellen kann. Weitere qualitativ hochwertige Studien sind notwendig, um die Langzeiteffekte und die Übertragbarkeit auf breitere Patient*innenkollektive zu bestätigen.

6.2 Theorie-Praxis-Transfer

Der Transfer in die Praxis ist schwierig, da es viele Einschränkungen gibt. In allen betrachteten Studien waren die Patient*innen bereits gehfähig, oft sogar ohne Hilfsmittel. Die Spastik war mit einem Ashworth-Score von eins nur leicht ausgeprägt. Der FMA-LE lag unter 34, und der FAC lag höchstens bei drei. Außerdem waren die Teilnehmer*innen zwischen 18 und 70 Jahre alt. Damit spiegeln die Studienergebnisse nur einen kleinen Teil der tatsächlichen Patient*innen in der klinischen Praxis wieder. In der Praxis gibt es zudem oft weitere limitierende Faktoren wie zum Beispiel kontraindizierte Nebenerkrankungen, Vorhandensein einer Endoprothese, Kontrakturen oder eingeschränkte Kognition.
Die Übungen, die in den Studien verwendet wurden, lassen sich größtenteils auch ohne aufwendige Geräte in die Praxis übertragen. Dazu zählen beispielsweise Sprünge aus dem Stand, schnelle Kniebeugen oder zügiges Wadenheben. Teilweise kamen unterstützende Kleingeräte wie ein Trampolin zum Einsatz, was jedoch nicht zwingend erforderlich ist. In drei der ausgewerteten Studien wurde eine Beinpresse

verwendet, was den Transfer in Einrichtungen ohne entsprechende Ausstattung erschwert. Dennoch zeigt sich, dass ein Großteil der Interventionen auch mit einfachen Mitteln und wenig Equipment umsetzbar ist.

6.3 Limitationen

Ein wesentliches Problem der vorliegenden Studienlage ist die geringe Anzahl qualitativ hochwertiger RCTs. Viele Untersuchungen weisen kleine Fallzahlen, kurze Interventionszeiträume oder unklare Kontrollbedingungen auf.
Für die Zukunft wäre es wünschenswert, Studien mit größeren und heterogeneren Stichproben durchzuführen, um die Wirksamkeit von Sprungtraining auch bei Patient*innen mit stärker ausgeprägten Einschränkungen zu untersuchen. Besonders relevant wären Untersuchungen zur Sicherheit, Akzeptanz und Dosierung solcher Übungen im klinischen Alltag.

Literaturverzeichnis

1999_07-08_KRAFTFAEHIGKEITEN.pdf. (o. J.). Abgerufen 17. Juni 2025, von https://www.germanjournalsportsmedicine.com/fileadmin/content/archiv1999/Heft0708/1999_07-08_KRAFTFAEHIGKEITEN.pdf

Aaron, S. E., Hunnicutt, J. L., Embry, A. E., Bowden, M. G., & Gregory, C. M. (2017). POWER training in chronic stroke individuals: Differences between responders and nonresponders. *Topics in Stroke Rehabilitation*, *24*(7), 496–502. https://doi.org/10.1080/10749357.2017.1322249

Abd Elsabour, A. K., Zakaria, H. M., Fahmy, E. M., Khalil, A. S. A., Alwhaibi, R. M., Ragab, W. M., & Taha, S. I. (2025). Effect of Plyometric Exercises of Lower Limb on Strength, Postural Control, and Risk of Falling in Stroke Patients. *Medicina*, *61*(2), 223. https://doi.org/10.3390/medicina61020223

Bergmann, J., González Blum, C., Böttger, T., David, I., Elvering, S., & Freiberger, E. (2024). *Physiotherapie in der Neurologie* (C. Pott & H. Thieme, Hrsg.). Georg Thieme Verlag.

Davies, G., Riemann, B. L., & Manske, R. (2015). CURRENT CONCEPTS OF PLYOMETRIC EXERCISE. *International Journal of Sports Physical Therapy*, *10*(6), 760–786.

Dawes, H., Smith, C., Collett, J., Wade, D., Howells, K., Ramsbottom, R., Izadi, H., & Sackley, C. (2005). A pilot study to investigate explosive leg extensor power and walking performance after stroke. *Journal of Sports Science & Medicine*, *4*(4), 556–562.

Dohle, C., Quintern, J., Saal, S., Stephan, K. M., Tholen, R., & Wittenberg, H. (2015, Dezember). *S2e-Leitlinie, Rehabilitation der Mobiliät nach Schlaganfall (REMOS)*. Neurolgie & Rehabilitation.

Götz-Neumann, K. (2006). *Gehen verstehen: Ganganalyse in der Physiotherapie ; 18 Tabellen* (2., unveränd. Aufl). Thieme.

Gray, V. L., Ivanova, T. D., & Garland, S. J. (2012). Effects of Fast Functional Exercise on Muscle Activity After Stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, *26*(8), 968–975. https://doi.org/10.1177/1545968312437944

Hendrey, G., Clark, R. A., Holland, A. E., Mentiplay, B. F., Davis, C., Windfeld-Lund, C., Raymond, M. J., & Williams, G. (2018). Feasibility of Ballistic Strength Training in Subacute Stroke: A Randomized, Controlled, Assessor-Blinded Pilot Study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *99*(12), 2430–2446. https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.04.032

Hunnicutt, J. L., Aaron, S. E., Embry, A. E., Cence, B., Morgan, P., Bowden, M. G., & Gregory, C. M. (2016). The Effects of POWER Training in Young and Older Adults after Stroke. *Stroke Research and Treatment*, *2016*, 1–5. https://doi.org/10.1155/2016/7316250

Kraus, M. (2018). *Schlaganfall: Das Wichtigste für Ärzte aller Fachrichtungen* (P. Kraft, Hrsg.). Elsevier.

Mehrholz, J., Rutte, K., & Pohl, M. (2006). Jump training is feasible for nearly ambulatory patients after stroke. *Clinical Rehabilitation*, *20*(5), 406–412. https://doi.org/10.1191/0269215506cr954oa

PEDro-skala—Deutsch. (o. J.). Abgerufen 5. August 2025, von https://pedro.org.au/wp-content/uploads/PEDro_scale_german.pdf

Schlaganfall_hilfe_zahlen_daten_fakten.pdf. (o. J.). Abgerufen 16. Juni 2025, von https://www.schlaganfall-hilfe.de/fileadmin/files/SDSH/Presse/2023/schlaganfall_hilfe_zahlen_daten_fakten.pdf

Schumann, M. (with Rønnestad, B. R.). (2023). *Kombiniertes Ausdauer- und Krafttraining: Wissenschaftliche Grundlagen und Ableitungen Für Die Trainingspraxis* (1st ed). Spektrum Akademischer Verlag GmbH.

Svantesson, U., & Sunnerhagen, K. S. (1997). Stretch-shortening cycle in patients with upper motor neuron lesions due to stroke. *European Journal of Applied Physiology*, *75*(4), 312–318. https://doi.org/10.1007/s004210050166

Tolé, G., Williams, G., Holland, A. E., & Clark, R. A. (2022). Lower limb muscle performance during a closed chain single leg squat and a squat jump in people with leg weakness after stroke: A comparative study. *Brain Impairment*, 1–12. https://doi.org/10.1017/BrImp.2022.4

Williams, G., Hassett, L., Clark, R., Bryant, A., Olver, J., Morris, M. E., & Ada, L. (2019). Improving Walking Ability in People With Neurologic Conditions: A Theoretical Framework for Biomechanics-Driven Exercise Prescription. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *100*(6), 1184–1190. https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.01.003

Anlagenverzeichnis

Anlage 1 PEDro Skala (*PEDro-skala - Deutsch*, o. J.)

Anlagen

Anlage 1 PEDro Skala Deutsch

PEDro-skala – Deutsch

1.	Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden spezifiziert	nein ❑ ja ❑ wo:
2.	Die Probanden wurden den Gruppen randomisiert zugeordnet (im Falle von Crossover Studien wurde die Abfolge der Behandlungen den Probanden randomisiert zugeordnet)	nein ❑ ja ❑ wo:
3.	Die Zuordnung zu den Gruppen erfolgte verborgen	nein ❑ ja ❑ wo:
4.	Zu Beginn der Studie waren die Gruppen bzgl. der wichtigsten prognostischen Indikatoren einander ähnlich	nein ❑ ja ❑ wo:
5.	Alle Probanden waren geblindet	nein ❑ ja ❑ wo:
6.	Alle Therapeuten/Innen, die eine Therapie durchgeführt haben, waren geblindet	nein ❑ ja ❑ wo:
7.	Alle Untersucher, die zumindest ein zentrales Outcome gemessen haben, waren geblindet	nein ❑ ja ❑ wo:
8.	Von mehr als 85% der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Probanden wurde zumindest ein zentrales Outcome gemessen	nein ❑ ja ❑ wo:
9.	Alle Probanden, für die Ergebnismessungen zur Verfügung standen, haben die Behandlung oder Kontrollanwendung bekommen wie zugeordnet oder es wurden, wenn dies nicht der Fall war, Daten für zumindest ein zentrales Outcome durch eine ‚intention to treat' Methode analysiert	nein ❑ ja ❑ wo:
10.	Für mindestens ein zentrales Outcome wurden die Ergebnisse statistischer Gruppenvergleiche berichtet	nein ❑ ja ❑ wo:
11.	Die Studie berichtet sowohl Punkt- als auch Streuungsmaße für zumindest ein zentrales Outcome	nein ❑ ja ❑ wo:

Die PEDro-Skala basiert auf der Delphi Liste, die von Verhagen und Kollegen an der Universität von Maastricht, Abteilung für Epidemiologie, entwickelt wurde (Verhagen AP et al (1998). The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41). Diese Liste basiert auf einem "Expertenkonsens", und größtenteils nicht auf empirischen Daten. Zwei zusätzliche Items, die nicht Teil der Delphi Liste waren, wurden in die PEDro-Skala aufgenommen (Kriterien 8 und 10). Wenn mehr empirische Daten zur Verfügung stehen, könnte es in Zukunft möglich werden, die einzelnen Items zu gewichten, so dass eine PEDro-Punktzahl die Bedeutung individueller Items widerspiegelt.

Der Zweck der PEDro-Skala ist es, Benutzern der PEDro-Datenbank dabei zu helfen, schnell festzustellen, welche der tatsächlich oder vermeintlich randomisierten kontrollierten Studien (d.h. RCTs oder CCTs), die in der PEDro-Datenbank archiviert sind, wahrscheinlich intern valide sind (Kriterien 2-9) und ausreichend statistische Information beinhalten, um ihre Ergebnisse interpretierbar zu machen (Kriterien 10-11). Ein weiteres Item (Kriterium 1), welches sich auf die externe Validität (Verallgemeinerungsfähigkeit von Ergebnissen) bezieht, wurde übernommen, um die Vollständigkeit der Delphi Liste zu gewährleisten. Dieses Kriterium wird jedoch nicht verwendet, um die PEDro-Punktzahl zu berechnen, die auf der PEDro Internetseite dargestellt wird.

Die PEDro-Skala sollte nicht als Maß für die „Validität" der Schlussfolgerungen einer Studie verwendet werden. Insbesondere warnen wir Benutzer der PEDro-Skala, dass Studien, die einen signifikanten Behandlungseffekt anzeigen, und die hohe Punktzahlen auf der PEDro-Skala erreichen, nicht notwendigerweise den Nachweis dafür erbringen, dass die entsprechenden Behandlungen klinisch sinnvoll sind. Weiterführende Überlegungen beinhalten, ob der Behandlungseffekt groß genug gewesen ist, um lohnenswert zu sein, ob die positiven Effekte der Behandlung die negativen aufwiegen, und wie das Kosten-Nutzen-Verhältnis der Behandlung ist. Die PEDro-Skala sollte nicht dazu verwendet werden, die „Qualität" von Studien aus unterschiedlichen therapeutischen Bereichen zu vergleichen, und zwar hauptsächlich deswegen nicht, weil es in manchen Bereichen der physiotherapeutischen Praxis nicht möglich ist, allen Kriterien der Skala gerecht zu werden.

Die PEDro-Skala wurde zuletzt am 21. Juni 1999.
Die deutsche Übersetzung der PEDro-Skala wurde erstellt von Stefan Hegenscheidt, Angela Harth und Erwin Scherfer.
Die deutsche Übersetzung wurde im April 2008 fertiggestellt und wurde im Februar 2010 geändert.

Hinweise zur Handhabung der PEDro scale:

Für alle Kriterien	**Punkte werden nur vergeben, wenn ein Kriterium eindeutig erfüllt ist.** Falls beim genauen Lesen einer Arbeit die Möglichkeit besteht, dass ein Kriterium nicht erfüllt wurde, sollte kein Punkt für dieses Kriterium vergeben werden.
Kriterium 1	Dieses Kriterium gilt als erfüllt, wenn berichtet wird, wie die Probanden rekrutiert wurden, und wenn eine Liste mit Kriterien dargestellt wird, die genutzt wurde, um zu entscheiden, wer geeignet war an der Studie teilzunehmen.
Kriterium 2	Wenn in einem Artikel steht, dass die Zuordnung zu den Gruppen randomisiert erfolgte, so wird dies von der Studie angenommen. Die genaue Methode der Randomisierung muss dabei nicht näher spezifiziert sein. Methoden wie Münz- oder Würfelwürfe sollten als Randomisierung angesehen werden. Quasi-randomisierte Zuordnungsverfahren wie die Zuordnung durch Krankenaktennummern im Krankenhaus, Geburtsdatum, oder alternierende Zuordnungen, erfüllen dieses Kriterium nicht.
Kriterium 3	*Verborgene Zuordnung* bedeutet, dass die Person, die entschieden hat ob der jeweilige Proband für eine Teilnahme geeignet war oder nicht, zum Zeitpunkt dieser Entscheidung nicht wissen konnte, welcher Gruppe der jeweilige Proband zugeordnet werden würde. Für dieses Kriterium wird auch dann ein Punkt vergeben, wenn über eine verdeckte Zuordnung nicht berichtet wird, aber in dem Bericht zum Ausdruck kommt, dass die Zuordnung mit Hilfe blickdichter Briefumschläge erfolgte, oder dass die Allokation über Kontaktaufnahme mit einem unabhängigen Verwalter des Allokationsplans, der sich ‚nicht am Ort der Studiendurchführung' befand oder ‚nicht anderweitig an der Studie beteiligt' war, erfolgte.
Kriterium 4	In Studien, die therapeutische Interventionen untersuchen, muss jeweils vor Begin der Intervention mindestens eine Messung hinsichtlich des Schweregrades des zu behandelnden Zustandes, und mindestens ein anderes *zentrales Outcome* beschrieben werden (Eingangsmessungen). Der Gutachter muss ausreichend davon überzeugt sein, dass sich klinisch signifikante Unterschiede in den Gruppen-Outcomes nicht allein schon aufgrund von Unterschieden in den prognostischen Variablen zu Begin der Studie (also zum Baseline-Zeitpunkt) erwarten ließen. Dieses Kriterium gilt auch dann als erfüllt, wenn nur Baseline-Daten für diejenigen Probanden beschrieben werden, welche bis zum Ende an der Studie teilgenommen haben.
Kriterien 4,7-11	*Zentrale Outcomes* sind jene Outcomes, welche das primäre Maß für eine Effektivität (oder eine fehlende Effektivität) der Therapie darstellen. In den meisten Studien wird mehr als eine Variable zur Outcome-Messung verwendet.
Kriterien 5-7	*Blindung* bedeutet, dass die betreffende Person (Proband/In, Therapeut/In oder Untersucher/In) nicht gewusst hat, welcher Gruppe der Proband zugeordnet worden ist. Außerdem wird eine Blindung von Probanden und Therapeuten nur dann als gegeben angenommen, wenn davon ausgegangen werden kann, dass sie nicht in der Lage gewesen wären, zwischen den Behandlungen, die in den verschiedenen Gruppen ausgeführt wurden, zu unterscheiden. In Studien, in denen *zentrale Outcomes* von den Probanden selbst angegeben werden (z.B. Visuelle Analog Skala oder Schmerztagebücher), gilt der Untersucher als geblindet, wenn der Proband geblindet war.
Kriterium 8	Dieses Kriterium gilt nur dann als erfüllt, wenn die Studie *sowohl* über die Anzahl der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Probanden, *als* auch über die Anzahl der Probanden, von denen tatsächlich zentrale Outcomes festgehalten werden konnten, Auskunft gibt. Bei Studien mit Outcome-Messungen zu mehreren Messzeitpunkten, muss mindestens ein *zentrales Outcome* bei mehr als 85% der Probanden zu einem dieser Zeitpunkte gemessen worden sein.
Kriterium 9	Eine *Intention to treat* Analyse bedeutet, dass in den Fällen, in denen Probanden die zugedachte Behandlung (oder Kontrollanwendung) nicht erhalten haben und in denen Ergebnismessungen möglich waren, die Messwerte so analysiert werden, als ob die Probanden die zugedachte Behandlung (oder Kontrollanwendung) erhalten hätten. Wird eine Analyse nach der ‚Intention to treat' Methode nicht erwähnt, gilt dieses Kriterium dennoch als erfüllt, falls explizit zum Ausdruck kommt, dass alle Probanden die Behandlungen oder Kontrollanwendungen wie zugedacht erhalten haben.
Kriterium 10	Ein *Zwischen-Gruppen-Vergleich* beinhaltet einen statistischen Vergleich einer Gruppe mit einer anderen Gruppe. Abhängig vom jeweiligen Studiendesign kann es sich dabei um den Vergleich von zwei oder mehr verschiedenen Behandlungen, oder auch um den Vergleich einer Behandlung mit einer Kontrollanwendung (z.B. Placebo-Behandlung, Nicht-Behandlung, Scheinbehandlung) handeln. Die Analyse kann als einfacher Vergleich der Outcomes zwischen den Gruppen erfolgen, die nach einer durchgeführten Behandlung gemessen wurden, oder auch als Vergleich der Veränderungen in einer Gruppe mit den Veränderungen in einer anderen Gruppe (wurde eine faktorielle Varianzanalyse durchgeführt, um die Daten zu analysieren, so wird dies im letzteren Fall häufig als eine ‚Gruppe x Zeit Interaktion' berichtet). Der Vergleich kann als Hypothesentestung (die einen ‚p'-Wert liefert, der die Wahrscheinlichkeit dafür angibt, dass der Unterschied zwischen den Gruppen rein zufällig entstanden ist) oder als Schätzung (z.B. der Differenz des Medians oder des arithmetischen Mittels, der Unterschiede in den Prozentanteile, oder der Number Needed to Treat, oder des relativen Risikos oder der ‚Hazard Ratio'[1]) mit einem dazugehörigen Konfidenz-Intervall durchgeführt werden.
Kriterium 11	Ein *Punktmaß* ist ein Maß der Größe des Behandlungseffekts. Der Behandlungseffekt kann als Differenz in den Outcomes zwischen zwei Gruppen beschrieben werden, oder auch als Outcome in jeder der Gruppen. *Streuungsmaße* können sein: Standardabweichungen, Standardfehler, Konfidenzintervalle, Interquartilsabstände (oder andere Quantilsabstände), und Ranges. Punktmaße und/oder Maße der Streuung können graphisch dargestellt sein (z.B. können Standardabweichungen als Balkendiagramm dargestellt werden), so lange diese Darstellungen eindeutig sind (z.B. so lange klar ist ob die Fehlerbalken Standardabweichungen oder Standardfehler darstellen). Für kategorische Outcomes (nominal- oder ordinalskaliert) gilt dieses Kriterium als erfüllt, wenn die Anzahl der Probanden für jede Kategorie in jeder Gruppe angegeben ist.

[1] Der Begriff Hazard Ratio (‚Risikoeintrittsquotient') wird auch in der deutschen medizinischen Fachliteratur verwendet. Die Hazard Ratio ist der Quotient aus den Eintrittswahrscheinlichkeiten (Ereignisdichten) in den zu vergleichenden Gruppen.

Die PEDro-Skala wurde zuletzt am 21. Juni 1999.
Die deutsche Übersetzung der PEDro-Skala wurde erstellt von Stefan Hegenscheidt, Angela Harth und Erwin Scherfer.
Die deutsche Übersetzung wurde im April 2008 fertiggestellt und wurde im Februar 2010 geändert.