

Die Macht der Vorstellungskraft – Von der Imagination zur Performanz

EEG-based Brain-Computer Interface assisted Motor Imagery als unterstützender Interventionsansatz in der ergotherapeutischen Neurorehabilitation bei Menschen nach Schlaganfall

Priscilla-Yasmin Strehler
S12575536

Sina Alexandra Mauve
S17647397

Departement Gesundheit
Institut für Ergotherapie
Studienjahr: ER.17
Eingereicht am: 30.04.2020
Begleitende Lehrperson: Josef Adam, MSc

**Bachelorarbeit
Ergotherapie**

VORWORT

Ein medizinisches und wissenschaftliches Grundverständnis wird von der Leserschaft vorausgesetzt. Allgemeinbekannte Fachausdrücke werden nicht explizit erklärt.

Wenn von Autorinnen gesprochen wird, dann sind die Urheberinnen der vorliegenden Arbeit gemeint. Ansonsten steht jeweils „Die Forschenden“, wenn die Autorinnen die Urhebenden der Studien, Reviews oder Artikel zitieren.

Für eine bessere Lesbarkeit werden vereinzelt Abkürzungen verwendet, die im Abkürzungsverzeichnis (Kapitel Verzeichnisse) aufgeführt sind, Wörter mit der Bezeichnung * werden im Glossar aufgegriffen.

In der Arbeit werden diverse Assessments abgekürzt, die nur bei der Erstnennung ausgeschrieben werden und zum weiteren Verständnis im Anhang B noch detailliert erklärt.

In Anlehnung an den Leitfaden zur sprachlichen Gleichbehandlung von Frau und Mann der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW) bemühen sich die Autorinnen um einen geschlechtergerechten Sprachgebrauch. Sie orientieren sich zudem an die Richtlinien der 7. Auflage der American Psychological Association APA (American Psychological Association, 2019).

ABSTRACT

Darstellung des Themas: Nach einem Schlaganfall erleben Betroffene häufig funktionell motorische Einschränkung der oberen Extremitäten. Dies hat einen negativen Einfluss auf die Ausführung von Aktivitäten des täglichen Lebens. Durch die Anwendung von EEG-based Brain-Computer Interface assisted Motor Imagery können Funktionsverbesserungen der oberen Extremitäten von Betroffenen eines Schlaganfalls erzielt werden.

Ziel: Die Wirksamkeit dieses Interventionsansatzes soll untersucht werden und darauf basierend werden Empfehlungen für die ergotherapeutische Praxis abgegeben.

Methode: Anhand festgelegter Keywords werden neun Datenbanken nach relevanter Literatur durchsucht. Sechs Studien werden anhand von Ein- und Ausschlusskriterien für die Arbeit ausgewählt, ausgewertet und kritisch diskutiert.

Ergebnisse: Die Ergebnisse zeigen signifikante motorische Verbesserungen auf der Betätigungs- und Performanzebene und Ebene der Klientenfaktoren von Betroffenen eines Schlaganfalls beim Einsatz von EEG-based Brain-Computer Interface assisted Motor Imagery.

Schlussfolgerung: Der Einsatz dieser Systeme ist in der ergotherapeutischen Neurorehabilitation bei Betroffenen eines Schlaganfalls als Ergänzung sinnvoll. Für die praktische Integration in die Praxis müssen die Systeme weiterentwickelt werden und es bedarf weiterer Forschung.

Keywords: adult, brain computer interface, motor imagery, Stroke Rehabilitation, upper extremities

INHALTSVERZEICHNIS

Abstract	
1. Einleitung	1
2. Theoretischer Hintergrund	3
2.1 Neurophysiologische Grundlagen und Konzepte	3
2.1.1 <i>Neuroplastizität</i>	3
2.1.2 <i>Motor Recovery</i>	3
2.2 Motor Imagery	4
2.3. EEG - based Brain-Computer Interfaces.....	5
2.4 EEG-based Brain-Computer Interfaces Assisted Motor Imagery	7
2.5 Ergotherapeutischer Bezug	8
2.5.1 <i>Bezug auf das Occupational Therapy Intervention Process Model (OTIPM)</i>	8
3. Begründung der Themenwahl und Problemstellung	10
4. Zielsetzung	11
5. Fragestellung	11
6. Methodik	12
6.1 Literaturrecherche	12
6.2 Ein- und Ausschlusskriterien	13
6.3 Verwendete Datenbanken für die Literaturrecherche.....	14
6.4 Systematische Auswahl der Studien	14
6.5 Weiteres Vorgehen	16
7. Ergebnisse	17
7.1 Differentiated Effects of Robot Hand Training With and Without Neural Guidance on Neuroplasticity Patterns in Chronic Stroke (Wang et al., 2018)	18
7.1.1 <i>Zusammenfassung der Studie</i>	18
7.1.2 <i>Kritische Würdigung</i>	20
7.2 Contralesional Brain–Computer Interface Control of a Powered Exoskeleton for Motor Recovery in Chronic Stroke Survivors (Bundy et al., 2017)	22
7.2.1 <i>Zusammenfassung der Studie</i>	22
7.2.2 <i>Kritische Würdigung</i>	24
7.3 Motor imagery based brain-computer interface control of continuous passive motion for wrist extension recovery in chronic stroke patients (Lu et al., 2019).....	26
7.3.1 <i>Zusammenfassung der Studie</i>	26
7.3.2 <i>Kritische Würdigung</i>	28
7.4 Feasibility of task-specific brain-machine interface training for upper-extremity paralysis in patients with chronic hemiparetic stroke (Nishimoto et al., 2017)	29
7.4.1 <i>Zusammenfassung der Studie</i>	29

7.4.2	<i>Kritische Würdigung</i>	31
7.5	Brain–computer interface boosts motor imagery practice during stroke recovery (Pichiorri et al., 2015)	33
7.5.1	<i>Zusammenfassung der Studie</i>	33
7.5.2	<i>Kritische Würdigung</i>	35
7.6	Effect of Neurofeedback and Electromyographic-Biofeedback Therapy on Improving Hand Function in Stroke Patients (Rayegani et al., 2014)	36
7.6.1	<i>Zusammenfassung der Studie</i>	36
7.6.2	<i>Kritische Würdigung</i>	38
7.7	Zusammenfassung der Würdigungen der inkludierten Studien	40
7.8	Übersicht und Gegenüberstellung der inkludierten Studien	41
8.	Diskussion	51
8.1	Bezug zum theoretischen Hintergrund	51
8.2	Übertragung der Resultate ins restitutive Modell	59
8.2.1	<i>Zusammenfassung in Bezug auf Personenbezogene Faktoren und Körperfunktionen</i>	59
8.2.2	<i>Zusammenfassung in Bezug auf Körperstruktur</i>	61
8.2.3	<i>Zusammenfassung in Bezug auf Kontext</i>	62
8.3	Beantwortung der Fragestellung	64
9.	Schlussfolgerung	66
9.1	Theorie - Praxis Transfer und Empfehlungen für die Praxis	66
9.1.1	<i>Mikroebene</i>	66
9.1.2	<i>Makroebene</i>	67
9.2	Limitationen der vorliegenden Arbeit.....	69
9.3	Ausblick in eine mögliche Zukunft und Empfehlung für weitere Forschung	70
9.4	Fazit.....	71
10.	Literaturverzeichnis	i
Anhang	xvii

1. EINLEITUNG

Der Schlaganfall zählt weltweit zu einer der Hauptursachen für schwerwiegende und langfristige Beeinträchtigungen* im Erwachsenenalter (Cantillo-Negrete et al., 2018; Mizuno et al., 2018; Norman et al., 2018; Rayegani et al., 2014; Shindo et al., 2011). Weltweit sind über 20 Millionen Menschen von einem Schlaganfall betroffen und in der Schweiz erleiden jährlich etwa 16000 Personen einen Schlaganfall (Meyer et al., 2009; Prasad et al., 2010). Durch die immer besser werdende medizinische Versorgung sinkt die Mortalitätsrate bei Schlaganfällen. Somit sind immer mehr Personen von den Folgen eines Schlaganfalls betroffen (Wolf & Nilsen, 2017).

Etwa 80 % der Überlebenden eines Schlaganfalls sind von Einschränkungen betroffen und ca. 85 % von ihnen weisen ernsthafte Defizite in der Beweglichkeit der oberen Extremitäten* (OEX) auf (Chowdhury et al., 2018). Mehr als 50 % der Betroffenen erreichen keine vollständige Wiederherstellung ihrer motorischen Funktionen (Kasashima-Shindo et al., 2015). Während 60 % der Betroffenen die Fähigkeit des Gehens ohne Hilfsmittel wieder erwerben, können von ihnen nur 15-20 % ihre betroffene OEX* wieder im Alltag einsetzen (Mizuno et al., 2018). Dysfunktionen in den Handfunktionen sind häufig die Faktoren, die die Betroffenen am Stärksten in ihrem Alltag einschränken (Cantillo-Negrete et al., 2018; Chowdhury et al., 2018).

Die Einschränkungen in den OEX* durch einen Schlaganfall haben einen starken negativen Einfluss auf die Performanz der Aktivitäten des täglichen Lebens (ADLs)* und dadurch auf die Lebensqualität* (Fuentes et al., 2018; Rocha Curado et al., 2014). Zudem wirken sich die Einschränkungen häufig erheblich auf die Erwerbstätigkeit aus (Prasad et al., 2010; Rayegani et al., 2014).

Um motorische Einschränkungen zu reduzieren, absolvieren Personen nach einem Schlaganfall in der Regel mehrere Monate ein rehabilitatives Therapieprogramm, das für sie oft von Inkonsistenz und lediglich moderaten Erfolgen geprägt ist (Norman et al., 2018). Besonders die Wiederherstellung der Handfunktion ist ein herausforderndes Ziel in der Rehabilitation (Mizuno et al., 2018). Viele Betroffene eines Schlaganfalls haben trotz intensiver Rehabilitationsprogramme bleibende Einschränkungen in den OEX* (Mentha, 2008). Die nicht-Nutzung der betroffenen OEX* kann zu einer Form von erlernter Lähmung führen, bei der die sensomotorische Repräsentation des Armes in den verfügbaren neuronalen Strukturen reduziert und die funktionelle Erholung beschränkt wird (Liu et al.,

2012). Laut Naros et al. (2016) limitieren verlorene motorische Funktionen nach Gehirnläsionen die Wiedererlernung von Bewegungen, wenn physische Übungen nicht länger möglich sind (Doyon & Benali, 2005; Halsband & Lange, 2006).

In der konventionellen Schlaganfallrehabilitation ist es die Aufgabe von ergo- und physiotherapeutischem Fachpersonal, die Funktionen und die Performanz der Personen in den OEX* zu verbessern (Carvalho et al., 2019). Dabei fokussieren sich die therapeutischen Interventionen meistens auf die Aufrechterhaltung der Mobilität und Flexibilität der betroffenen Gliedmassen und auf die Kompensation der Defizite beim Training der nicht-betroffenen OEX* in täglichen Aufgaben* (Fuentes et al., 2018). In der Ergotherapie liegt der Fokus dabei insbesondere auf den für die Individuen bedeutungsvollen Betätigungen* und die Ermöglichung eines möglichst selbstständigen Lebens. Diese Interventionen zeigen häufig keine bleibenden Effekte bei Betroffenen eines Schlaganfalls mit chronisch funktionell-motorischen Einschränkungen (Broetz et al., 2010). Laut Chowdhury et al. (2018) ist die klinische Effektivität von konventionellen Therapien eingeschränkt, wobei die grösste Herausforderung in der Schlaganfallrehabilitation die Rehabilitation der Handfunktionen darstellt. Aufgrund dessen werden laufend neue Interventionstechniken und Möglichkeiten der therapeutischen Begleitung in der Schlaganfallrehabilitation entwickelt (Chowdhury et al., 2018; Golaszewski, 2018).

Funktionell motorische Erholung hängt mit der Schwere der motorischen Einschränkungen zusammen. Dies bedeutet, dass bei Personen mit schwer betroffenen OEX* die Prognose für die motorische Erholung besonders schlecht ist (Kasashima-Shindo et al., 2015). Aufgrund dessen sind die wenigen Interventionen für die Therapie von Hemiparesen* oftmals wenig erfolgsversprechend und nur eingeschränkt durchführbar (Shindo et al., 2011). Die Erholung der Funktionen der OEX* steht im Zusammenhang mit aktiven Übungen und motorischer und aufmerksamkeitsbezogener Einbeziehung des betroffenen Arms in aufgaben*-orientierte Bewegungen (Fuentes et al., 2018). Diesbezüglich sind die Prognosen schlecht, wenn keine aktiven Bewegungen der OEX* möglich sind (Fuentes et al., 2018). Zudem werden Personen ohne aktive Bewegungsmöglichkeiten der OEX* oftmals von Studien ausgeschlossen, die die Effektivität von Rehabilitationsprogrammen untersuchen (Broetz et al., 2010).

2. THEORETISCHER HINTERGRUND

Ein wichtiger Ansatz in der Schlaganfallrehabilitation ist die Entwicklung von Trainingstechniken, welche die beste Nutzung der Ressourcen der Neuroplastizität ermöglicht (Boyd et al., 2017). Robotic-Geräte, inklusive Exoskelette, wurden entwickelt, um das Bewegungstraining für Personen nach einem Schlaganfall und weiteren neurologischen Diagnosen zu unterstützen (Reinkensmeyer et al., 2004). Die Forschenden interessieren sich insbesondere für den Bereich der mentalen Stimulation von Bewegungen. Therapien, die darauf abzielen, zeigten sich als sinnvoll in der Schlaganfallrehabilitation (Braun et al., 2013; Sharma et al., 2006; Wang et al., 2010).

2.1 NEUROPHYSIOLOGISCHE GRUNDLAGEN UND KONZEPTE

Im folgenden Kapitel werden für die Bachelorarbeit relevanten neurophysiologischen* Grundlagen und Konzepte erläutert.

2.1.1 NEUROPLASTIZITÄT

Die Theorie der Neuroplastizität hat die heutige Forschung der Neurorehabilitation* geprägt. Ursprünglich 1949 von Donald Hebb eingeführt, beschreibt sie das Vermögen des Nervensystems, sich aufgrund gegebenen Anforderungen durch Anpassung zu reorganisieren und somit seine Funktionalität zu steigern (Mäser, 2018; Mentha, 2008). Dies steht im Fokus der Rehabilitation von Personen mit einer erworbenen neurologischen Einschränkung, wie z. B. nach einem Schlaganfall. Neue neurowissenschaftlichen Erkenntnisse zeigten, dass das erwachsene Gehirn einen höheren Grad an Plastizität zur Erholung von neuronalen Schädigungen aufweist, als ursprünglich angenommen (Feaver & Edmans, 2006). Darauf basierend wurden neue Interventionsansätze zur Funktionsverbesserung von gelähmten Gliedmassen entwickelt.

2.1.2 MOTOR RECOVERY

Die Motor Recovery (MR), die motorische Erholung, ist bei Betroffene eines Schlaganfalls mit langfristigen Lähmungen der OEX* limitiert (Belardinelli et al., 2017). Die MR der Hand wird durch die Enthemmung von kontralateralen kortikomuskulären Verbindungen gefördert, währenddessen die MR der Schulter- oder Axialmuskulatur durch die Wiederherstellung von ipsilateralen Verbindungen zu der betroffenen Hand unterstützt wird (Hasegawa et al., 2017). Verschiedene Randomized Control Trials (RCTs) zeigen,

dass intensives Training von wichtigen motorischen Aufgaben* sehr vorteilhaft für die MR der OEX* ist (Lu et al., 2019). Neuronale Verbindungen werden dann gestärkt, wenn prä- und postsynaptische Neurone zur selben Zeit aktiv sind (Irimia et al., 2017), was bedeutet, dass Bewegungsabsicht und Bewegungskontrolle miteinander übereinstimmen müssen. Diese motorische Intention mit gleichzeitigem sensorischem Feedback ist ein wichtiger Faktor für die MR (Irimia et al., 2017). In der konventionellen Therapie spielen diese beiden Aspekte oft nicht zusammen. Diese Dissoziation von motorischen Kommandos und sensorischem Feedback könnte möglicherweise erklären, warum viele Therapien keine signifikante Reorganisation der betroffenen Regionen im Gehirn der Betroffenen bewirken (Irimia et al., 2017). Bei Betroffenen eines Schlaganfalls mit bleibenden motorischen Einschränkungen müssen funktionell relevante Biomarker* der neuronalen Plastizität entdeckt werden, um neue therapeutische Ziele zu formulieren und neue Behandlungsansätze zur Zurückgewinnung der motorischen Kontrolle entwickeln zu können (Belardinelli et al., 2017).

2.2 MOTOR IMAGERY

Motor Imagery (MI), das Vorstellen einer Bewegung ohne aktive Ausführung, ist definiert als ein dynamischer Status, in dem ein Individuum mental eine vorgegebene Tätigkeit stimuliert (Lu et al., 2019; Machetanz, 2016). Somit wird die Repräsentation von Aktionen im Gedächtnis geübt, ohne dass die Bewegung tatsächlich ausgeführt wird (Wong et al., 2013). Dabei soll bei den Ausführenden das Gefühl geweckt werden, dass sie selbst die Aktion durchführen (Lu et al., 2019). MI-Techniken wie z. B. Spiegeltherapie, die auf motorischer Beobachtung und Vorstellung basieren, rufen die Kohärenz der kortikalen Aktivitäten mit den beobachteten oder vorgestellten Bewegungen hervor (Fuentes et al., 2018). Dies wird mit der Theorie der Spiegelneuronen untermauert (Fuentes et al., 2018).

In der Praxis werden mentale Ansätze wie MI als alternative Rehabilitationsstrategien zur Verbesserung der motorischen Performanz bei Betroffenen eines Schlaganfalls, die noch nicht das volle Bewegungsausmaß erreichen, angewendet (Wong et al., 2013). Dieser Ansatz ist auch bei schwer Betroffenen umsetzbar, da diese trotzdem in der Lage sind, sich Bewegungen der gelähmten OEX* vorzustellen (Lu et al., 2019). MI als nicht-invasiver Interventionsansatz kann durch mentale Übungen bei allen Stadien eines Schlaganfalls angewendet werden und somit die Zusammenarbeit derer Gehirnregionen, die für die Planung und Kontrolle von Bewegungen zuständig sind, fördern (Cicinelli et al., 2006;

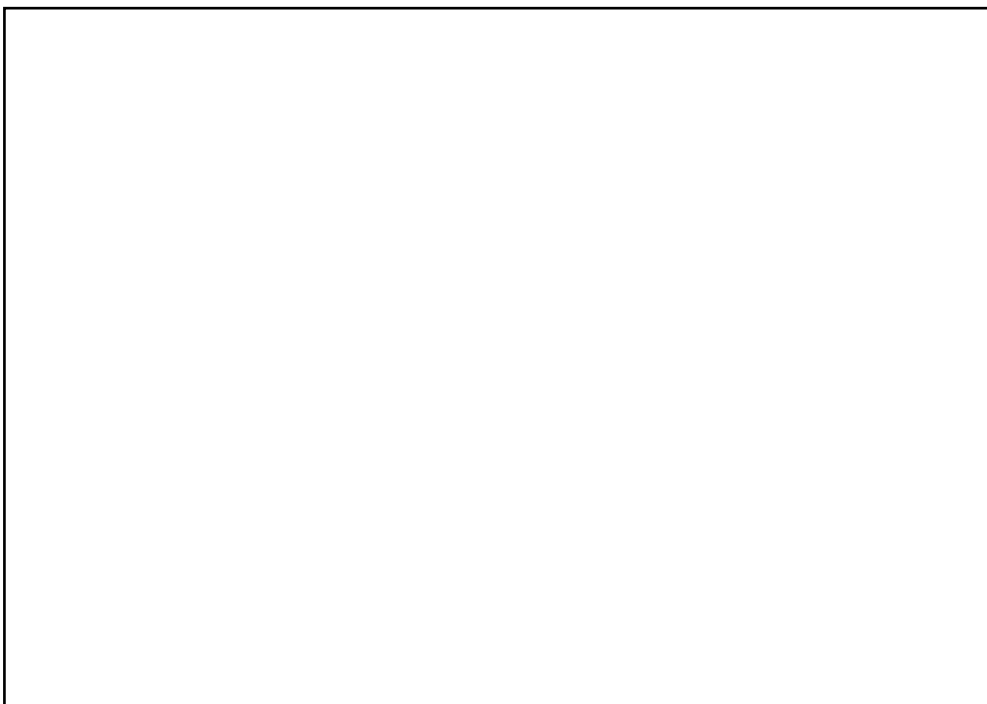
Prasad et al., 2010; Wong et al., 2013). MI bietet eine strukturierte und sinnvolle Möglichkeit für Bewegungswiederholungen ohne motorische Ausführung und kann die MR nach einem Schlaganfall verbessern, indem anwendungsabhängige plastische Veränderungen in der betroffenen Hemisphäre angeregt werden (Carvalho et al., 2019; Cincotti et al., 2012). Somit kann die Vernetzung von Gehirn und OEX* gefördert werden (Machetanz, 2016). Eine der Hauptschwierigkeiten bei MI ist die Sicherstellung der Adäquatheit der Ausführung der mentalen Aktivität, da das therapeutische Fachpersonal keinen Einblick in die Gedanken ihrer Klientel haben und diese kein Feedback auf die Ausführungsqualität des MIs erhält (Ang & Guan, 2013; Nicolas-Alonso & Gomez-Gil, 2012). Um die Fähigkeit des Lernens zu verbessern, ist aber ein Feedback notwendig, da Feedback ein Hauptaspekt des motorischen Lernens ist (Broetz et al., 2010; Kelley & McLaughlin, 2012; Prewett et al., 2006; Sutton & Barto, 1998; Wulf et al., 2002).

2.3. EEG - BASED BRAIN-COMPUTER INTERFACES

Bei EEG-basierten Brain-Computer Interfaces (EEG BCI) handelt es sich um computergestützte, interaktive Trainingsmethoden, die auf dem Prinzip des Neurofeedbacks (NFB) basieren. Mit Hilfe eines EEGs kann die Bewegungsabsicht des Gehirns erfasst werden, ohne dass tatsächlich eine Bewegung ausgeführt wird (Machetanz, 2016). Die gemessenen EEG-Signale können an ein Computersystem weitergeleitet werden, das die Signale auswertet, weiterverarbeitet und den Benutzenden ein Feedback gibt (siehe Abbildung 1). Die Gehirnsignale können direkt in Kontrollkommandos für externe Geräte umgewandelt werden (Kus et al., 2012; Shindo et al., 2011). BCI Systeme wurden als eine Alternative für Personen entwickelt, die mit ihrer Umwelt nur begrenzt über muskuläre Aktivitäten interagieren können (Tung et al., 2013). Möglichkeiten des Einsatzes von BCI Systemen sind die Anwendung in Robotic-unterstützten Orthesen, Kommunikationssystemen, Rollstühlen oder Entertainmenteinrichtungen (Broetz et al., 2010; Kus et al., 2012). In manchen Fällen, wenn das Feedback von externen Geräten gegeben wird, wird auch von Brain-Machine-Interface (BMI) oder im Falle einer Integration mit Robotic-Technologie von Brain-Robot-Interface (BRI) gesprochen. Es existieren BCI Systeme, die nicht auf Basis von EEG-Signalen arbeiten (Broetz et al., 2010). In neuen Ansätzen ist das Ziel des EEG BCIs nicht mehr nur die Kommunikation und Mobilität, sondern die Rehabilitation und neurophysiologische Regulation.

EEG BCI Systeme zielen direkt auf das zentrale Nervensystem (ZNS) ab. Sie messen bewegungsbezogene Signale des ZNS und bieten bedeutungsvolles Feedback, was die Neuroplastizität des motorischen Kortex fördert (Broetz et al., 2010; Cincotti et al., 2012; Shindo et al., 2011). Sie sind damit in der Lage, die neurologischen Verbindungen, die für das Geben von motorischen Outputs zuständig sind, zu umgehen (Shindo et al., 2011). Durch die Messung der Bewegungsabsicht und die Bewegungsausübung durch externe Effektoren werden neuronale Prozesse stimuliert und die Konnektivität der vom Schlaganfall geschädigten Gehirnareale wird gefördert (Várkuti et al., 2013). EEG BCI Systeme können die Bewegungsabsicht der Benutzenden aufnehmen und passiv umsetzen. Dies bietet auch für Personen mit sehr limitierten Willkürbewegungen die Möglichkeit, Bewegungsabläufe ausführen zu können (Machetanz, 2016). Somit können EEG BCI Systeme die Funktionen der OEX* bei Personen mit motorisch funktionellen Defiziten die Funktionen des motorischen Lernens wiederherstellen und somit die Lebensqualität* der Betroffenen verbessern (Mizuno et al., 2018; Shindo et al., 2011).

Abbildung 1



2.4 EEG-BASED BRAIN-COMPUTER INTERFACES ASSISTED MOTOR IMAGERY

Wie in Kapitel 2.2. erwähnt, limitieren die fehlenden Feedbackmöglichkeiten auf die Ausführungsqualität des MIs dessen therapeutische Wirksamkeit. Besonders für Personen, die keine aktiven Bewegungen ausführen können, sind die Möglichkeiten der Erhaltung von Feedback limitiert oder ausgeschlossen (Broetz et al., 2010). Mithilfe von EEG BCI Systemen kann das von Personen durchgeführte MI gemessen und so als Teil des Systems angewendet werden, wodurch den Personen ein Feedback auf ihre MI-Ausführung gegeben werden kann (Irimia et al., 2017; Prasad et al., 2010). Dadurch öffnet sich die Möglichkeit, MI durch EEG-basierte BCI Systeme in der Schlaganfallrehabilitation zu nutzen (Friesen et al., 2017).

EEG-based Brain-Computer Interface assisted Motor Imagery (EEG BCI MI) Systeme funktionieren, indem sie zuerst EEG-Signale messen, die Signale zweifach auswerten, unwichtige Signale ausfiltern und zuletzt die extrahierten Informationen für die Benutzenden auswerten (Cantillo-Negrete et al., 2018). Anschliessend kann auf verschiedene Arten ein Feedback über die MI-Qualität gegeben werden. Häufig wird das Feedback visuell über Computerprogramme oder -spiele und propriozeptiv über roboterbetriebene Orthesen oder Exoskelette, die die vorgestellte Bewegung ausführen, gegeben.

Naros und Gharabaghi (2015) schreiben, dass die Nutzung von EEG BCI MI Technologien mentales Training effektiver gestalten, das EEG BCI MI Interventionen eventuell die Responsivität des Gehirns auf nachfolgende Therapien erhöhen und dabei das allgemeine klinische Outcome erhöht werden kann. Zudem belegen Studien, dass die motorisch rehabilitativen Outcomes nach dem Training mit Robotic-unterstützten EEG BCI MI Systemen höher sind als nach einem Training, das sich nur auf Robotic stützt (Cantillo-Negrete et al., 2018).

EEG BCI MI Systeme können eine vielversprechende Option für die Wiederherstellung der motorischen Funktionen nach einem Schlaganfall sein, indem sie die Neuroplastizität des motorischen Kortex verbessern (Cincotti et al., 2012; Lu et al., 2019). Dies geschieht dadurch, dass durch das EEG BCI MI Training dieselben neuronalen Mechanismen aktiviert werden, die normalerweise durch willkürliche Bewegungen der Hand aktiviert werden (Remsik et al., 2016). Insbesondere bieten sie bei Personen mit schweren motorischen Einschränkungen eine vielversprechende Möglichkeit, das

Rehabilitationpotential in Bezug auf bessere funktionell motorische Einschränkungen zu verbessern (Lu et al., 2019). Laut Mizuno et al. (2018) empfehlen die Japanese Guidelines for the Management of Stroke (JGMS) und die American Heart Association/American Stroke Association (AHA/ASA) solche Rehabilitationstechniken in der Neurorehabilitation*. Da diese Systeme die Möglichkeit bieten, motorische Funktionen ohne physikalische Belastung für die Anwendenden zu verbessern, wird es als effektives therapeutisches Tool für die Rehabilitation für Personen mit Hemiplegien* oder Hemiparesen* nach einem Schlaganfall gesehen (Tsuchimoto et al., 2019).

2.5 ERGOTHERAPEUTISCHER BEZUG

Wie in Kapitel 1 erwähnt, ist die Ergotherapie entscheidend in der Rehabilitation von Betroffenen eines Schlaganfalls mit motorisch funktionellen Defiziten der OEX* involviert und hat zum Ziel, sie zu einem möglichst selbstständigen Leben zu befähigen. Durch die in den oberen Kapiteln beschriebenen Herausforderungen in der Rehabilitation dieser Personen muss die Ergotherapie laufend neue Interventionsansätze ergründen. Die bestehende Evidenz zeigt, dass EEG BCI MI Systeme ein Potential zur Funktionsverbesserung der OEX* nach einem Schlaganfall haben. Besonders bei schweren motorischen Einschränkungen bietet die Verbesserung der motorischen Performanz oftmals die Grundlage für ergotherapeutische Interventionen.

2.5.1 BEZUG AUF DAS OCCUPATIONAL THERAPY INTERVENTION PROCESS MODEL (OTIPM)

Das Occupational Therapy Intervention Process Model (OTIPM) ist ein ergotherapeutisches Prozessmodell, welches die Betätigung* ins Zentrum der ergotherapeutischen Arbeit stellt (Fisher, 2014). Dies entspricht dem heutigen ergotherapeutischen Paradigma. Der Prozess der Evaluations- und Zielsetzungsphase, Interventionsphase und Re-Evaluationsphase wird im OTIPM nach dem klientenzentrierten und betätigungsbasierten Topdown-Ansatz geleitet (Fisher, 2014). Nachfolgend ist in Abbildung 2 das OTIPM Prozessmodell mit den drei Phasen zu sehen.

Abbildung 2



Der ergotherapeutische Prozess beginnt mit der Evaluierung der Ressourcen und Einschränkungen der Personen im klientenzentrierten Performanzkontext durch Gespräche und Assessments*. Nach der Zieldefinierung steht dem ergotherapeutischen Fachpersonal für die Planung und Umsetzung von Interventionen vier Modelle zur Verfügung. Nach der Durchführung der Interventionen werden diese evaluiert. Die vier Interventionsmodelle (akquisitorisch, restitativ, edukativ und kompensatorisch) soll das ergotherapeutische Fachpersonal in seinem Denken und Handeln leiten. Mithilfe von EEG BCI MI Systemen können die motorischen Fertigkeiten Betroffenen eines Schlaganfalls funktionell trainiert werden. Deswegen sind diese Interventionen dem restitutiven Modell nach Fisher (2014) zuzuordnen.

2.5.1.1 RESTITUTIVES MODELL

Beim restitutiven Modell liegt der Fokus darauf, Körperfunktionen* oder personenbezogene Faktoren, wie bspw. Gewohnheiten oder Routinen, zu entwickeln, zu erhalten oder wiederzuerlangen. Dabei bezieht sich Fisher (2014) bzgl. der personenbezogenen Faktoren und Körperfunktionen* nach der internationalen Klassifikation von Funktionsfähigkeiten, Behinderung und Gesundheit (ICF). Im Anhang G befindet sich eine Übersicht über die personenbezogenen Faktoren und Körperfunktionen*. Das Ziel des restitutiven Modells ist die Verbesserung der Performanzfertigkeiten* einer angestrebten Betätigung* (Fisher, 2014). Eine Performanzfertigkeit wird als kleinste beobachtbare Einheit einer Handlung, wie bspw. Greifen, definiert. Eine Betätigung* besteht aus mehreren unterschiedlichen Performanzfertigkeiten* (Fisher, 2014). Beim restitutiven Interventionsansatz werden die für eine Betätigung* wichtigen Performanzfertigkeiten* und Körperfunktionen* separat in Form von unterschiedlichen Übungen regelmässig wiederholt und trainiert. Zum Beispiel wird das aufgaben*orientierte repetitive Training oft als funktionelles Training zur Behandlung von motorischen Einschränkungen der oberen Extremitäten* angewendet. Dies ermöglicht es den Betroffenen, bspw. die motorischen Funktionen der Hände zu verbessern (Wolf & Nilsen, 2017). Dieser Ansatz eignet sich insbesondere in der Therapie von Personen mit schweren funktionell motorischen Einschränkungen, da mit ihnen das Trainieren von alltagsbezogenen Funktionen oftmals nicht möglich ist. Das Trainieren der motorischen Funktionen anhand des restitutiven Modells bietet eine Grundlage, um in einem späteren Schritt die gewonnen motorischen Fertigkeiten in Betätigungen* weiter zu entwickeln.

3. BEGRÜNDUNG DER THEMENWAHL UND PROBLEMSTELLUNG

Wie in Kapitel 2 erwähnt, deutet die bestehende Evidenz stark darauf hin, dass EEG BCI MI Systeme eine Möglichkeit bieten, bessere funktionell motorische Outcomes für Betroffene eines Schlaganfalls mit motorisch funktionellen Defiziten der OEX* zu erwirken. Da ergotherapeutisches Fachpersonal oft an diesen Zielen, als Grundlage für die Verbesserung der Betätigungsperformanz* ihres Klientels, arbeiten, sehen die Autorinnen ein grosses Potential dieses Interventionsansatzes in der ergotherapeutischen Praxis.

Nach dem heutigen Stand gibt es noch keine Anwendung von EEG BCI MI Systemen in der Neurorehabilitation* bei Betroffenen nach Schlaganfall. Zudem gibt es kaum Evidenz bzgl. der Anwendbarkeit und über die Vorteile dieser Systeme in der ergotherapeutischen Praxis.

4. ZIELSETZUNG

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wird die bestehende wissenschaftliche Evidenz zum Einsatz von EEG BCI MI Systemen in der Schlaganfallrehabilitation für funktionell motorisch beeinträchtigte OEX* untersucht. Anhand von Primärliteratur wird aufgezeigt, inwiefern und in welchem Ausmass diese Interventionen die motorischen Outcomes für die Benutzenden verbessern und bei welcher Population die Interventionen angewendet werden können. Da die bestehende Evidenz keinen oder nur minimalen ergotherapeutischen Bezug aufweist, werden die Resultate anschliessend mit Hilfe des OTIPMs von Fisher (2014) auf die Ergotherapie übertragen. Zuletzt werden Empfehlungen für die ergotherapeutische Praxis und weitere Forschung formuliert.

5. FRAGESTELLUNG

Auf Basis der oberen Kapitel formulieren die Autorinnen folgende Fragestellung für diese Bachelorarbeit:

Können EEG-based Brain-Computer Interface assisted Motor Imagery Systeme als Ergänzung zur konventionellen Ergotherapie in der Neurorehabilitation zu einer messbaren motorischen Funktionsverbesserung der oberen Extremitäten bei Betroffenen eines Schlaganfalls mit motorisch funktionellen Defiziten beitragen?

6. METHODIK

In diesem Kapitel wird das methodische Vorgehen der vorliegenden Literaturlarbeit beschrieben. Die Keywords, die Ein- und Ausschlusskriterien, der systematische Suchvorgang, das Auswahlverfahren der Hauptstudien, das Evaluationsinstrument der Hauptstudien sowie der Einbezug des OTIPM werden im Detail erläutert.

6.1 LITERATURRECHERCHE

Die Beantwortung der Fragestellung erfolgt mittels eines Literaturreviews. Schlüsselwörter und Keywords wurden passend zur Fragestellung definiert. Schlagwörter wie MeSH Term oder CINAHL Headings werden in der Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1

Keywords

Elemente der Fragestellung	Kriterium		
	Suchbegriffe Deutsch	Keywords	Schlagwörter
Population	Erwachsene im mittleren/hohen Lebensalter	Adult, Middle age	MeSH: Middle aged, adult
Phänomen	Verbesserung motorische Funktion der hemiplegischen OEX	Hemiparetic, hemiparesis, hemiplegic Upper extremity	MeSH: Upper Extremity , Arm Cinahl Heading: Upper Extremity
Setting	Stationäre Neurorehabilitation nach Schlaganfall, Ergotherapie	Stroke rehabilitation, Neurorehabilitation, Occupational Therapy	MeSH: Stroke Cinahl Heading: Stroke/ RH
Intervention	Neurofeedback mit BCI/ BMI assisted MI	Neurofeedback, EEG Biofeedback Brain-Computer interface, Brain-Maschine Interface, Motor imager*	
Outcome	motorische funktionelle Verbesserung der OEX	motor*, function*	

Legende: OEX = obere Extremität, BCI = Brain-Computer-Interface, BMI = Brain Maschine Interface, MI = Motor Imagery, EEG = Elektroenzephalographie

Die Keywords wurden bei einer ersten Suche mit den Booleschen Operatoren (AND/OR) kombiniert. *Bsp.: Neurofeedback OR EEG Biofeedback AND Brain computer interface AND motor imagery AND stroke.*

Bei der zweiten Suche kamen Begriffe mit Trunkierungen (*) dazu, sowie Limitationen. *Bsp.: Exp stroke (MeSH) AND exp arm (MeSH) AND brain-computer interface OR brain-machine interface OR Neurofeedback AND function* OR motor* AND motor imager* Limit to last 10 years*

6.2 EIN- UND AUSSCHLUSSKRITERIEN

Die gefundenen Studien wurden anhand von Ein- und Ausschlusskriterien selektiert (siehe Tabelle 2). Um der Fragestellung gerecht werden zu können, wurden quantitative Studien berücksichtigt, die sich auf motorisch funktionelle Verbesserungen der OEX* fokussieren. Studien mit einem alleinigen Fokus auf neurophysiologischen, -anatomischen und -strukturellen Veränderungen wurden ausgeschlossen, da sie nicht zur Beantwortung der Fragestellung dienlich wären. Zudem wurden in einem weiteren Schritt alle Studien ausgeschlossen, die sich nicht auf EEG BCI MI Systeme fokussierten. Weiter wurden alle Studien ausgeschlossen, deren Stichprobe aus weniger als zehn Personen bestand, um eine gewisse Aussagekraft der Studien zu garantieren. Für die Auswahl der Hauptstudien wurden bewusst nur Studien mit Betroffenen nach Schlaganfall in einem akuten bzw. subakuten Zustand mit bestehenden motorisch funktionellen Defiziten verwendet. Um die Aktualität der Ergebnisse zu gewährleisten wurden Studien, die älter als zehn Jahre alt sind, ausgeschlossen.

Tabelle 2

Einschluss & Ausschlusskriterien

Kriterien	Ein- und Ausschlusskriterien	
	Einschlusskriterium	Ausschlusskriterium
Population	Erwachsenenalter MLA und HLA, nach Schlaganfall mit motorisch funktionellen Einschränkungen	StatusPädiatrie, psychische Grunderkrankungen, da nicht Interessensgebiet der Autorinnen
Massnahme	EEG-basierte BCI-MI Systeme, funktionell motorische Messungen	Biofeedback, BCI ohne MI
Setting	Stationäre Neurorehabilitation, Laborsetting	Akutsetting
Erscheinungsjahr	Ab 2010, neuste Entwicklung der Technik und Digitalisierung, Fortschritt in der Neurorehabilitation	Älter als 2010
Sprache	Englisch und Deutsch	andere

Legende: MLA = mittleres Lebensalter, HLA = hohes Lebensalter, EEG = Elektroenzephalographie, BCI = Brain- Computer-Interface, MI = Motor Imagery

6.3 VERWENDETE DATENBANKEN FÜR DIE LITERATURRECHERCHE

Für die systematische Literaturrecherche wurden die medizinischen Datenbanken CINAHL, Cochrane Library, Medline, Livio und Pubmed verwendet. Neben diesen wurde auch die Datenbank AMED, welche therapiespezifische Publikationen aufweist, verwendet. Zudem wurde die Suche auf die ergotherapeutische Datenbanken OTdBASE sowie OT Seeker und auf die physiotherapeutische Datenbank PEDro erweitert, um auf mehr Datenmaterial aus Studien zurückgreifen zu können. Eine ausführliche Darstellung der Suchmatrix befindet sich im Anhang F

6.4 SYSTEMATISCHE AUSWAHL DER STUDIEN

Im ersten Schritt wurden die Studien jeweils anhand des Titels aussortiert und anschliessend wurden die relevanten Studien beim Durchlesen des Abstracts beurteilt. Die Studien, die den Einschlusskriterien entsprachen, wurden vollständig gelesen. Das ganze Auswahlverfahren der Studien ist nachfolgend in Abbildung 3 schematisch dargestellt. Für einen besseren Überblick wurden die 16 gelesenen Studien in einer Tabelle im Anhang E einander gegenübergestellt. Das Ziel dieser Darstellung war, die verwendeten Assessments*, die Stichproben, sowie die Interventionen miteinander zu vergleichen, um die Gemeinsamkeiten der Studien zu eruieren und darzustellen. Jene Studien, die eine Vergleichsgrundlage boten und zur Beantwortung der Fragestellung der Bachelorarbeit beitragen können, wurden als Hauptstudien bestimmt (siehe Tabelle 3).

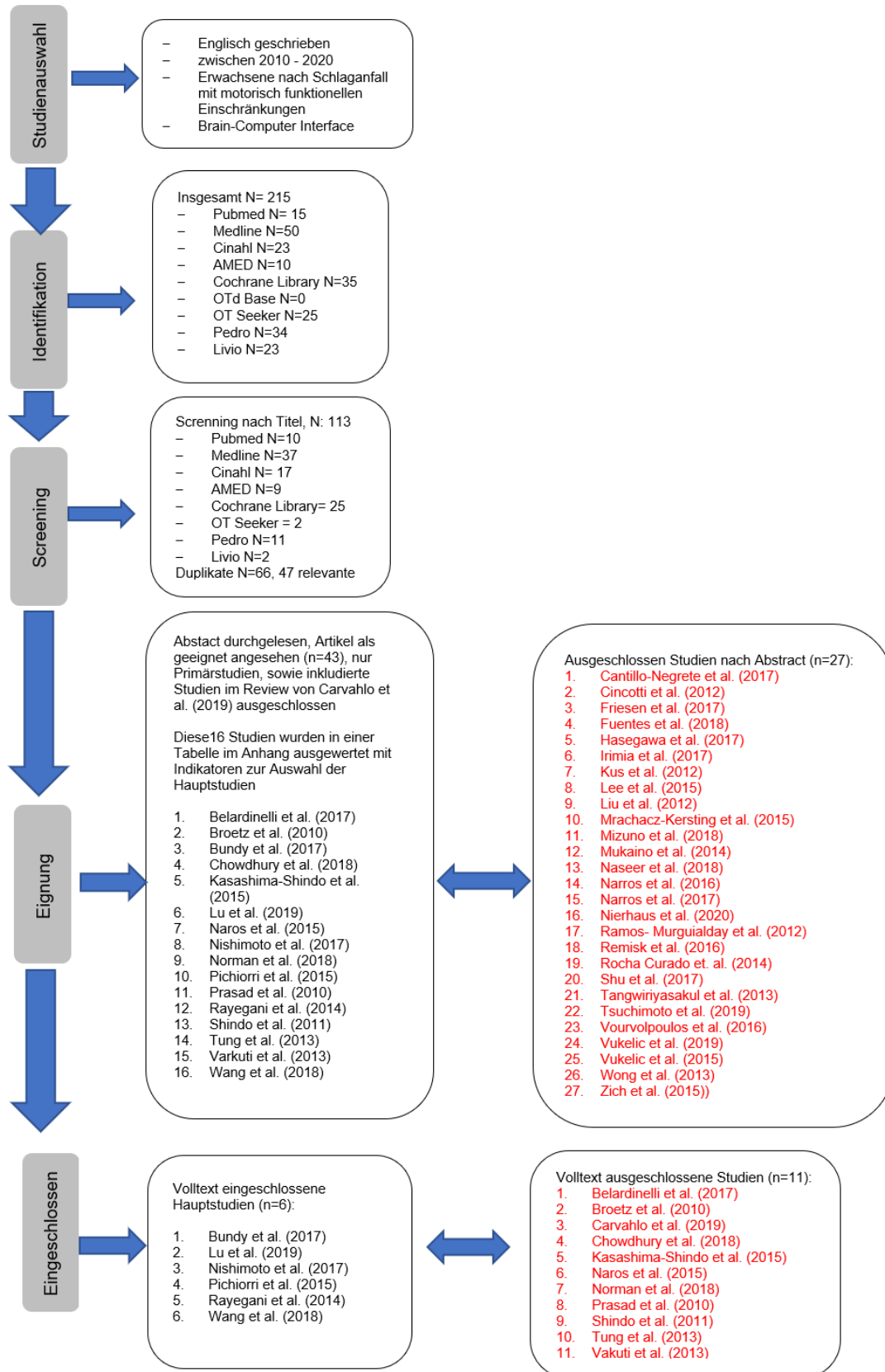
Tabelle 3

Auflistung der Hauptstudien

Nr.	Studie
Hauptstudie 1	Bundy et al. (2017)
Hauptstudie 2	Lu et al. (2019)
Hauptstudie 3	Nishimoto et al. (2017)
Hauptstudie 4	Pichiorri et al. (2015)
Hauptstudie 5	Rayegani et al. (2014)
Hauptstudie 6	Wang et al. (2018)

Abbildung 3

Flussdiagramm Auswahlverfahren: Mauve & Strehler (2020)



6.5 WEITERES VORGEHEN

Im Kapitel 7 werden alle sechs Hauptstudien anhand des Arbeitsinstrument Critical Appraisal (AICA) nach Ris & Preusse-Bleuler (2015) zusammengefasst und kritisch gewürdigt. Im Kapitel 8 werden die Ergebnisse diskutiert und in Bezug zum theoretischen Hintergrund und dem OTIPM gesetzt. Anschliessend wird die Fragestellung der Bachelorarbeit beantwortet. Im Kapitel 9 werden Empfehlungen für die ergotherapeutische Berufspraxis ausgesprochen, Limitationen genannt und Anregungen für weitere Forschung zu der Thematik gegeben.

7. ERGEBNISSE

Im Ergebnisteil dieser Arbeit werden alle Hauptstudien zusammengefasst und mittels der Gütekriterien gewürdigt (Tabellen 5, 7, 9, 11, 13, 15). Zu jeder Studie wird eine Tabelle mit den relevantesten Inhalten erstellt (Tabelle 4, 6, 8, 10, 12, 14). Die ausgefüllten AICA-Raster der Zusammenfassung und Würdigung der Studien nach Ris und Preusse-Bleuler (2015) sind im Anhang C zu finden. Tabelle 16 dient zur Übersicht aller Hauptstudien bezüglich der Würdigung. Die wichtigsten Angaben und Resultate aus den Hauptstudien werden in den Tabellen 17 - 21 einander gegenübergestellt. Eine Übersicht und Kurzerklärung zu den verwendeten Assessments* der Studien befindet sich im Anhang B. Im Anhang D ist zudem eine Abbildung zur Bestimmung des Evidenzniveaus nach Polit & Beck (2012) hinterlegt. Die Forschenden untersuchen in ihren Studien zusätzlich neurophysiologische, -anatomische und -strukturelle Veränderungen von BCI MI Interventionen. Die Autorinnen fokussieren sich in diesem Kapitel aber nur auf die Inhalte der Studien, die einen direkten motorisch funktionellen Bezug der OEX* aufweisen, um den Bezug zur Fragestellung zu gewährleisten.

7.1 DIFFERENTIATED EFFECTS OF ROBOT HAND TRAINING WITH AND WITHOUT NEURAL GUIDANCE ON NEUROPLASTICITY PATTERNS IN CHRONIC STROKE (WANG ET AL., 2018)

Die Studie von Wang et al. (2018) hat zum Ziel, mittels Training mit einem EEG BCI MI System langfristige motorisch funktionelle Verbesserungen in den OEX in der Population von Betroffenen nach Schlaganfalls mit motorisch funktionellen Defiziten in der Rehabilitationsphase zu erzielen.

7.1.1 ZUSAMMENFASSUNG DER STUDIE

Tabelle 4

Zusammenfassung der Studie Wang et al. (2018)

Kriterium	Bemerkung
Sample/Setting	Stichprobe 24 Teilnehmende
	Setting Laborsetting
Intervention	System Robot EEG-AO Gruppe: EEG BCI MI System mit Roboter-gestütztem Handtraining Robot non-EEG-Text Gruppe: Kein EEG BCI MI System
	Interventionsdauer Beide Gruppen: 20 Sitzungen, 3-5x pro Woche über 5-7 Wochen, in jeder Session 100 wiederholende Handbewegungen, nach allen 10 Wiederholungen eine Pause
	Aufgabe Robot EEG-AO Gruppe: MI von Greif- und Streckbewegungen der betroffenen Hand bei der Aktivität «Tasse ergreifen und loslassen» nach Videoinstruktionen Robot non-EEG-Text Gruppe: MI von Greif- und Streckbewegungen nach Textinstruktionen
	Feedback über MI-Qualität Robot EEG-AO Gruppe: Visuell über Monitor/Screening, Propriozeptiv durch Orthese Robot non-EEG-Text Gruppe: Kein Feedback
Messung	FMA-UE (3x, vor und nach der Intervention, sowie nach 6 Monate nach Interventionsabschluss)
Ergebnisse	Baseline keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen ($p=0,772$) im FMA-UE.
	Robot EEG-AO Gruppe signifikante Verbesserungen im FMA-UE ($p=0.022$) signifikante Verbesserungen von der 1. zur 2. Messung ($p=0.033$) und von der 1. zur 3. Messung ($p=0.014$), zwischen der 2. und 3. Messung liegt keine signifikante Verbesserung vor ($p=0.092$). Robot non-EEG-Text Gruppe keine signifikanten Verbesserungen im FMA-UE ($p=0.103$).

Legende: EEG = Electroencephalography, AO = Action Observation, MI = Motor Imagery, FMA-UE = Fugl-Meyer Assessment Upper Extremity

Bei der Studie handelt es sich um ein Pilot RCT. Die Forschenden inkludieren 24 Betroffene eines Schlaganfalls (20 Männer und vier Frauen) mit Hemiparesen* mit mittleren bis schweren motorisch funktionelle Einschränkungen der OEX* (Fugl-Meyer-Assessment (FMA < 47)). Die Teilnehmenden befinden sich im mittleren (MLA) bis hohem Lebensalter* (HLA) und erlebten erstmalige, unilaterale ischämische* und hämorrhagische* Schlaganfälle mit kortikalen und subkortikalen Läsionsorten. Die Zeit seit dem Ereignis Schlaganfall beträgt Minimum sechs Monate. Ausgeschlossen werden Teilnehmenden z. B. mit kognitiven Einschränkungen (Mini-Mental-Status-Examination (MMSE) < 21), Handspastik (Modified-Ashworth-Scale (MAS) > 3), orthopädischen Problemen in der betroffenen Hand und visuellen und neuropsychologischen Defiziten (Aphasie, Neglect und Apraxie). Zudem dürfen sie in dem Interventionszeitraum keine anderen Therapien erhalten. Die Teilnehmenden werden in eine Interventionsgruppe (Robot EEG-AO Gruppe) und eine Kontrollgruppe (Robot non-EEG-Text Gruppe) randomisiert. Als Messverfahren wird das Fugl-Meyer-Assessment for upper extremity (FMA-UE) für die Messung der sensomotorischen Funktionen eingesetzt und seine Minimal Clinically Important Difference (MCID) wird bei vier Punkten Abweichung festgelegt. Für die Berechnung der Langzeitveränderung in den FMA-UE Scores für jede Gruppe wird der Friedman Test angewendet und für die Berechnung der signifikanten Unterschiede zwischen den Studiengruppen der Non-Parametric Wilcoxon Signed-Rank Test. Zur Analyse der Basischarakteristiken (Zeit- und Gruppenfaktoren) wird der Scheier-Ray-Hare Test verwendet. Die Teilnehmenden erhalten 20 Sitzungen, drei bis fünf Mal pro Woche über sechs Wochen. In der Intervention wurde den Teilnehmenden der Robot EEG-AO Gruppe ein Video gezeigt, in der das Aufheben einer Tasse gezeigt wurde. Anschliessend stellten die Teilnehmenden sich diese Bewegung an ihrer betroffenen Hand vor und bei ausreichender MI-Qualität führte eine Orthese diese Bewegung aus. Die Kontrollgruppe führt anhand Textinstruktionen MI für Greif- und Steckbewegungen der betroffenen Hand aus und erhält kein Feedback auf die MI Qualität. Die Erhebung der Daten erfolgt vor und nach der Intervention sowie nach sechs Monate. Zu den wichtigsten Resultaten der Studie gehören die signifikanten Verbesserungen im FMA-UE in der Robot EEG-AO Gruppe ($p=0.022$) im Vergleich zur der Robot non-EEG-Text Gruppe, welche keine signifikante Verbesserung erzielen kann ($p=0.103$). Die Robot EEG-AO Gruppe zeigt vor allem signifikante Verbesserungen von der ersten zur zweiten

Messung ($p=0.033$) und von der ersten zur dritten Messung ($p=0.014$). Zwischen der zweiten und dritten Messung liegt keine signifikante Verbesserung vor ($p=0.092$).

7.1.2 KRITISCHE WÜRDIGUNG

Tabelle 5

Kritische Würdigung der Studie Wang et al. (2018)

Kriterium	Bemerkung
Objektivität	<p>Durchführungsobjektivität – Hoch</p> <p>Da die soziale Interaktion zwischen den Versuchsleitenden und Teilnehmenden minimal ist.</p> <p>Es werden keine Angaben wegen möglichen Verzerrungen der Forschenden auf die Intervention erwähnt.</p>
	<p>Auswertungsobjektivität – Moderat</p> <p>Da standardisierte Auswertungen sowie Verblindung von klinischen Begutachtenden angewendet wurden. Die Ergebnisse sind präzise, allerdings fehlen von zwei Teilnehmenden die Messwerte nach sechs Monaten nach Interventionsabschluss und dies wird nicht begründet.</p>
	<p>Interpretationsobjektivität – Moderat</p> <p>Da es eine grosse Breite an MCID Scores Definitionen gibt, was es schwierig macht, die signifikanten Abweichungen zu interpretieren. Da jedoch bei beiden Interventionsgruppe derselbe MCID verwendet wurde, kann dies vernachlässigt werden. Die Ergebnisse der EEG-AO Gruppe zwischen der zweiten und der dritten Messung werden nicht diskutiert.</p>
Reliabilität	<p>Datenerhebung - Moderat</p> <p>Da die Methoden der Datenerhebung bei allen Teilnehmenden gleich sind. Bei zwei der Teilnehmenden fehlen die Daten bezüglich der dritten Messung.</p>
	<p>Messinstrument – Hoch</p> <p>Da ein standardisiertes Messinstrument angewendet wurde. Der FMA-UE weist eine hohe Zuverlässigkeit auf.</p>
	<p>Datenanalyse – Moderat</p> <p>Da aufgrund der verwendeten statistischen Verfahren davon auszugehen ist, dass die Daten nicht normal verteilt sind. Die Höhe des Signifikanzniveaus ist durch die MCID festgelegt. Die Heterogenität der demografischen Angaben und Charakteristiken der Studienteilnehmenden (Läsionsseite, Zeit nach Ereignis usw.) könnten einen Einfluss auf die Ausführung des BCI MI und der Handrobotik haben, was nicht analysiert wurde.</p>
Validität	<p>Interne Validität – Moderat</p> <p>Da die Stichprobeziehung aus der Population nicht beschrieben wurde. Es fehlen auch Angaben zur Art der Randomisierung, da 13 Teilnehmende der Interventionsgruppe zugeteilt wurden und nur 11 der Kontrollgruppe. Die Datenerhebung ist für die Fragestellung nachvollziehbar. Für die Möglichkeit einer differenzierteren Interpretation wäre die Anwendung verschiedener Messinstrumente vorteilhaft gewesen. Es ist fraglich, ob die unterschiedlichen Interventionen Rückschlüsse auf die MR zulassen.</p>
	<p>Externe Validität – Gering</p> <p>Da durch die Durchführung im Laborsetting ein realitätsnahes Forschungssetting nicht gewährleistet ist. Die Ausschlusskriterien wirken sich negativ auf die Übertragbarkeit auf die Zielpopulation aus. Diese sind häufige</p>

Begleiterkrankungen bei mittel-schwer Betroffenen nach Schlaganfall und so ist die Stichprobe nur bedingt repräsentativ. Zudem rekrutierten die Forschenden nur aus der lokalen Gemeinschaft in Hong Kong, was eine globale Übertragung zusätzlich erschwert. Zudem sind deutlich mehr Männer als Frauen in der Stichprobe. Die Stichprobengrösse ist im Vergleich zur Zielpopulation zu klein.

Systematiken (Instrumente) zur Beurteilung der Güte der Forschungsstudien	Die Güte der Studie Moderat Evidenzniveau Level II nach Polit und Beck (2012), da es sich um eine randomisierte kontrollierte Studie handelt.
---	---

Legende: MCID = Minimal Clinically Important Difference, EEG = Electroencephalography, AO = Action Observation, BCI = Brain-Computer Interface, MI = Motor Imagery, FMA-UE = Fugl Meyer Assessment Upper Extremity

7.2 CONTRALESIONAL BRAIN–COMPUTER INTERFACE CONTROL OF A POWERED EXOSKELETON FOR MOTOR RECOVERY IN CHRONIC STROKE SURVIVORS (BUNDY ET AL., 2017)

Das Ziel der Studie von Bundy et al. (2017) ist, mithilfe eines EEG BCI MI Systems funktionell motorische Verbesserungen bei Betroffenen eines Schlaganfalls mit motorisch funktionellen Defiziten der OEX zu erreichen. Sie konzentrieren sich dabei auf den Einbezug der kontraläsionalen Seite und versuchen herauszufinden, inwiefern dies die MR der betroffenen Extremität beeinflussen kann. Sie entwickeln dafür ein EEG BCI MI System, dass die Studienteilnehmenden Zuhause anwenden.

7.2.1 ZUSAMMENFASSUNG DER STUDIE

Tabelle 6

Zusammenfassung der Studie Bundy et al. (2017)

Kriterium	Bemerkung
Sample/Setting	Stichprobe 10 Teilnehmende
	Setting Home-based Setting
Intervention	System EEG BCI MI System mit IpsiHand für Fingerextension- und flexion
	Interventionsdauer: 12 Wochen, min. 5x pro Woche, 10 Minuten /Tag Aufgabe Durchführung von Fingerextension und -flexion im 3 Finger Pinch Grip der unbetreffenen Hand, Durchführung von unilateralem und bilateralen MI der Fingerbewegungen Feedback bei ausreichender MI-Qualität Visuell über Monitor/Screening propriozeptiv durch Orthese, die die Bewegung der unbetreffenen Hand auf die betroffene überträgt
Messung	ARAT, COPM, Motoricity Index, MAS, GS & PS, aROM (z.T. alle 2 Wochen, ansonsten vor und nach Intervention)
Ergebnisse	ARAT Durchschnittliche Verbesserung um 6.2 Punkte (signifikant)
	MI ausschreiben signifikante Verbesserung (p=0.027)
	GS signifikante Verbesserung (p=0.046)
	COPM Signifikante Verbesserung in Performanz (p=0.022) und Zufriedenheit (p=0.031)
	Im aROM Keine signifikante Ergebnisveränderungen festgestellt
MAS keine signifikante Ergebnisveränderungen festgestellt. (p=0.875)	
PS	

keine signifikante Ergebnisveränderungen festgestellt ($p=0.125$)

Legende: BMI = Brain Machine Interface, MI = Motor Imagery, OEX = obere Extremität, BCI, ARAT = Action Research Arm Test, COPM = Canadian Occupation Performance Measure, MAS = Modified Ashwood Scale, GS = Grip strength, PS = Pinch Strength, aROM = Active Range of motion

Die Studie von Bundy et al (2017) ist eine selbst-kontrollierende Pilotstudie. Zusätzliche Informationen sind dem Zusatzmaterial der Studie zu entnehmen. Die Forschenden rekrutieren zehn Personen mit chronischen Hemiparesen* nach einem Schlaganfall mit mittleren bis schweren motorisch-funktionellen Einschränkungen der OEX*. Die Zeit seit dem Ereignis Schlaganfall beträgt im Minimum sechs Monate. Die Teilnehmenden dürfen keinen MAS-Wert höher als 1 bzgl. der Spastizität aufweisen und müssen das volle passive Rom (pROM) in Ellenbogen, Handgelenk und Daumen erreichen. Als Ausschlusskriterien werden sensorische, visuelle, kognitive und neurophysiologische Einschränkungen definiert. Als Messverfahren werden der Action Research Arm Test (ARAT: Arm-, Hand- und Greiffunktion), das Canadian Occupational Performance Measure (COPM: Betätigungsperformanz), der Motricity Index (MCI: Beweglichkeit und Kraft des Arms), der MAS (Spastizität), der Grip Strength (GS: Handkraft), Pinch Strength (PS: Fingerkraft) und das active Range of Motion (aROM: Bewegungsausmass) der MCPs von DIG II-V verwendet. Alle zwei Wochen werden die Daten von verblindetem ergotherapeutischem Fachpersonal erhoben. Das BCI System zeichnet die Tage und Zeit auf, in der die Teilnehmenden Zuhause trainieren. Für die Evaluation der statistischen Signifikanz der Ergebnisveränderungen beim ARAT, aROM, GS und PS werden Paired Sample t-Tests und beim COPM, MCI und MAS Signed-Rank Tests angewendet. Bei Interventionsbeginn werden ein EEG-Screening und die genannten Messungen durchgeführt. Anschliessend erfolgt die Anpassung eines Exoskeletts sowie die Schulung im Umgang mit dem EEG BCI MI System. Das EEG BCI MI Training wird zwölf Wochen mindesten fünf Mal pro Woche durchgeführt. Während der Intervention führen die Teilnehmenden Fingerextension und -flexion im drei Finger Pinch Grip der unbetroffenen Hand aus. Nach Durchführung von unilateralem und bilateralem MI führt das Exoskelett bei ausreichender MI-Qualität die Bewegungen der unbetroffenen Hand bei der betroffenen Hand durch. Zu den wichtigsten Resultaten der Studie gehören eine signifikante Durchschnittsverbesserung im ARAT um 6,2 Punkte, wobei sechs von zehn Teilnehmenden darüber liegen. Im MCI ($p=0.027$), GS ($p=0.046$), COPM (performance: $p=0.022$; satisfaction: $p=0.031$) und in

den Subscores Grip und Grasp des ARATs werden signifikante Verbesserung gemessen. Im aROM, MAS ($p=0.875$), PS ($p=0.125$) und den Subscores Pinch und Gross des ARATs werden keine Ergebnisveränderungen festgestellt.

7.2.2 KRITISCHE WÜRDIGUNG

Tabelle 7

Würdigung der Studie Bundy et al. (2017)

Kriterium	Bemerkung
Objektivität	Durchführungsobjektivität - Hoch Da die soziale Interaktion zwischen den Versuchsleitenden und Teilnehmenden minimal ist und als Setting das Home-based Setting gewählt wird. Verzerrungen und Einflüsse auf die Intervention werden beschrieben.
	Auswertungsobjektivität – Hoch Da verschiedene standardisierte Auswertungen sowie die Verblindung von klinischen Begutachtenden angewendet werden.
	Interpretationsobjektivität - Gering Da die grosse Breite an MCID Scores Definitionen es schwierig macht, die signifikanten Abweichungen zu interpretieren und es keine Vergleichsgruppe gibt. Zudem gibt es keine Angaben über die Ergebnisse der einzelnen Teilnehmenden, wodurch die Überprüfung nicht möglich ist.
Reliabilität	Datenerhebung - Moderat Da die Methoden der Datenerhebung bei allen Teilnehmenden gleich sind. Es gibt drei Drop-Outs, welche angegeben werden, es ist jedoch unklar ob drei Drop-outs die Ergebnisse beeinflussen.
	Messinstrumente - Hoch Da sich die Forschenden an standardisierte Protokolle bei der Durchführung des Pinch strength und des Grip Strength halten. Die anderen Messverfahren, ausser dem MAS, sind valide und reliabel. Aufgrund der grossen Bandbreite an Messverfahren fällt dies nicht ins Gewicht.
	Datenanalyse - Moderat Da die verwendeten statistischen Tests ausser beim ARAT dem Datenniveau entsprechen und eine Beurteilung erlauben. Die statistischen Angaben zum ARAT müssen kritisch überprüft werden, da die Signifikanz der Ergebnisveränderung mit einem paired-sample t-Test berechnet wurde. Diese Berechnung ist erst ab einer proportionalen Datenniveau zulässig und da der ARAT ein ordinales Datenniveau aufweist, ist diese Berechnung unangebracht. Die Heterogenität der demografischen Angaben und Charakteristiken der Studienteilnehmenden (Läsionsseite, Zeit nach Ereignis usw.) könnten einen minimalen Einfluss auf die Ausführung des BCI MI haben.
Validität	Interne Validität – Moderat Da die Stichprobeziehung aus der Population nicht beschrieben wird und unklar ist, ob sie randomisiert durchgeführt wird. Es gibt nur eine Studiengruppe. Die Anwendung verschiedener Messinstrumente erscheint deshalb vorteilhaft für

eine differenzierteren Interpretation. Es ist fraglich, ob die Intervention Rückschlüsse auf die MR zulassen, da nicht alle Ergebnisse signifikant sind.

Externe Validität - Gering

Da durch die Durchführung im Home-based Setting ein realitätsnahes Forschungssetting gewährleistet ist. Die Ausschlusskriterien wirken sich negativ auf die Übertragbarkeit auf die Zielpopulation aus. Die Forschenden geben nicht an, wie sie "mittlere bis schwere Einschränkungen" definieren, wodurch die Auswahl der Teilnehmenden nur begrenzt nachvollziehbar ist. Zudem weiss man nicht, von wo die Forschenden die Teilnehmenden rekrutiert haben, was eine globale Übertragbarkeit zusätzlich erschwert. Die Geschlechtsverteilung in der Stichprobe ist unklar. Die Stichprobengrösse ist im Vergleich zur Zielpopulation zu klein.

Systematiken (Instrumente) zur Beurteilung der Güte der Forschungsstudien	Die Güte der Studie Moderat Evidenzniveau Level II b nach Polit und Beck (2012), da es sich um eine self-controlled und prospektive Interventionstudie mit Vor- und Nachhermessungen handelt.
---	---

Legende: MCID = Minimal Clinically Important Difference, ARAT = Action Research Arm Test, BCI = Brain-Computer Interface, MI = Motor Imagery, MR = Motor Recovery

7.3 MOTOR IMAGERY BASED BRAIN-COMPUTER INTERFACE CONTROL OF CONTINUOUS PASSIVE MOTION FOR WRIST EXTENSION RECOVERY IN CHRONIC STROKE PATIENTS (LU ET AL., 2019)

Die Studie von Lu et al. (2019) hat zum Ziel, durch EEG BCI MI Interventionen eine motorisch funktionelle Verbesserung des Handgelenks von Betroffenen eines Schlaganfalls mit motorisch funktionellen Defiziten der OEX zu erreichen.

7.3.1 ZUSAMMENFASSUNG DER STUDIE

Tabelle 8

Zusammenfassung der Studie Lu et al. (2019)

Kriterium	Bemerkung
Sample/Setting	Stichprobe 21 Teilnehmende
	Setting Keine genauen Angaben
Intervention	System EEG BMI MI System mit unterstützender Unterarmorthese und motorbetriebene Handorthese zur Extension und Flexion des betroffenen Handgelenks
	Interventionsdauer 6 Wochen, 20 Sessionen, pro Session 10-minütiges Üben und 4 Runden CPM Training (jeweils 10 Minuten)
	Aufgabe Durchführung von MI von Handgelenksexension und -flexion der betroffenen Hand nach visueller Instruktion durch einen Monitor
	Feedback Visuell via Smileys auf einem Monitor Propriozeptiv mittels Handroboters, der das Handgelenk von 30° Flexion in 40° Extension bewegt Bei nicht-adäquater Ausführung vom MI automatische Bewegung des Roboters nach dreimaligen Fehlversuchen
Messung	ROM, mBI (2x, vor und nach der Intervention)
Ergebnisse	ROM 17 von 21 Teilnehmenden weisen eine Verbesserung nach 4 Wochen auf Im aktiven ROM erzielen sie eine durchschnittliche Verbesserung von 24.05 +- 14.46° (Flexion: 2.38 +-3.01° und Extension: 21.19 +- 14.04°)
	mBI Im mBI erzielen die Teilnehmenden eine nicht signifikante Verbesserung von 3.1 +- 4.02 Punkte

Legende: OEX = obere Extremität, BMI = Brain-Machine Interface, BCI = Brain-Computer Interface, MI = Motor Imagery, MCP = Metakarpophalangealgelenke, PIP = proximale Interphalangealgelenk, CPM = Continuos Passive Motion, mBI = Modified Barthel Index

Bei der Studie handelt es sich um eine Pilotstudie mit Vor- und Nachhervergleich. Für die Stichprobe werden 26 Betroffene eines Schlaganfalls (23 Männer und drei Frauen) im frühen Lebensalter* (FLA) bis HLA (17-77 Jahre) mit schweren funktionell motorischen Einschränkungen der OEX* rekrutiert. Es gibt fünf Drop-Outs. Die Zeit seit dem Ereignis Schlaganfall beträgt zwischen sechs bis 43 Monate und es werden Personen mit unilateralen ischämischen* oder hämorrhagischen* Schlaganfällen eingeschlossen. Als Ausschlusskriterien werden kognitive (MMSE < 26) und visuelle Einschränkungen und visuell sichtbare willkürliche Handgelenksexension definiert. Die Erhebung der Daten erfolgt durch einen verblindeten klinischen Begutachter vor und sechs Wochen nach der Interventionsdurchführung. Dafür wird als Messverfahren das Range of Motion (ROM) für das Bewegungsausmass und der modified Barthel Index (mBI) für die Erfassung des Selbstständigkeitsgrades eingesetzt. Für die Berechnung der Gruppenunterschiede wird der Mann-Whitney U Test durchgeführt, es wird jedoch nicht definiert, welche Variablen untersucht werden. Die Teilnehmenden werden vor Interventionsbeginn zwei Tage im Umgang mit dem EEG BCI MI System geschult. Die Intervention umfasst sechs Wochen Training mit 20 Sessionen. Jede Session besteht aus zwei Parts, einer EEG-Kalibrierung unter Supervision und einem EEG BCI MI betriebenen Continuous Passive Motion Training (CPM). Beim CPM Training werden die Teilnehmenden anhand von Pfeilen auf einem Monitor visuell angeregt, sich Handgelenksexension und -flexion der betroffenen Hand vorzustellen. Das Feedback über die Ausführungsqualität wird via Smileys auf einem Monitor und propriozeptives Feedback mithilfe eines CPM Handroboters vermittelt, der das Handgelenk von 30° Flexion in 40° Extension bewegt. Bei nicht-adäquater Ausführung vom MI bewegt sich das CPM nach dreimaligen Fehlversuchen automatisch. Im ROM weisen 17 von 21 Teilnehmenden eine Verbesserung nach 4 Wochen auf. Im aktiven ROM erzielen sie eine durchschnittliche Verbesserung von 24.05 +- 14.46° (Flexion: 2.38 +-3.01° und Extension: 21.19 +- 14.04°). Im mBI erzielen die Teilnehmenden eine nicht signifikante Verbesserung von 3.1 +- 4.02 Punkte. 80 % der Teilnehmenden zeigen Verbesserungen in der aktiven Handgelenksexension.

7.3.2 KRITISCHE WÜRDIGUNG

Tabelle 9

Kritische Würdigung der Studie Lu et al. (2019)

Kriterium	Bemerkung
Objektivität	Durchführungsobjektivität - Moderat Da das therapeutische Fachpersonal, das die Intervention durchführt, verblindet ist. Die Messungen werden von verblindetem ärztlichem Fachpersonal durchgeführt. Jedoch werden keine Angaben über mögliche Interaktionen der Messpersonen mit den Teilnehmenden gemacht.
	Auswertungsobjektivität - Moderat Da standardisierte Auswertungen vorgenommen werden. Jedoch wird nicht beschrieben, ob die Auswertungspersonen verblindet sind.
	Interpretationsobjektivität - Hoch Da festgelegt wird, ab wann die Ergebnisse als signifikant gelten. Mittelwerte und Standardabweichungen der Ergebnisse werden angegeben.
Reliabilität	Datenerhebung - Moderat Da die Datenerhebung komplett und bei allen Teilnehmenden gleich ist. Es gibt fünf Drop-Outs und es wird nicht beschrieben, ob die Drop-Outs die Ergebnisse beeinflussen.
	Messinstrumente - Moderat Da ROM und mBI standardisierte, reliable und valide Messinstrumente sind. Es gibt keine Angaben bzgl. der Durchführungsstandards, nach denen der ROM erhoben wird. Die Auswahl der Messinstrumente wird nicht begründet.
	Datenanalyse - Moderat Da die statistischen Verfahren sinnvoll angewendet werden. Es wird nicht angegeben, welche Variablen mit dem Mann-Whitney U Test untersucht werden.
Validität	Interne Validität - Moderat Da beschrieben steht, dass diese von den Forschenden überprüft wird. Die Rekrutierung der Stichprobe wird nicht beschrieben und somit ist unklar, ob sie randomisiert erfolgte. Die Intervention und Messungen finden in einem klinischen Setting statt. Die Studie wird nicht kontrolliert, da keine Kontrollgruppe erstellt wird.
	Externe Validität - Gering Da die Durchführung zwar im klinischen Alltagssetting stattfindet, die Stichprobe allerdings sehr klein ist. Durch die Ein- und Ausschlusskriterien wird sie stark eingrenzt und somit ist die Übertragbarkeit limitiert.
Systematiken (Instrumente) zur Beurteilung der Güte der Forschungsstudie	Güte der Studie Moderat Evidenzniveau Level II b nach Polit und Beck (2012), da es sich um eine prospektive Interventionsstudie mit Vor- und Nachhermessungen handelt.

Legende: ROM = range of motion, mBI = Modified Barthel Index

7.4 FEASIBILITY OF TASK-SPECIFIC BRAIN-MACHINE INTERFACE TRAINING FOR UPPER-EXTREMITY PARALYSIS IN PATIENTS WITH CHRONIC HEMIPARETIC STROKE (NISHIMOTO ET AL., 2017)

Das Ziel der Studie von Nishimoto et al. (2017) ist, mit einem neu entwickelten EEG BMI MI System die motorischen Funktionen bei Betroffenen eines Schlaganfalls mit motorisch funktionellen Defiziten der OEX zu verbessern. Die Forschenden konzentrieren sich auf aufgabenspezifische Greifbewegungen der betroffenen Hand und testen ihre Intervention in einem klinischen Alltagssetting, da sie davon ausgehen, dass Greifbewegungen in Kombination mit Armextension wichtig für die Ausführung von ADLs* sind.

7.4.1 ZUSAMMENFASSUNG DER STUDIE

Tabelle 10

Zusammenfassung der Studie Nishimoto et al. (2017)

Kriterium	Bemerkung
Sample/Setting	Stichprobe 24 Teilnehmende
	Setting Stationäre Neurorehabilitation
Intervention	System: EEG BMI MI System mit unterstützender Unterarmorthese und motorbetriebener Handorthese zur Extension aller MCPs und PIPs der betroffenen Hand
	Interventionsdauer 10 Tage lang, täglich eine Session (40min) und danach 40 min Ergotherapie
	Aufgabe 30 Stäbchen nacheinander mit der betroffenen Hand in der Orthese aufheben, anschliessend Durchführung von MI von Fingerextension oder -entspannung nach Instruktion durch einen Monitor
	Feedback über MI-Qualität Visuell über Monitor propriozeptiv durch Orthese, die die vorgestellte Bewegung ausführt und durch elektrische Stimulation
Messung	FMA-UE, MAL, Anzahl der korrekt ergriffenen Stäbchen, QUEST 2 (2x, vor und nach der Intervention)
Ergebnisse	FMA-UE Durchschnittliche Verbesserung um 3.3 Punkte
	MAL Grosse Verbesserung (d=0.88)
	Stäbchenanzahl Moderate Verbesserung (d=0.68)
	QUEST 2 Zufriedenheit in Bezug auf Gewicht, Umsetzbarkeit, Sicherheit und Effektivität des BMI Systems

Legende: OEX = obere Extremität, BMI = Brain-Machine Interface, MI = Motor Imagery, FMA-UE = Fugl-Meyer Assessment Upper Extremity, MAL = Motor Activity Log-14, QUEST 2 = Quebec User Evaluation of Satisfaction with assistive Technology 2.0, MCP = Metacarpophalangealgelenk, PIP = proximales Interphalangealgelenk

Bei der Studie handelt es sich um eine prospektiven vor- und nachher Studie. Für die Stichprobe werden aus 50 Personen 24 im Alter von 26-71 Jahre (MLA - HLA) der Rehaklinik des Keio University Hospitals rekrutiert. Es werden keine Angaben über die Geschlechterverteilung und über die Entstehungsgeschwindigkeit des Schlaganfalls gemacht. Die Zeit seit dem Ereignis Schlaganfall beträgt Minimum 180 Tage und es handelt sich um unilaterale subkortikale Schlaganfälle, die ischämisch* oder hämorrhagisch* bedingt sind. Sie sind links- oder rechtsseitig hemiparetisch betroffen und haben die Fähigkeit, ihre betroffene Hand auf Brusthöhe zu heben. Sie können jedoch keine aktive Fingerextension durchführen und zeigten nach einer Zeitspanne von 30 Tagen seit dem Schlaganfall keine neuen motorischen Verbesserungen. Als Ausschlusskriterien werden z. B. Schmerzen in den OEX*, epileptische Potentiale und kognitive Defizite (MMSE < 25) festgelegt. Als Messinstrumente werden der FMA-UE A-C und der MAL angewendet und die Daten werden jeweils vor- und nach Interventionsbeginn erhoben. Zusätzlich wird die Anzahl der korrekt in einer Minute aufgehobenen Stäbchen gemessen und das ergotherapeutische Fachpersonal in einem Fragebogen (QUEST 2.0) über ihre Zufriedenheit bezüglich des EEG BMI MI Systems befragt. Vor Interventionsbeginn wird ein EEG-Screening und ein BMI-Probetraining durchgeführt. Die Interventionsdauer beträgt zehn Tage (40 min/Tag) und alle Teilnehmenden erhalten zusätzlich täglich 40min konventionelle ET. Während der Intervention tragen die Teilnehmenden auf der betroffenen Seite eine stützende Unterarmorthese und eine motorbetriebene Orthese zur Durchführung der Extension aller MCPs und PIPs. Die Teilnehmenden haben die Aufgabe, 30 Stäbchen auf einem Tisch vor ihnen nacheinander mit dem betroffenen Arm in der Orthese aufzuheben. Ein Monitor gibt an, ob die Teilnehmenden sich die Fingerextension oder das Entspannen der betroffenen Hand vorstellen sollen (MI). Bei ausreichender MI-Qualität erfolgt das Feedback in visueller Form durch den Monitor und propriozeptiv mittels Bewegungsausführung der Orthese und elektrischer Stimulation des Extensor Digitorum Communis. Alle statistischen Analysen werden mit dem SPSS 21.0 durchgeführt. Es werden die Unterschiede der Ergebnisse vor und nach der Intervention mit dem Wilcoxon Signed-Rank Test und die Effektgrößen mittels Cohens Statistik berechnet. Der Mittelwert vom FMA-UE vergrößert sich um 3.3 Punkte (SD=2.9). Beim MAL (d=0.88) wird ein grosses Ergebnis gemessen. Bei dem FMA-UE (d=0,55), des FMA-UE A (d=0.51) und der Stäbchenanzahl (d=0.68) wird ein moderates Ergebnis gemessen. Beim FMA-UE C (d=0.3) wird ein kleines

Ergebnis gemessen. Das ergotherapeutische Fachpersonal äussert sich zufrieden in Bezug auf Gewicht, Umsetzbarkeit, Sicherheit und Effektivität des Programms. Die Ergebnisse werden zwar in einer Tabelle dargestellt, allerdings fehlen Angaben zu den einzelnen Studienteilnehmenden.

7.4.2 KRITISCHE WÜRDIGUNG

Tabelle 11

Kritische Würdigung der Studie Nishimoto (2017)

Kriterium	Bemerkung
Objektivität	Durchführungsobjektivität - Moderat Da die Fachpersonen, die die Messung durchführen, den Teilnehmenden gegenüber geblendet sind, jedoch keine Angaben über mögliche Interaktionen untereinander gemacht werden. Weitere mögliche Verzerrungen werden nicht erwähnt.
	Auswertungsobjektivität - Moderat Da standardisierte Auswertungen und verschiedene Messverfahren von geblendeten Fachpersonen verwendet werden, allerdings keine Daten zu den Ergebnissen der einzelnen Teilnehmer angegeben werden
	Interpretationsobjektivität - Moderat Da die Forschenden klinische Abweichungen, Signifikanzniveaus und Effektgrössen berechnen und festlegen. Die Messung der Anzahl der aufgehobenen Stäbchen ist kein standardisiertes Messverfahren und dadurch nur bedingt aussagekräftig. Es dient allerdings nur zur Untermalung der Ergebnisse des FMA-UE und des MAL. Die Ergebnisse werden zwar angegeben, doch sind sie für die Lesenden schwer interpretierbar.
Reliabilität (Zuverlässigkeit)	Datenerhebung - Hoch Da die Datenerhebung bei allen Teilnehmenden gleich erfolgt und sie für die Fragestellung der Studie nachvollziehbar ist. Es ist davon auszugehen, dass es keine Drop-Outs gibt.
	Messinstrument - Moderat Da der FMA-UE und MAL standardisierte, valide und reliable Messinstrumente sind. Die Messung der Anzahl der aufgehobenen Stäbchen ist kein standardisiertes Messverfahren und dadurch nur bedingt aussagekräftig. Es dient allerdings nur zur Untermalung der Ergebnisse des FMA-UE und des MAL.
	Datenanalyse - Hoch Da die verwendeten statistischen Verfahren den Datenniveaus entsprechen und mit einem PC-Programm durchgeführt werden. Es werden zudem Effektgrössen, Signifikanzniveaus und klinische Abweichungen berechnet.
Validität (Gültigkeit)	Interne Validität - Gering Da die Stichprobe nicht randomisiert ausgewählt wird, es keine Kontrollgruppe gibt und die Intervention und Messungen in einem klinischen Setting stattfindet. Zudem beträgt bei den Teilnehmenden die Zeit seit dem Ereignis Schlaganfall nur minimal 180 Tage, was einen Einfluss haben kann.
	Externe Validität - Gering

Da die Durchführung zwar im klinischen Alltagssetting stattfindet, aber die Stichprobe sehr klein ist, vorwiegend im MLA und durch die Ein- und Ausschlusskriterien stark eingrenzt wird und somit nicht allgemein übertragbar sind.

Systematiken (Instrumente) zur Beurteilung der Güte der Forschungsstudie	Güte der Studie Moderat Evidenzniveau Level II b nach Polit und Beck (2012), da es sich um eine prospektive Interventionsstudie mit Vor- und Nachhermessungen handelt
---	---

Legende: FMA-UE = Fugl-Meyer Assessment Upper Extremity, MAL = Motor Activity Log-14, MLA = mittleres Lebensalter, HLA = hohes Lebensalter

7.5 BRAIN-COMPUTER INTERFACE BOOSTS MOTOR IMAGERY PRACTICE DURING STROKE RECOVERY (PICHIORRI ET AL., 2015)

Die Studie von Pichiorri et al. (2015) hat zum Ziel, durch ein Training mit einem neu entwickelten EEG BCI MI System bessere funktionell motorische Ergebnisse für die Population von erstmalig Betroffenen eines Schlaganfalls mit motorisch funktionellen Defiziten der OEX erzielen zu können.

7.5.1 ZUSAMMENFASSUNG DER STUDIE

Tabelle 12

Zusammenfassung der Studie Pichiorri et al (2015)

Kriterium	Bemerkung
Sample/Setting	Stichprobe 28 Teilnehmende
	Setting Stationäre Neurorehabilitation
Intervention	System Interventionsgruppe: EEG BCI MI System Kontrollgruppe: Kein EEG BCI MI System
	Interventionsdauer: Beide Gruppen: 30 min 3x/Woche für 4 Wochen
	Aufgabe Beide Gruppen: MI von Greif- und Streckbewegungen der betroffenen und nicht-betroffenen Hand
	Feedback über MI-Qualität Interventionsgruppe: Visuell über virtuelles Interface, in dem virtuelle Hände die vorgestellten Bewegungen ausführt Kontrollgruppe: Kein Feedback
Messung	FMA-UE, NIHSS, MRC-Skala (2x, vor und nach der Intervention)
Ergebnisse	Baseline Keine Unterschiede zwischen den Gruppen
	FMA-UE, NIHSS und MRC-Skala Beide Gruppen signifikant höhere Ergebnisse in den drei Assessments
	Interventionsgruppe signifikant höhere Ergebnisse in allen Messungen als die Kontrollgruppe

Legende: OEX = obere Extremität, BCI = Brain-Computer-Interface, MI = Motor Imagery, FMA-UE = Fugl Meyer Assessment Upper Extremity, NIHSS = National Institute of Health Stroke Scale, MRC-Scale = Medical Research Council Scale

Bei der Studie handelt es sich um ein Pilot RCT. Zusätzliche Informationen zur Studie befinden sich im Zusatzmaterial der Studie. Für die Stichprobe werden 28 Personen im Alter von 34 - 82 Jahren (MLA - HLA) mit Hemiplegie* oder Hemiparese* nach einem Schlaganfall der Neurorehabilitationsklinik Santa Lucia in Rom rekrutiert. Die Zeit seit dem Ereignis Schlaganfall beträgt zwischen sechs Wochen und sechs Monaten. Bei den Schlaganfällen

handelt es sich um erstmalige, unilaterale subkortikale oder kortikale Schlaganfälle, die ischämisch oder hämorrhagisch* bedingt sind. Als Ausschlusskriterien werden die Greiffähigkeit der betroffenen Hand, einschränkende orthopädische Verletzungen, Spastizität der OEX* (MAS 4-5), kognitive Einschränkungen (MMSE < 24), Neglect, Aphasie und Apraxie definiert. Die Teilnehmenden wurden randomisiert in die Interventionsgruppe und Kontrollgruppe eingeteilt. Als Messinstrumente werden der FMA-UE, das NIHSS und der MRC-Skala verwendet. Die Daten werden vor- und nach der Interventionsdurchführung erhoben. Sie erhielten unabhängig von der Studie täglich ein ca. drei stündiges Rehabilitationsprogramm. Die Studieninterventionen beider Gruppen erstrecken sich über vier Woche 3x pro Woche für 30min. Die Interventionsgruppe absolviert ein EEG BCI MI Training, in dem ein Monitor die Teilnehmenden anleitete, sich Greif- und Streckbewegungen beider Hände vorzustellen. Bei ausreichender MI-Qualität erhalten sie ein visuelles Feedback durch ein visuelles Interface, das virtuelle Hände auf die abgedeckten Hände der Teilnehmenden projiziert, die die vorgestellten Bewegungen ausführen. Der Unterarm der Teilnehmenden wird währenddessen durch eine Orthese gestützt. Als BCI System wird das BCI2000 verwendet und die Intervention wird durch therapeutisches Fachpersonal instruiert, überwacht und begleitet. Die Kontrollgruppe absolviert ein MI Training ohne Feedback durch ein BCI System mit den gleichen Bewegungen und Räumlichkeiten wie die Interventionsgruppe. Mit dem Wilcox Matched Pairs Test werden die Veränderungen der Messergebnisse in beiden Gruppen untersucht. Die unabhängigen Co-Variablen zwischen den Gruppenveränderungen werden mittels t-Test untersucht. Die Forschenden definieren, ab wann die Ergebnisse der Messungen als signifikant gelten. Beide Gruppen zeigen im FMA, MRC-Scale und NIHSS signifikante Verbesserungen. Die Interventionsgruppe erzielt signifikant höhere Ergebnisse als die Kontrollgruppe im FMA (44 +-34.7 vs. 19.8 +- 19.8, p=0.03), in der MRC-Scale (36.8 +- 24.4 vs. 12.4 +- 16.2, p=0.004) und im NIHSS (11.5 +- 6.1 vs. 4 +-4.3, p=0.0009). In der Interventionsgruppe erzielten elf von 14 Teilnehmenden und in der Kontrollgruppe drei eine Verbesserung (mehr als sieben Punkte) im FMA.

7.5.2 KRITISCHE WÜRDIGUNG

Tabelle 13

Kritische Würdigung der Studie Pichiorri et al (2015)

Kriterium	Bemerkung
Objektivität	Durchführungsobjektivität - Moderat Da die Messinstrumente vom Forschungsteam angewendet werden, aber keine Angaben über mögliche Interaktionen mit den Teilnehmern gemacht werden. Es werden keine möglichen Verzerrungen auf die Intervention erwähnt.
	Auswertungsobjektivität – Moderat Da verschiedenen standardisierte Messungen ausgewertet werden, die klinischen Begutachter aber aus dem Forschungsteam stammen und nicht verblindet sind.
	Interpretationsobjektivität - Hoch Da die Forschenden festgelegt, ab wann die Ergebnisse als signifikant gelten. Zudem sind die erhobenen Daten vollständig und nachvollziehbar angegeben.
Reliabilität	Datenerhebung - Moderat Da die Datenerhebung bei allen Teilnehmenden gleich erfolgt ist und davon auszugehen ist, dass die vier Drop-Outs die Ergebnisse nicht beeinflussen.
	Messinstrument - Hoch Da die Messinstrumente standardisiert, valide und reliabel sind.
	Datenanalyse - Gering Da nicht klar beschrieben wird, welche unabhängigen Variablen mittels t-test untersucht werden und so nicht überprüfbar ist, ob die Berechnung angemessen ist. Zudem werden zu wenig Informationen zu den Daten angegeben, als das eine Beurteilung der statistischen Verfahren möglich wäre. Es werden keine standardisierten Berechnungen zur Erhebung des Signifikanzniveaus durchgeführt, sondern die Forschenden führen eigene Berechnungen zur Definition der Signifikanzschwelle durch, die nicht weiter begründet wird.
Validität	Interne Validität - Moderat Da die Studiengruppen randomisiert zugeteilt wird, die Stichprobe allerdings nicht randomisiert rekrutiert wird. Es wird eine Kontrollgruppe erstellt und die Anzahl der Teilnehmenden in den beiden Gruppen ist ausgewogen. Zudem finden die Intervention und die Messungen in einem klinischen Alltagssetting statt. Ausserdem werden nur Personen eingeschlossen, deren Schlaganfall nicht länger als sechs Monate her ist.
	Externe Validität - Gering Da die Intervention und Messung zwar in einem klinischen Alltagssetting stattfinden, die Stichprobe aber sehr klein ist und durch die Ein- und Ausschlusskriterien stark eingegrenzt wird.
Systematiken (Instrumente) zur Beurteilung der Güte der Forschungsstudie	Güte der Studie Moderat Evidenzniveau Level II a nach Polit und Beck (2012), da es sich um eine randomisierte kontrollierte Studie handelt

7.6 EFFECT OF NEUROFEEDBACK AND ELECTROMYOGRAPHIC-BIOFEEDBACK THERAPY ON IMPROVING HAND FUNCTION IN STROKE PATIENTS (RAYEGANI ET AL., 2014)

Die Studie von Rayegani et al. (2014) hat zum Ziel, herauszufinden, inwiefern EEG BCI MI Interventionen bei Betroffenen eines Schlaganfalls mit motorisch funktionellen Einschränkungen der OEX zu besseren funktionell motorischen Outcomes führen können. Um dies zu evaluieren vergleichen sie EEG BCI MI Interventionen mit EMG-Biofeedback Training und konventioneller Ergotherapie.

7.6.1 ZUSAMMENFASSUNG DER STUDIE

Tabelle 14

Zusammenfassung der Studie Rayegani et al. (2014)

Kriterium	Bemerkung
Sample/Setting	Stichprobe 30 Teilnehmende
	Setting Stationäre Neurorehabilitation
Intervention	System OTBF-Gruppe: Biofeedbacksystem mit Sensor am Abduktor Pollicis Brevis OTNF-Gruppe: EEG BCI MI System mit SMR Messungen OT-Gruppe: Kein System
	Interventionsdauer Alle 3 Gruppen: 60 min ET, 5x/Woche für 2 Wochen OTBF und OTNF Gruppen: 30 min, 5x/Woche über 2 Woche die jeweils zusätzliche Intervention
	Aufgabe OTBF-Gruppe: Willkürliche Abduktion des Daumens der betroffenen Hand OTNF-Gruppe: MI von Handbewegungen mit betroffener Hand OT Gruppe: Nur konventionelle ET
	Feedback über MI-Quailität OTBF Gruppe: Visuelles und auditives Feedback über die Abduktionsqualität über ein Computerspiel OTNF-Gruppe: Visuelles und auditives Feedback über MI-Qualität über ein Computerspiel OT-Gruppe: Kein Feedback
Messung	JHFT, Befragung über Zufriedenheit der Teilnehmenden mit der Intervention (2x, vor und nach der Intervention)
Ergebnisse	JHFT Signifikante Verbesserungen bei allen Teilnehmenden in allen 3 Gruppen Keine signifikanten Unterschiede zwischen den 3 Gruppen
	Zufriedenheit mit Intervention 60% der OTBF und OTNF Gruppen sind mit der Intervention zufrieden 40% der OT Gruppe sind mit der Intervention zufrieden

Legende: EEG = Elektroenzephalographie, BCI = Brain-Computer Interface, MI = Motor Imagery, OTBF = Occupational Therapy Biofeedback, OTNF = Occupational Therapy Neurofeedback, OT = Occupational Therapy, SMR = Sensomotorischer Rhythmus, ET = Ergotherapie, JHFT = Jebsen Hand Function Test

Bei der Studie handelt es sich um ein Pilot RCT. Für die Stichprobe werden 35 Personen (17 Männer und 13 Frauen) mit rechtsseitigen Hemiparesen* nach einem Schlaganfall im Alter von 35-55 Jahren (MLA – HLA) des Shohada Hospitals in Teheran rekrutiert, von denen 30 die Studie abschliessen. Die Stichprobe wird durch Non-Probability Sampling gezogen. Die Zeit seit dem Ereignis Schlaganfall beträgt drei bis zwölf Monat. Es werden keine Angaben über die Entstehungsgeschwindigkeit und Lokalisation der Läsion gemacht. Die Teilnehmenden müssen eine gute MR (Brunnstroms Stage of MR 4-5), gute Rumpfstabilität und die Fähigkeit zum teilweise willkürlichen Greifen mit der betroffenen Hand vorweisen. Als Ausschlusskriterien werden kognitive Einschränkungen, sensomotorische Einschränkungen in den OEX*, vorherige Erhalt von ergotherapeutischen Leistungen und orthopädische Probleme, die die Umsetzbarkeit der ET gefährden würden, definiert. Die Stichprobe wird durch die Block Covariate Adaptive Randomization Method randomisiert und zahlenmässig ausgeglichen in drei Studiengruppen unterteilt (nur ET (OT), ET und EMG-BF (OTBF) und ET und NFT (OTNF)). Als Messinstrumente wird der Jebsen Hand Function Test (JHFT: Arm- und Handfunktion). Zusätzlich werden Befragungen bezüglich der Zufriedenheit der Teilnehmenden mit der Intervention durchgeführt. Die drei Interventionsgruppen erhalten fünf Mal die Woche für zwei Wochen 60min ET. Die OTNF und die OTBF Gruppen erhalten zusätzlich täglich ein 30minütiges Interventionstraining. Die OTBF-Gruppe hat zur Aufgabe, willkürliche Abduktionen des Thenar-Muskels auszuführen, was durch einen Sensor am Abductor Pollicis Brevis gemessen wird. Anschliessend erhalten die Teilnehmenden mittels eines Computerspiels visuelles und auditives Feedback zur Qualität der Abduktion. Die OTNF-Gruppe hat die Aufgabe, sich Aktivitäten wie das Aufheben von kleinen Gegenständen mit der betroffenen Hand vorzustellen (MI). Mittels eines Computerspiels eines EEG BCI MI Systems erhalten sie visuelles und auditives Feedback zur Qualität der MI. Die Forschenden führen einen Shapiro Wilks Normality Test durch und stellen fest, dass ihre Daten nicht normal gewertet werden können und führen deswegen nicht-parametrische Tests durch. Zur statistischen Datenanalyse wird das Programm IMG SPSS 18.0 genutzt. Die Forschenden führen den Kruskal-Wallis Test zur Evaluierung des Vergleichsbedarf der zwei unabhängigen Variablen und den Spearman Nonparametric Correlation Test zur Messung der Stärke und Richtung der Assoziation zwischen den beiden Variablen durch. Mittels des Wilcoxon Signed-Rank Test werden die Ergebnisse des JHFT in jeder Gruppe vor und

nach der Intervention untersucht. Bei allen drei Gruppen werden signifikante Verbesserungen im JHFT gemessen. Die Teilnehmenden der OT Gruppe verbessern sich von 175s auf 141s ($p=0,02$), die der OTNF-Gruppe von 158s auf 120s ($p=0.018$) und die der OTBF-Gruppe von 165s zu 125s ($p=0.002$). In den OTBF und OTNF Gruppen äussern 60 % der Teilnehmenden Zufriedenheit mit der Intervention, jedoch nur 40 % der Teilnehmenden in der OT Gruppe.

7.6.2 KRITISCHE WÜRDIGUNG

Tabelle 15

Kritische Würdigung der Studie Rayegani et al (2014)

Kriterium	Bemerkung
Objektivität	Durchführungsobjektivität - Moderat Da das therapeutische Fachpersonal, das die Intervention durchführte, verblindet ist. Es wurden keine Angaben über mögliche Interaktionen der Messpersonen mit den Teilnehmenden getroffen. Die Räumlichkeiten für die Intervention sind bei den drei Gruppen gleich.
	Auswertungsobjektivität - Moderat Da eine standardisierte Auswertung vorgenommen wird. Jedoch wird nicht beschrieben, ob die Auswertungspersonen verblindet sind.
	Interpretationsobjektivität - Gering Da das Signifikanzlevel festgelegt wird, die nicht-signifikanten Ergebnisse werden von den Forschenden nicht diskutiert. Die Interpretation der Forschenden, dass Biofeedback und Neurofeedback einen positiven Effekt gegenüber konventioneller ET aufweist, wird damit begründet, dass sich die SMR Modulation durch NFT und das APB Muskel im EMG-BF signifikant verbessert haben. Da das primäre Outcome dieser Studie durch den JHFT erhoben wurde, steht diese Aussage im Kontrast zum nicht signifikanten Gruppenunterschied im JHFT. Es ist nicht nachvollziehbar, ob die Verbesserungen im JFHT der OTNF und OTBF Gruppe aus den Studieninterventionen resultieren oder auch mit der konventionellen Ergotherapie hätten erreicht werden können.
Reliabilität	Datenerhebung – Moderat Da die Datenerhebung komplett und bei allen Teilnehmenden gleich ist und davon auszugehen ist, dass die Drop-Outs die Ergebnisse nicht beeinflussen.
	Messinstrumente - Moderat Da der JHFT ein standardisiertes, reliables und valides Messinstrument ist, allerdings nur ein Messinstrument angewendet wird.
	Datenanalyse - Hoch Da die Verfahren der Datenanalyse klar beschrieben werden und geeignete statistischen Verfahren angewendet werden.
Validität	Interne Validität - Moderat

Da die Zuteilung der Teilnehmenden in die drei Interventionsgruppen durch die Block-Covariate-Adaptive-Randomization Methode randomisiert wird, die Rekrutierung der Stichprobe allerdings nicht.

Externe Validität - Gering

Da die Durchführung zwar im klinischen Alltagssetting stattfindet, aber die Stichprobe sehr klein ist und durch die Ein- und Ausschlusskriterien stark eingrenzt wird und somit nicht allgemein übertragbar sind. Die Schlaganfälle der Teilnehmenden sind maximal ein Jahr her.

Systematiken (Instrumente) zur Beurteilung der Güte der Forschungsstudie	Güte der Studie Moderat Evidenzniveau Level II a nach Polit und Beck (2012), da es sich um eine randomisierte kontrollierte Studie handelt.
--	---

Legende: ET = Ergotherapie, SMR = Sensomotorischer Rhythmus, NFT = Neurofeedbacktraining, APB = Abduktor Pollicis Brevis, EMG-BF= Elektromyografie Biofeedback, JHFT = Jebsen Hand Function Test, OTBF = Occupational Therapy Biofeedback, OTNF = Occupational Therapy Neurofeedback, MLA = mittleres Lebensalter, HLA = hohes Lebensalter

7.7 ZUSAMMENFASSUNG DER WÜRDIGUNGEN DER INKLUDIERTEN STUDIEN

In dem Kapitel erfolgt zugunsten einer besseren Übersicht eine tabellarische Zusammenfassung der kritischen Würdigung der sechs Hauptstudien.

Tabelle 16

Zusammenfassung der Würdigungen der inkludierten Studien

Gütekriterium	Studie					
	Wang et al. (2018)	Bundy et al. (2017)	Lu et al. (2019)	Nishimoto et al. (2017)	Pichiorri et al. (2015)	Rayegani et al. (2014)
Objektivität	✓	(✓)	(✓)	✓	✓	(✓)
Reliabilität	✓	✓	(✓)	✓	(✓)	✓
Validität	(✓)	(✓)	✓	x	(✓)	(✓)
Evidenzniveau	II a	II b	II b	II b	II a	II a

Legende: ✓ = erfüllt, (✓) = teilweise erfüllt, x = nicht erfüllt

7.8 ÜBERSICHT UND GEGENÜBERSTELLUNG DER INKLUDIERTEN STUDIEN

In diesem Kapitel erfolgen zugunsten einer besseren Übersicht tabellarische Darstellungen der Inhalte der sechs Hauptstudien.

Tabelle 17

Gegenüberstellung der Hauptstudien bezüglich Studiendesign, Setting und Ziel der Hauptstudien

Kriterium	Studie					
	Wang et al. (2018)	Bundy et al. (2017)	Lu et al. (2019)	Nishimoto et al. (2017)	Pichiorri et al. (2015)	Rayegani et al. (2014)
Land Ort der Durchführung	China, HongKong k. A.	USA Im Zuhause der Teilnehmenden	China, Shanghai k. A.	Japan, Keio Rehaklinik des Keio University Hospitals	Italien, Rom Neuroreha Santa Lucia, Rom	Iran, Tehran Rehaklinik des Shohada- Hospitals
Studiendesign	Pilot RCT Prospektiv Interventionsstudie mit Vor- und Nachher- messungen	Self-control study Prospektive Interventionsstudie mit Vor- und Nachher- messungen	Pilotstudie Prospektive Interventionsstudie mit Vor- und Nachher- messungen	Pilotstudie Prospektive Interventionsstudie mit Vor- und Nachher- messungen	Pilot RCT Prospektive Interventionsstudie mit Vor- und Nachher- messungen	Pilot RCT Prospektive Interventionsstudie mit Vor- und Nachher- messungen
Setting	Laborsetting	Home-based Setting	k. A.	Stationäre Neurorehabilitation	Stationäre Neurorehabilitation	Stationäre Neurorehabilitation
Ziel der Studie →Bezogen auf motorisch funktionelle Verbesserungen der OEX	Mittels eines EEG BCI MI System messbare, langfristige motorisch funktionelle Verbesserungen in den OEX von Betroffenen eines Schlaganfalls mit motorisch funktionellen Defiziten in der Rehabilitationsphase zu erzielen	Mittels eines EEG BCI MI Systems funktionell motorische Verbesserungen bei Betroffenen eines Schlaganfalls mit funktionellen Defiziten der OEX zu erreichen; Einbezug der kontraläsionalen Hemisphäre	Mittels eines EEG BCI MI Systems eine motorisch funktionelle Verbesserung des Handgelenks von Betroffenen eines Schlaganfalls mit funktionellen Defiziten der OEX zu erreichen	Mittels eines EEG BMI MI Systems die funktionell motorischen Funktionen bei Betroffenen eines Schlaganfalls mit motorisch funktionellen Defiziten der OEX zu verbessern	Mittels eines EEG BCI MI Systems signifikant bessere funktionell motorisch Funktionen der OEX von Betroffenen eines Schlaganfalls zu erzielen	Der Einsatz von Biofeedback und EEG BCI MI Systemen können zur Verbesserung der motorisch funktionellen Handfunktionen von Betroffenen eines Schlaganfalls beitragen.

→ Bezogen auf neurophysiologische Veränderungen im ZNS	Zwei Neurobildungsmodalitäten (EEG und fMRI), um die Veränderungen der Neuroplastizität zu bewerten	Eine Neurobildungsmodalität (EEG), um die Beziehung zwischen der Aktivierung des ipsilateralen Kortex und dem daraus resultierenden sensorischen Feedback zu analysieren	Eine Neurobildungsmodalität (EEG), um die EEG-Kontrollfähigkeit und das EEG-Muster vor und nach dem Eingriff zu vergleichen	Eine Neurobildungsmodalität (EEG), um die Aktivität des ipsiläsionalen SMR während dem aufgabenorientierten Training zu bewerten	Eine Neurobildungsmodalität (EEG), um Veränderungen relevanter EEG-Leistungsschwankungen und Veränderungen in den EEG-abgeleiteten Konnektivitätsmustern in Ruhe zu analysieren	Eine Neurobildungsmodalität (EEG), um die Aktivität des ipsiläsionalen SMR während dem Neurofeedback zu analysieren
--	---	--	---	--	---	---

Legende: k. A = keine Angaben, RCT = randomized controlled trial, BCI = Brain-Computer Interface, MI = Motor Imagery, OEX = obere Extremität, MR = Motor Recovery, CMP = continuous passive motion

Tabelle 18

Gegenüberstellung der Hauptstudien bezüglich Stichprobe und Charakteristiken

Kriterium	Studie					
	Wang et al. (2018)	Bundy et al. (2017)	Lu et al. (2019)	Nishimoto et al. (2017)	Pichiorri et al. (2015)	Rayegani et al. (2014)
Stichprobengrösse	24	10	21	26	28	30
Zielpopulation	Betroffenen eines Schlaganfalls mit motorisch funktionellen Defiziten	Betroffene eines Schlaganfalls mit mittleren bis schwere motorisch funktionelle Defizite der OEX	Betroffene eines Schlaganfalls mit motorischen Defiziten der Handgelenks- und Fingerfunktionen	Betroffene eines Schlaganfalls mit motorisch funktionellen Defiziten der OEX in einem Rehabilitations-setting	Erstmalig Betroffene eines Schlaganfalls mit motorisch funktionellen Defiziten der OEX in einem Rehabilitations-setting	Betroffene eines Schlaganfalls mit motorisch funktionellen Defiziten der OEX in einem Rehabilitations-setting
Geschlechterverteilung	20 Männer und vier Frauen	k. A.	23 Männer und drei Frauen	k. A.	k. A.	17 Männer und 13 Frauen
Entstehungsgeschwindigkeit	k. A.	Akute und subakut	k. A.	k. A.	subakut	k. A.
Art des Schlaganfalls	Erstmalig unilateral	unilateral	unilateral	unilateral	Erstmalig unilateral	k. A.
Ausmass des Schlaganfalls	Ischämisch oder hämorrhagisch	ischämische oder hämorrhagisch	Ischämisch oder hämorrhagisch	Ischämisch oder hämorrhagisch	Ischämisch oder hämorrhagisch	k. A.
Läsionsort	Kortikal oder subkortikal	k. A.	k. A.	subkortikal	Kortikal oder subkortikal	k. A.
Betroffene Extremität	k. A.	Links oder rechts	Links oder rechts	Links oder rechts	k. A.	rechts

Zeit nach Ereignis	Minimum 6 Monate	zwischen 6 Monate bis 23 Jahre	6 bis 43 Monate	Minimum 180 Tage	6 Wochen bis 6 Monate	3 bis 12 Monate
Motorisch funktionelle Einschränkung	Hemiparese, moderate bis schwere Einschränkungen der OEX (FMA-UE < 47)	Chronische Hemiparese	Chronifizierte schwere funktionell motorische Einschränkungen	Hemiparese, Fähigkeit, Hand bis auf Brusthöhe zu heben Keine aktive Fingerextension	Hemiplegie oder Hemiparese	Hemiparese
Durchschnittsalter	MLA bis HLA (30-65 Jahre)	MLA bis HLA (41-72 Jahre)	FLA bis HLA (17-77 Jahre)	MLA – HLA (26-71 Jahre)	MLA – HLA (34-82 Jahre)	MLA (35-55 Jahre)
Zusätzliche Therapien	Keine	Keine	Keine	Täglich 40 min konventionelle Ergotherapie, Therapien der Rehabilitationsklinik	Täglich 3 stündiges konventionelles Rehabilitationsprogramm der Rehabilitationsklinik	60 min Ergotherapie 5x/Woche für 2 Wochen

Legende: k. A.= keine Angaben, OEX = obere Extremität, FMA-UE = Fugl Meyer Assessment Upper Extremity, MLA = mittleres Lebensalter, HLA = hohes Lebensalter, MI = Motor Imagery, BCI = Brain-Computer Interface

Tabelle 19

Gegenüberstellung der Hauptstudien bezüglich BCI Systeme und Studieninterventionen

Kriterium	Studie					
	Wang et al. (2018)	Bundy et al. (2017)	Lu et al. (2019)	Nishimoto et al. (2017)	Pichiorri et al. (2015)	Rayegani et al. (2014)
BCI/BMI System	Robot EEG-AO Gruppe: EEG BCI MI System mit Roboter-gestütztem Handtraining	EEG BCI MI System mit IpsiHand für Fingerextension- und flexion	EEG BMI MI System mit unterstützender Unterarmorthese und motorbetriebene Handorthese zur Extension und Flexion des betroffenen Handgelenks	EEG BMI MI System mit unterstützender Unterarmorthese und motorbetriebene Handorthese zur Extension aller MCPs und PIPs der betroffenen Hand	Interventionsgruppe: EEG BCI MI System mit visuellem Interface Kontrollgruppe: Kein EEG BCI MI System	OTBF Gruppe: Biofeedback System mit Sensor am Abduktor Pollicis Brevis OTNF Gruppe: EEG BCI MI System über SMR Messungen OT Gruppe: Kein System
Interventionsintensität	Beide Gruppen: 20 Sitzungen, 3-5x pro Woche über 5-7 Wochen, in jeder Session 100 wiederholende Handbewegungen	Interventionsdauer: 12 Wochen, min. 5x pro Woche, 10min /Tag	6 Wochen, 20 Sessionen, pro Session 10-minütiges Üben und 4 Runden CPM Training (jeweils 10 Minuten)	10 Tage lang, pro Tag eine Session (40min. EEG BCI MI Training) und danach	Beide Gruppen: 30 min 3x/Woche für 4 Wochen	Alle 3 Gruppen: 60 min ET, 5x/Woche für 2 Wochen OTBF und OTNF Gruppen: 30 min, 5x/Woche über 2 Woche die jeweils zusätzliche Intervention
Aufgabenstellung	Robot EEG-AO Gruppe: MI von Greif- und Streckbewegungen der betroffenen Hand	Durchführung von Fingerextension und flexion im 3 Finger Pinch Grip der unbetroffenen Hand,	Durchführung von MI - von Handgelenksexten-sion und -flexion der betroffenen Hand	30 Stäbchen nacheinander mit der betroffenen Hand in der Orthese aufheben,	Beide Gruppen: MI von Greif- und Streckbewegungen der betroffenen und	OTBF-Gruppe: Willkürliche Abduktion des Daumens der betroffenen Hand

	bei der Aktivität «Tasse ergreifen und loslassen» nach Videoinstruktionen	Durchführung von unilateralem und bilateralem MI der Fingerbewegungen	nach visueller Instruktion durch einen Monitor	anschliessend Durchführung von MI von Fingerextension oder -entspannung nach Instruktion durch einen Monitor	nicht-betroffenen Hand	OTNF-Gruppe: MI von Handbewegungen mit betroffener Hand OT Gruppe: Nur konventionelle ET
Feedback über MI-Qualität	Robot EEG-AO Gruppe: MI von Greif- und Streckbewegungen nach Textinstruktionen	Visuell über Monitor/Screening, Propriozeptiv durch Orthese, die die Bewegung der unbetroffenen Hand auf die betroffene überträgt	Visuell via Smileys auf einem Monitor Propriozeptiv mittels Handroboters, der das Handgelenk von 30° Flexion in 40° Extension bewegt Bei nicht-adäquater Ausführung vom MI automatische Bewegung des Roboters nach dreimaligen Fehlversuchen	Visuell über Monitor propriozeptiv durch Orthese, die die vorgestellte Bewegung ausführt und durch elektrische Stimulation	Interventionsgruppe: Visuell über virtuelles Interface, in dem virtuelle Hände die vorgestellten Bewegungen ausführen Kontrollgruppe: Kein Feedback	OTBF Gruppe: Visuelles und auditives Feedback über die Abduktionsqualität über ein Computerspiel OTNF-Gruppe: Visuelles und auditives Feedback über MI-Qualität über ein Computerspiel OT-Gruppe: Kein Feedback

Legende: EEG = Elektroenzephalographie, AO = Action Observation, MI = Motor Imagery, CPM = Continuous Passive Motion, BMI = Brain-Machine-Interface, BCI = Brain-Computer Interface, OTBF = Occupational Therapy Biofeedback, OTNF = Occupational Therapy Neurofeedback, OT = Occupational Therapy, SMR = Sensomotorischer Rhythmus, MCP = Metakarpophalangealgelenke

Tabelle 20

Gegenüberstellung der Hauptstudien bezüglich Outcome Messungen und Ergebnisse

Kriterium	Studie					
	Wang et al. (2018)	Bundy et al. (2017)	Lu et al. (2019)	Nishimoto et al. (2017)	Pichiorri et al. (2015)	Rayegani et al. (2014)
Outcome-Messung	FMA-UE	ARAT, COPM, Motricity Index, MAS im Ellbogengelenk, Grip strength, Pinch strength, aROM der MCPs von DIG II-V	ROM, Barthel-Index	FMA-UE, MAL, Stäbchenanzahl, QUEUE, NIHSS, MRC-ST 2	FMA-Skala	JHFT, Befragung über Zufriedenheit der Teilnehmenden mit der Intervention
Messzeitpunkte	3x, vor und nach der Intervention, sowie nach 6 Monate nach Interventionsabschluss	Alle 2 Wochen	2x, vor und nach der Intervention	2x, vor und nach der Intervention	2x, vor und nach der Intervention	2x, vor und nach der Intervention
Ergebnisse	FMA-UE Robot EEG-AO Gruppe: signifikante Verbesserungen (p=0.022) Robot non-EEG-Text Gruppe: keine signifikanten Verbesserungen (p=0.103)	ARAT Durchschnittliche Verbesserung um 6.2 Punkte (signifikant) Mcl signifikante Verbesserung (p=0.027) GS signifikante Verbesserung (p=0.046) COPM Signifikante Verbesserung in Performanz (p=0.022) und Zufriedenheit (p=0.031)	ROM eine durchschnittliche Verbesserung von 24.05 +- 14.46° (Flexion: 2.38 +-3.01° und Extension: 21.19 +- 14.04°) mBI eine nicht signifikante Verbesserung von 3.1 +- 4.02 Punkte	FMA-UE Durchschnittliche Verbesserung um 3.3 Punkte MAL Grosse Verbesserung Stäbchenanzahl Moderate Verbesserung QUEST 2 Zufriedenheit in Bezug auf Gewicht, Umsetzbarkeit, Sicherheit und	Baseline Keine Unterschiede zwischen den Gruppen FMA-UE, NIHSS und MRC-Skala Beide Gruppen signifikant höhere Ergebnisse in den drei Assessments Interventionsgruppe signifikant höhere Ergebnisse in allen Messungen als die Kontrollgruppe	JHFT Signifikante Verbesserungen bei allen Teilnehmenden in allen 3 Gruppen Keine signifikanten Unterschiede zwischen den 3 Gruppen Zufriedenheit mit Intervention: 60 % der OTBF und OTNF Gruppen sind mit der Intervention zufrieden 40 % der OT Gruppe sind mit der

Im aROM
Keine signifikante
Ergebnisveränderungen
festgestellt

Effektivität des BMI
Systems

Intervention
zufrieden

MAS
keine signifikante
Ergebnisveränderungen
festgestellt. (p=0.875)

PS
keine signifikante
Ergebnisveränderungen
festgestellt (p=0.125)

Legende: FMA-UE = Fugl Meyer Assessment Upper Extremity, ARAT = Action Research Arm Test, COPM = Canadian Occupation Performance Measure , MAS = Modified Ashwood Scale, aROM = Active Range of motion, MCP = Metakarpophalangealgelenke, QUEST 2 = Quebec User Evaluation of Satisfaction with assistive Technology 2.0, NIHSS = National Institute of Health Stroke Scale, MRC-Scale = Medical Research Council Scale, JHFT = Jebsen Hand Function Test, Mcl = Motoricity Index, MAL = Motor Activity Log-14, EEG = Electroencephalography, AO = Action Observation, BMI = Brain-Machine Interface, mBI = Modified Barthel Index, GS = Grip Strength, PS = Pinch Strength

Tabelle 21

Gegenüberstellung der Hauptstudien bezüglich Ausschlusskriterien

Kriterium	Studie					
	Wang et al (2018)	Bundy et al (2017)	Lu et al (2019)	Nishimoto et al (2017)	Pichiorri et al (2015)	Rayegani et al (2014)
Kognitive Einschränkungen	Ja, MMSE < 21	Ja, 8 oder mehr im Short Blessed Test (SBT)	Ja, MMSE < 26 und visuellen	Ja, MMSE < 25	Ja, MMSE < 24	Ja
Spastik OEX	Ja, MAS > 3	Ja, MAS nicht mehr als 1+, keine Botox-injektionen in den letzten 3 Monate	Nein	Nein	Ja, MAS 4-5	Nein
Sensomotorische Einschränkungen OEX	Nein	Ja	Ja, keine visuell sichtbare willkürliche Handgelenksexension	Nein	Nein	Ja, der betroffenen Hand
Orthopädische Probleme OEX	Ja, in betroffener Hand	Ja, volle passive ROM in Ellbogen, Handgelenk und Daumen als Kriterium	Nein	Nein	Ja, wenn sie die Greiffunktion der betroffenen Hand einschränken	Ja
Visuelle Defizite	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein
Aphasie	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein
Apraxie	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein
Neglect	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein
Alkohol- und Drogenmissbrauch	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein

Epilepsie	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein
Unkontrollierte medizinische Probleme	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Schmerzen OEX	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein
Herzschrittmacher	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein
Keine selbstständige Mobilität	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein
Vorherige Ergotherapie	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja
Gute MR	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja, Brunnstroms stage of MR 4-5
Gute Rumpfstabilität	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja
Fähigkeit zum Teilweise willkürlichen Greifen	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja

Legende: OEX = obere Extremität

8. DISKUSSION

In diesem Kapitel werden die Resultate der Hauptstudien in Bezug zum theoretischen Hintergrund gesetzt. Anschliessend erfolgt eine Übertragung auf das OTIPM nach Fisher (2014). Die Inhalte der sechs Hauptstudien werden anhand des restitutiven Modells in personenbezogene Faktoren und Körperfunktionen*, Körperstruktur* sowie Kontextfaktoren* eingeteilt und diskutiert. Am Schluss der Diskussion wird die Fragestellung dieser Arbeit beantwortet.

8.1 BEZUG ZUM THEORETISCHEN HINTERGRUND

Die motorische Beeinträchtigung* der oberen Extremitäten* wird als die häufigste Funktionsstörung nach einem Schlaganfall bezeichnet (Kho et al., 2014). Dies führt zu einer Verminderung der Leistungsfähigkeit bei ADLs*, der Arbeit und/oder der Freizeit und beeinträchtigt die Lebensqualität* der Betroffenen. Mithilfe der ausgewählten Literatur kann evidenzbasiert aufgezeigt werden, dass die Entwicklung von EEG BCI MI Trainingstechniken ein wichtiger Ansatz in der Schlaganfallrehabilitation ist, um den Betroffenen die beste Ausschöpfung ihrer Ressourcen der Neuroplastizität zu ermöglichen (Boyd et al., 2017).

Bei den sechs ausgewählten Hauptstudien handelt es sich um qualitativ mittelwertige Interventionsstudien mit ähnlichen Zielsetzungen. Darin erwähnen die Forschenden unterschiedliche Effekte auf die Neuroplastizität durch die EEG BCI MI Interventionsanwendung, wie z. B. die Erhöhung der prämotorischen Arealaktivität oder die Verbesserung der ipsiläsionalen Konnektivität mit Veränderungen der hemisphärischen EEG-Aktivität. Im Rahmen dieser Bachelorarbeit werden die Autorinnen aber nicht primär auf diese neurophysiologischen, -anatomischen und -strukturellen Veränderungen im ZNS eingehen, da sie mit ihrer Fragestellung ihren Fokus auf die motorisch funktionellen Outcomes der OEX* richten.

Das angewendete Feedback in den sechs Hauptstudien wird hauptsächlich visuell oder durch eine Kombination aus visuellem und kinästhetisch/ propriozeptivem Feedback mittels Orthese übermittelt. In der Studie von Lu et al. (2019) wird das visuelle Feedback eher abstrakt durch Pfeile dargestellt. Bei Wang et al. (2018) wird eher ein realitätsnahes visuelles Feedback übermittelt, bei dem die Teilnehmende virtuell eine Tasse ergreifen und loslassen können. Pichiorri et al. (2015) hingegen verwenden ein virtuelles Interface,

in dem das Feedback visuell über virtuelle Hände gegeben wird, die die vorgestellten Bewegungen ausführen. In dem systematischen Review von Carvahlo et al. (2019) werden die Fortschritte von BCI Interventionen mit Schwerpunkt auf die motorische Erholung der oberen Extremitäten* aufgezeigt. Sie sagen u. A. aus, dass ein realistisches Feedback, wie die in Wang et al. (2018) beschriebene virtuelle Handbewegung, des abstrakten Feedbacks vorzuziehen sei. Die Beobachtung dessen könnte selbst zu einer Aktivierung von Spiegelneuronen in den sensomotorischen Bereichen führen. Eine angereicherte Trainingsumgebung, einschliesslich der Verwendung von realistischem Feedback, trägt besser dazu bei, die kortikale Reorganisation und die motorisch funktionelle Erholung zu stimulieren (Carvalho et al., 2019).

In den Studien von Bundy et al. (2017) und Nishimoto et al. (2017) werden Orthesen, die das Greifen und Öffnen der Hand nachahmen, erwähnt. In der Studie von Lu et al. (2019) wird ein Roboterarm verwendet, der die Handgelenksexension oder -flexion der betroffenen Hand unterstützt. Wang et al. (2018) nutzen ebenfalls einen Roboterarm, der die betroffene Hand zu einem auf einem Bildschirm angezeigten Ziel führt. Im systematischen Review von Carvahlo et al. (2019) wird diese Art von Feedback als eine wichtige kinästhetische Information mit direkter motorischer Auswertung umschrieben, in denen wiederholtes körperliches Üben in Verbindung mit einem MI kortikale Veränderungen indiziert. Dies führt zu einer kortikalen Reorganisation und einer funktionellen Ergebnisverbesserung mit zumindest kurzfristigen Effekten.

In der Studie von Nishimoto et al. (2017) wird das Feedback zusätzlich mittels elektrischer Stimulation bzw. Muskelstimulation gegeben, die durch das EEG BCI MI System initiiert wird. Durch die unterstützte Ausführung der vorgestellten Bewegung können sowohl die Handfunktion als auch die MI Leistung verbessert werden. Voraussetzung dafür sind jedoch das Vorhandensein gewisser Restfunktionen in den betroffenen OEX*. Rayegani et al. (2014) wenden zusätzlich noch eine auditive Feedbackform an.

Es wird deutlich, dass in mehreren Studien unterschiedliche Feedbackarten miteinander kombiniert werden. Dies ist grundsätzlich sinnvoll, da so die Benutzenden gleichzeitig unterschiedliche Informationen über ihre Handlung erhalten. Bei normalen Bewegungen erhalten die Ausführenden oftmals ebenfalls verschiedene taktile, propriozeptive, visuelle und z.T. auditive Feedbacks durch ihren Körper und die Umwelt. Dies wird durch die BCI Systeme simuliert. Durch das Anbieten verschiedener Feedbackkanäle könnten die

Feedbackarten gewählt werden, zu denen die Betroffenen eines Schlaganfalls den besten Zugang haben. Allerdings muss beachtet werden, dass durch die Verwendung verschiedener Kanäle keine Reizüberflutung bei den Betroffenen ausgelöst wird.

Es kann eine Rolle spielen, ob das Feedback hinsichtlich korrekter (positives Feedback) oder inkorrekt er Bewegungskausführung (negatives Feedback) gegeben wird. In den sechs Hauptstudien wurde mit positivem Feedback gearbeitet (Carvalho et al., 2019). Laut dem Review von Carvalho et al. (2019) verbessert dies die Retention von gewonnenen Skills durch motorisches Lernen. Negatives Feedback hingegen kann das prozedurale und das motorische Lernen von Aufgaben* verbessern. Eine Kombination beider Feedbacktypen wäre für das motorische Lernen sehr vorteilhaft.

Bei der Hauptstudie Wang et al. (2018) wird zudem der Begriff der Action Observation (AO) integriert, bei dem es darum geht, dass ein Individuum eine sich wiederholende motorische Aufgabe beobachtet. Gleichzeitig stellt es sich vor, diese Bewegung auszuführen (MI). Laut einer Studie von Friesen et al. (2017) bewirkt diese Kombination von AO und MI eine grössere Verbesserung der kortikalen Erregbarkeit als die Durchführung von MI ohne AO. Zudem verbessert es die Gehirnaktivität in Regionen, die für das motorische Lernen und die Performanz zuständig sind.

Deutliche Unterschiede zeigen sich zwischen den Hauptstudien hinsichtlich der Interventionsdauer. Die Spannweite der Interventionsintensität liegt zwischen zwei Wochen mit zehn Interventionseinheiten bis hin zu 12 Wochen mit Minimum 60 Interventionseinheiten (Bundy et al., 2017; Nishimoto et al., 2017). Dies limitiert die Vergleichbarkeit der Studien. Nur bei Wang et al. (2018) wird zusätzlich eine Follow-Up Messung bzgl. des Langzeiteffekts der Intervention nach sechs Monate durchgeführt. Diesbezüglich ist es nicht möglich, eine Aussage betreffend der Langzeiteffekte von EEG BCI MI Interventionen zu treffen. Dies wäre allerdings für eine Übertragung in die Praxis vorteilhaft.

In der Studie von Rayegani et al. (2014) zeigt sich, dass die Teilnehmenden, die EEG BCI MI Systeme nutzen, mit der Intervention zufriedener sind als die, die lediglich konventionelle Ergotherapie erhalten (Tabelle 22). In der Studie von Nishimoto et al. (2017) äussert sich das ergotherapeutische Fachpersonal als zufrieden mit dem Gewicht des Systems, der Umsetzbarkeit, der Sicherheit und der Effektivität des Programms (Tabelle 22). Die Akzeptanz des therapeutischen Fachpersonals dem neuen Systemen

gegenüber hängt in einem hohem Masse von einem subjektiven technischen Vertrauen und einer positiven Einstellung bzgl. des Einsatzes von neuen Technologien ab (Morone et al., 2015). Zudem werden die Anwendenden bei EEG BCI MI Systemen durch die Feedbacks motiviert, da positive Leistungen die Zufriedenheit der Personen beeinflusst (Morone et al., 2015). Diese positive Stimmung und Motivation können eine positive Rolle bei BCI-basierten Rehabilitationen spielen (Morone et al., 2015). Es ist wichtig, den Aspekt der Zufriedenheit der Klientel und des therapeutischen Fachpersonals bzgl. der EEG BCI MI Interventionen zu beachten, da dies ausschlaggebend darüber gibt, ob die Systeme in der Praxis effektiv anwendbar sind.

Tabelle 22

Ergebnisse zu Zufriedenheit bezogen auf das EEG BCI MI System und Interventionen

Studie	Assessment	
	Quest 2	Zufriedenheit mit Intervention
Nishimoto et al. (2017)	Zufriedenheit in Bezug auf Gewicht, Umsetzbarkeit, Sicherheit und Effektivität des EEG BMI MI Systems	-
Rayegani et al. (2014)	-	60 % der OTBF und OTNF Gruppen sind mit der Intervention zufrieden 40 % der OT Gruppe sind mit der Intervention zufrieden

Legende: Quest 2 = Quebec User Evaluation of Satisfaction with assistive Technology 2.0, BMI = Brain-Machine Interface, OTBF = Occupational Therapy Biofeedback, OTNF = Occupational Therapy Neurofeedback

Aufgrund der grossen Bandbreite an unterschiedlichen Assessments* in den sechs Hauptstudien werden diese in die Kategorien Betätigungs- und Performanzebenen und Ebene der Klientenfaktoren unterteilt. Das COPM und der Barthel-Index erheben laut Wolf & Nilsen (2017) auf der Betätigungsebene die Selbstständigkeit im Alltag und in den ADL's*. Auf der Performanzebene messen Assessments* wie ARAT, JHFT, MAL und die gemessene Anzahl der aufgehobenen Stäbchen in einer Minute die Arm- und Handfunktion. Weiter werden auf der Ebene der Klientenfaktoren Assessments* genutzt, um neuromuskuloskelettale Körperfunktionen* (FMA-UE, NIHSS, MAS) und Kraft- sowie Bewegungsausmass (GS, PS, Mcl, MRC-Skala & aROM) zu messen.

Auf der Betätigungsebene sind die Verbesserungen im COPM hinsichtlich der Performanz und Zufriedenheitseinschätzung in der Studie von Bundy et al. (2017) signifikant (Tabelle 23). Hingegen zeigt der Barthel-Index bei Lu et al. (2019) lediglich eine nicht-signifikante

Verbesserung bei der Durchführung von ADLs* (Tabelle 23). Dies deutet darauf hin, dass EEG BCI MI Interventionen einen positiven Einfluss auf die Betätigungsperformanz* haben können, auch wenn Betätigungen bei der Intervention nicht im Fokus standen. Die Autorinnen interpretieren daraus, dass die funktionell motorischen Verbesserungen sich positiv auf die Betätigungsperformanz* der Betroffenen eines Schlaganfalls auswirken.

Tabelle 23

Ergebnisse zu Betätigungen

Studie	Assessment	
	COPM	mBI
Bundy et al. (2017)	Signifikante Verbesserung in Performanz (p=0.022) und Zufriedenheit (p=0.031)	-
Lu et al. (2019)	-	nicht signifikante Verbesserung von 3.1 +- 4.02 Punkte

Legende: COPM = Canadian Occupation Performance Measure, mBI = Modified Barthel Index

Auf der Performanzebene zeigen sich Verbesserungen bezüglich der Arm- und Handfunktionen im MAL, der Anzahl der aufgehobenen Stäbchen und im JHFT (Nishimoto et al., 2017; Rayegani et al., 2014) (Tabelle 24). Beim ARAT (Bundy et al., 2017) wurden signifikante Verbesserungen gemessen, doch aufgrund von falscher Anwendung der statistischen Analyse der Ergebnisse durch die Forschenden ist die Aussagekraft dieser Ergebnisse limitiert. Dennoch ist eine Verbesserung der Messwerte der Intervention sichtbar. Beim Aufheben der Stäbchen (Nishimoto et al., 2017) werden motorische Performanzfertigkeiten* wie *Langt nach*, *Greift* und *Manipuliert* untersucht. Diese machen sie vergleichbar mit Inhalten des ARATs und JHFTs, bei denen es um vorgegebene Aktivitäten* der Handfunktionen der betroffenen Hand geht. Der MAL unterscheidet sich insofern von den anderen Messungen, als dass er in Form eines strukturierten Interviews durchgeführt wird und bimanuelle Aktivitäten* untersucht werden. Daraus kann geschlossen werden, dass EEG BCI MI Interventionen einen positiven Einfluss auf die motorischen Performanzfertigkeiten* der Anwendenden haben können. Zudem deuten die Ergebnisse des MALs darauf hin, dass bimanuelle Aktivitäten* ebenfalls verbessert werden können.

Tabelle 24

Ergebnisse zu motorischen Performanzfertigkeiten der OEX

Studie	Assessment				
	ARAT	MAS	MAL	JHFT	Stäbchenanzahl
Bundy et al. (2017)	Signifikante Verbesserung um 6.2 Punkte	keine signifikante Ergebnisveränderungen festgestellt (p=0.875)	-	-	-
Nishimoto et al. (2017)	-	-	Grosse Verbesserung		Moderate Verbesserung
Rayegani et al. (2014)	-	-	-	Signifikante Verbesserungen bei allen Teilnehmenden in allen 3 Gruppen Keine signifikanten Unterschiede zwischen den 3 Gruppen	-

Legende: ARAT = Action Research Arm Test, MAS = Modified Ashwood Scale, MAL = Motor Activity Log-14, JHFT = Jebsen Hand Function Test, OEX = obere Extremität

Auf der Ebene der Klientenfaktoren (Siehe Tabelle 25) bezogen auf neuromuskuloskelettale Körperfunktionen zeigen die Interventionsgruppen in den Studien von Wang et al. (2018) und Pichiorri et al. (2015) signifikant höhere Verbesserungen im FMA-UE im Vergleich zu ihren Kontrollgruppen. Bei Nishimoto et al. (2017) zeigten sich durchschnittliche Verbesserungen im FMA-UE. Laut Dettmers et al. (2007) ist der FMA-UE besonders geeignet, um Funktionsverbesserungen der OEX* nach einem Schlaganfall zu verbessern und wird in vielen Studien zum Thema BCI MI angewendet. Die Messungen des NIHSS und des MAS deuten ebenfalls auf neuromuskuloskelettale Verbesserungen der Körperfunktionen hin (Pichiorri et al., 2015; Bundy et al., 2017). In Bezug auf Messungen von Kraft- und Bewegungsausmass (Tabelle 25) gibt es durchschnittliche und signifikante Ergebnisverbesserungen (Bundy et al., 2017; Pichiorri et al., 2015; Lu et al., 2019). Durch die Anwendung vieler verschiedener Messinstrumente ist ein direkter Vergleich schwierig. Daraus lässt sich schliessen, dass EEG BCI MI Interventionen zu einer Verbesserung der neuromuskuloskelettalen und bewegungs- und kraftbezogenen Körperfunktionen beitragen können.

Tabelle 25

Ergebnisse zu Klientenfaktoren

Studie	Assessment							
	FMA-UE	aROM	GS	PS	MRC-Skala	NIHSS	MAS	Mcl
Wang et al. (2018)	Robot EEG-AO Gruppe: signifikante Verbesserungen (p=0.022) Robot non-EEG-Text Gruppe: keine signifikanten Verbesserungen (p=0.103).	-	-	-	-	-	-	-
Bundy et al. (2017)	-	Keine signifikante Ergebnisveränderungen festgestellt	signifikante Verbesserung (p=0.046)	keine signifikante Ergebnisveränderungen festgestellt (p=0.125)	-	-	keine signifikante Ergebnisveränderungen festgestellt (p=0.875)	signifikante Verbesserung (p=0.027)
Lu et al. (2019)	-	durchschnittliche Verbesserung von 24.05 +- 14.46° (Flexion: 2.38 +-3.01° und Extension: 21.19 +- 14.04°).	-	-	-	-	-	-

Nishimoto et al. (2017)	Durchschnittliche Verbesserung um 3.3 Punkte	-	-	-	-	-	-	-
Pichiorri et al. (2015)	Beide Gruppen signifikant höhere Ergebnisse im FMA-UE Interventionsgruppe signifikant höhere Ergebnisse als die Kontrollgruppe	-	-	-	Beide Gruppen signifikant höhere Ergebnisse im MCR	Beide Gruppen signifikant höhere Ergebnisse im NIHSS	-	-
					Interventionsgruppe signifikant höhere Ergebnisse als die Kontrollgruppe	Interventionsgruppe signifikant höhere Ergebnisse als die Kontrollgruppe		

Legende: FMA-UE = Fugl Meyer Assessment Upper Extremity, aROM = Active Range of Motion, GS = Grip Strength, MRC-Scale = Medical Research Council Scale, NIHSS = National Institute of Health Stroke Scale, Mcl = Motoricity Index, AO = Action Observation, EEG = Electroencephalography

8.2 ÜBERTRAGUNG DER RESULTATE INS RESTITUTIVE MODELL

Mittels EEG BCI MI Interventionen können die funktionell motorischen Fertigkeiten der Personen verbessert werden. Vor der Durchführung der Intervention muss der *personenbezogene Performanzkontext* der Personen eruiert werden, um herauszufinden, welche Funktionen sie für eine zufriedenstellende *Betätigungsperformanz** verbessern müssten. Darauf basierend soll die EEG BCI MI Intervention abgestimmt werden. Nach Abschluss dieser muss die *Betätigungsperformanz** der Personen neu evaluiert werden. Bei Performanzverbesserungen kann diese in der konventionellen Ergotherapie in betätigungsorientierten Ansätzen genutzt werden.

Die Inhalte der sechs Hauptstudien werden in Bezug zum restitutiven Modell gesetzt, in welchem sie in personenbezogenen Faktoren und Körperfunktion*, Körperstrukturen* und Kontext* unterteilen.

8.2.1 ZUSAMMENFASSUNG IN BEZUG AUF PERSONENBEZOGENE FAKTOREN UND KÖRPERFUNKTIONEN

Die eingeschlossenen Personen in den Hauptstudien haben einen Schlaganfall erfahren und erleben dadurch bedingte motorisch funktionelle Defizite der OEX*. Die in den Hauptstudien angewendeten Interventionen beziehen sich alle auf Funktionen der distalen OEX*. Die Übertragung der Evidenz auf die proximalen OEX* wird nicht empfohlen, da für die kortikale Projektion zu der Schultermuskulatur andere neuroanatomische Gebiete involviert sind als zu der distalen Muskulatur (Hasegawa et al., 2017).

In den Hauptstudien werden die Einschränkungen in der Hand- bzw. Armfunktion restitativ mithilfe spezifischer Aufgaben* trainiert. Bei Rayegani et al. (2014) geht es um die Aktivität *Aufheben von kleinen Gegenständen*, bei Wang et al. (2018) um die Aktivität *das Ergreifen und Loslassen einer Tasse* und bei Nishimoto et al. (2017) um die Aktivität *das Aufheben und Loslassen von Stäbchen*. Dieser feinmotorische Handgebrauch und Hand/Arm-Gebrauch der alltagsbezogenen Aktivitäten weist laut des Reviews von Carvahlo et al. (2019) eine hohe Aktivierung des Gehirnes auf, was zu einem Lerneffekt führen kann. Dies wiederum könnte eine Wirkung auf der Ebene der Aktivitäten / Partizipation* der Zielpopulation haben (Carvalho et al., 2019).

In der Studie von Lu et al. (2019) werden durch EEG BCI MI System Handgelenksexension und -flexion trainiert. Bei den anderen Hauptstudien geht es um Fingerextension und -flexion (Nishimoto et al., 2017; Wang et al., 2018; Pichiorri et al., 2015; Bundy et al., 2017 & Rayegani et al., 2014). Dies zeigt das Potential auf, dass mit EEG BCI MI Systemen verschiedene Handfunktionen trainiert werden können.

Die Hauptstudien schliessen Personen mit sehr unterschiedlichen Zeitspannen seit dem Ereignis Schlaganfall ein. In der Studie von Pichiorri et al. (2015) werden Personen eingeschlossen, deren Schlaganfall erst 6 Wochen zurückliegt, hingegen werden bei Bundy et al. (2018) Personen eingeschlossen, bei denen dieser bis zu 23 Jahre und sieben Monate zurücklag. Es erscheint Uneinigkeit und unterschiedliche Definition darüber zu geben, was der beste Zeitraum für die Anwendung eines EEG BCI MI Trainings ist. Die Teilnehmenden der sechs Hauptstudien befinden sich in unterschiedlichen Rehabilitationsphasen. Bezüglich der Theorie der spontanen MR befinden sich Betroffene eines Schlaganfalls vor dem Einsetzen der Chronifizierung des Schlaganfalls in einer Phase der spontanen MR, in der der Körper von selbst aus neuronale Strukturen wieder reorganisieren kann (Hermann & Chopp, 2012). In dieser Phase geschieht die grösste Erholung der motorisch betroffenen OEX* (Nishimoto et al., 2017). Cantillo-Negrete et al. (2018) sagen aus, dass wenn Betroffene eines Schlaganfalls mit hemiparetischen OEX* in den ersten sechs Monaten nach dem Schlaganfall engagiert an der Therapie teilnehmen, sie eine 70 % Chance haben, die motorischen Funktionen der betroffenen Hand zurück zu gewinnen. Es gibt sehr unterschiedliche Angaben bezüglich der Länge dieser Phase der spontanen MR. Nishimoto et al. (2017) sprechen von den ersten Monaten nach dem Ereignis Schlaganfall, Hermann und Chopp (2012) von ungefähr sechs Monaten und Prasad et al. (2010) von einem Jahr. Laut Prasad et al. (2010) ist nach dieser Phase keine automatische Selbstheilung mehr zu erwarten. Dies wirft die Frage auf, inwiefern die Dauer seit dem Ereignis Schlaganfall einen Einfluss auf die Ergebnisse der Interventionen hat und die grossen Unterschiede in der Zeitspanne die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Hauptstudien limitieren.

Laut Carvahlo et al. (2019) kann Müdigkeit in der Akutphase ein Problem darstellen, da MI grosse Aufmerksamkeit seitens der Anwendenden erfordert (Miller et al., 2013; Soekadar et al., 2015). Die Studien sollen transparent aufzeigen, dass Betroffene

eines Schlaganfalls in unterschiedlichen Stadien, unabhängig vom Feedback, ein EEG BCI MI System effektiv kontrollieren können (Ang et al., 2015).

8.2.2 ZUSAMMENFASSUNG IN BEZUG AUF KÖRPERSTRUKTUR

Grundsätzlich ist ein breites Spektrum an Entstehungsgeschwindigkeiten, Arten und Läsionsorten des Schlaganfalls in den sechs Hauptstudien vertreten. Das ischämisch-hämorrhagische* Verhältnis in den Hauptstudien ist ausgeglichen.

Nishimoto et al. (2017) haben nur subkortikalen Schlaganfälle eingeschlossen. Dies kann laut Carvahlo et al. (2019) zu besseren Ergebnissen führen, denn wenn die kortikalen Verbindungen bei einem subkortikalen Schlaganfall intakt bleiben, kann es sein, dass die Fähigkeit, MI zu erzeugen, besser ausfällt (Luft et al., 2004). Somit könnte auch die Fähigkeit zur Kontrolle eines EEG BCI MI Systems besser sein.

In allen Hauptstudien werden Personen im Falle von kognitiven Beeinträchtigungen* ausgeschlossen. Die Einschätzung der kognitiven Fähigkeiten basiert meist auf der MMSE Testung. Für die Autorinnen ist es fraglich, inwiefern der MMSE ganzheitlich kognitive Einschränkungen klassifizieren kann, da der MMSE nicht für die Schlaganfallrehabilitation entwickelt worden ist (Creavin et al., 2016). Laut Niazi et al. (2011) gibt es neuere Studien, die auch Personen mit leichter kognitiver Beeinträchtigung* in Studien mit EEG BCI MI Systemen einschliessen, da sie davon ausgehen, dass sie diese trotz kognitiven Einschränkungen bedienen können.

In vier der Hauptstudien fokussieren sich die Forschenden auf die betroffene OEX*, lediglich Pichiorri et al. (2015) beziehen beide Arme in ihr Training ein. Bundy et al. (2017) konzentrieren sich hingegen auf die kontralaterale Hemisphäre. Sie gehen davon aus, dass BCI MI Training der nicht betroffenen Seite auch dazu beitragen kann, die Funktionen der Extremitäten* kontralateral wiederherzustellen. Dies kann den Betroffenen von schweren Schlaganfällen Hoffnung geben, die möglicherweise nicht in der Lage sind, das EEG BCI MI System mit der betroffenen Seite zu kontrollieren.

Die Forschenden der Hauptstudien schlossen grundsätzlich Teilnehmende mit ähnlich moderaten bis schweren Beeinträchtigungen* ein. Dabei legen die Forschenden unterschiedliche Ein- und Ausschlusskriterien bzgl. der Körperstruktur* der Teilnehmenden fest. Bei Wang et al. (2018) werden mittlere und schwere Spastiken (MAS >3) ausgeschlossen, bei Pichiorri et al. (2015) schwere (MAS 4-5) und bei Bundy et al. (2017) alle Spastiken ab einem MAS von 1+. Die Autorinnen

haben die Hypothese aufgestellt, dass der Ausschluss von schweren Spastiken Verletzungen vorbeugen kann, die durch das kontinuierliche Öffnen eines Roboters eventuell verursachen werden könnten. Dies wäre aber keine Begründung für den Ausschluss von schwerer Spastik bei Pichiorri et al. (2015), da bei ihnen keine Robotic verwendet wurde. Andererseits wäre es vorstellbar, dass durch repetitive Bewegungen der OEX* mithilfe der Roboter eventuell die Spastik reguliert werden könnte. Dieses Ausschlusskriterium sollte überdacht werden.

Bei drei von sechs Studien werden visuelle Defizite ausgeschlossen. Dies erscheint nachvollziehbar, da in diesen Studien das Feedback auf die MI Qualität visuell gegeben wird. Grundsätzlich ist fraglich, inwiefern Personen mit visuellen Defiziten EEG BCI MI Interventionen durchführen können, die entweder primär visuelles Feedback bieten oder auf Action Observation basieren. Diesbezüglich müssten Betroffene von visuellen Defiziten andere Interventionsansätze und Feedbackvarianten angeboten werden (siehe *Bezug theoretischer Hintergrund*). Zusätzlich wurden Aphasien, Apraxien und Neglecte ausgeschlossen. Dies sind regelmässig auftretende Auswirkungen eines Schlaganfalls, die in ihrer Ausprägung sehr individuell auftreten. Deswegen ist die Übertragbarkeit auf die Population der Betroffenen eines Schlaganfalls limitiert und ein differenziertes Abwägen des Ausschlusses dieser Faktoren muss kritisch überdacht werden.

8.2.3 ZUSAMMENFASSUNG IN BEZUG AUF KONTEXT

Die verwendeten standardisierten Assessments* liefern reliable und valide Daten, die zur quantitativen Einschätzung der aktuellen Performanz der Personen und ihrer Fortschritte im Laufe der Zeit genutzt werden können (Sabari & Lieberman, 2008). Obwohl solche Assessments* nützliche Informationen bieten können, erfassen sie oft nicht den Einfluss von Umfeld oder Kontext* (Wolf & Nilsen, 2017). Die Eigenschaften der Anwendenden können Auswirkungen auf die Kontrolle eines EEG BCI MI Systems haben. Aus diesem Grund wollen die Autorinnen Faktoren identifizieren, die in der Schlaganfallrehabilitation möglicherweise mit der motorischen Erholung assoziiert sind.

8.2.3.1 PERSONENBEZOGENER KONTEXT

Das Alter der Personen ist ein in der Schlaganfallrehabilitation ein zu beachtender Faktor. Einerseits sind mehr Personen des HLA von einem Schlaganfall betroffen, andererseits verändern sich altersbedingt kognitive, funktionelle und anatomische

Faktoren (Zich et al., 2017). In den Hauptstudien werden Stichproben mit sehr unterschiedlichen Altersspannen rekrutiert (siehe Tabelle 18). Dies wirft die Frage auf, ob das Alter der Teilnehmenden in diesen Studien beachtet wird. Laut Shindo et al. (2011) ist der Einfluss des Alters auf die Wirkung der Motor Imagery Therapie noch unvollständig erforscht. Typischerweise werden in Grundlagenforschungen EEG-basierte MI Protokolle anhand einer jungen, gesunden Stichprobe entwickelt und optimiert (Busch et al., 2013). Es ist fraglich, inwieweit die Übertragung auf eine andere Altersgruppe ohne weitere Anpassung vollzogen werden kann. Zudem gibt es Evidenz dazu, dass sich die Qualität von MI im zunehmenden Alter ändert und die Fähigkeit zu MI in Bezug zu räumlichen und zeitlichen Aspekten der MI abnimmt (Gabbard et al., 2011; Malouin et al., 2007; Mulder, 2007; Personnier et al., 2010; Skoura et al., 2006).

Bei drei der Hauptstudien werden keine Angaben zum Geschlecht der Teilnehmenden gemacht (Bundy et al., 2017; Nishimoto et al., 2017; Pichiorri et al., 2015). In den anderen Studien werden deutlich mehr Männer als Frauen einbezogen. Da diesbezüglich keine Begründungen vorliegen, ist es fraglich, ob dieser Faktor beabsichtigt oder schlicht nicht beachtet wird. Da nur wenig Grundlagenforschung in dem Gebiet des EEG BCI MI betrieben wurde, ist es schwierig abzuschätzen, ob die Geschlechterverteilung Einfluss auf die Ergebnisse der Studien hat.

8.2.3.2 NATÜRLICHE UMWELT UND VERÄNDERUNG DURCH MENSCHEN

In drei der Hauptstudien werden die Interventionen in einem stationären Neurorehabilitationssetting, in einer Studie unter Laborbedingungen und in einer Studie in einem Home-based Setting durchgeführt, wobei die Kontrolle und Instruktion in einem Laborsetting stattfindet. Dadurch lassen sich im Grossen und Ganzen die Ergebnisse in die Praxis übertragen, da viele Betroffene eines Schlaganfalls an einer stationären Neurorehabilitation teilnehmen. Das Home-based Setting bietet einen neuen Ansatz für das EEG BCI MI. Nach Beendigung der stationären Schlaganfallrehabilitation sind die meisten Personen im Alltag grösstenteils auf sich gestellt und alleinig für den Erhalt ihrer motorischen Funktionen zuständig. Viele von ihnen könnten dazu tendieren, die betroffene Hand im Alltag zu vernachlässigen. Dadurch wird diese nicht mehr gefordert und die in der Rehabilitation erworbenen Fertigkeiten können wieder verloren gehen. Aus diesem Grund wären Home-based EEG BCI MI Systeme eine gute Möglichkeit für ein Eigentaining der betroffenen

OEX* nach einem Schlaganfall. Das Home-based Setting müsste hinsichtlich Bias Risiken untersucht werden, da unklar ist, ob die persönliche Lebensumwelt der Teilnehmenden einen Einfluss auf die Ergebnisse hat. Die Übertragbarkeit auf die ambulante Praxis ist durch die Studien nicht gegeben, da dieses Setting nicht berücksichtigt wurde.

8.2.2.3 UNTERSTÜTZUNGEN UND BEZIEHUNGEN

Die Teilnehmenden in den sechs Hauptstudien erhalten zum Teil zusätzliche konventionelle Therapien. Dies bedeutet in Bezug auf die Ergebnisse ein erhöhtes Risiko für Bias. Es ist zudem nicht ersichtlich, in welchem Umfang die Teilnehmenden während der Intervention Unterstützung durch das therapeutischen Fachpersonal erhalten. Dies limitiert die Aussagekraft der Ergebnisse, da unklar ist, ob die Verbesserungen in den Messverfahren alleinig durch die EEG BCI MI Interventionen verursacht werden.

Ein angepasstes Mass an Instruktion muss aufgrund der Hirnschädigungen beachtet werden, da Probleme mit dem Arbeitsgedächtnis und der Bewegungsplanung die Aufgabenausführung einschränken können (Irimia et al., 2017). Diesbezüglich gibt es keine Aussagen in den Hauptstudien. Dieser Faktor sollte der Umsetzung von EEG BCI MI Interventionen beachtet werden.

8.3 BEANTWORTUNG DER FRAGESTELLUNG

Die Fragestellung der vorliegenden Arbeit lautet:

Können EEG-based Brain-Computer Interface assisted Motor Imagery Systeme als Ergänzung zur konventionellen Ergotherapie in der Neurorehabilitation zu einer messbaren motorischen Funktionsverbesserung der oberen Extremitäten bei Betroffenen eines Schlaganfalls mit motorisch funktionellen Defiziten beitragen?

Die Ergebnisse der Hauptstudie zeigen, dass die Interventionen mit EEG BCI MI Systemen die motorischen Funktionen der Betroffenen eines Schlaganfalls messbar verbessern können. Die Teilnehmenden erzielten Verbesserungen, z.T. signifikante, auf der Betätigungs- und Performanzebene sowie auch auf der Ebene der Klientenfaktoren. Im Rahmen der Literaturprüfung wurde ersichtlich, dass es keine Evidenz bezüglich des ergotherapeutischen Einsatzes von EEG BCI MI Systemen in der Praxis gibt. Dennoch ist die Wiederherstellung der motorischen Funktionen ein wichtiger Bestandteil der Ergotherapie und somit schaffen EEG BCI MI

Interventionen eine Voraussetzung für die Ausübung von Betätigungen*. Aufgrund dessen kann die Fragestellung insofern beantwortet werden, als das EEG BCI MI Systeme durch die Möglichkeit der Verbesserung der motorischen Funktionen eine sinnvolle Ergänzung zur konventionellen Ergotherapie in der stationären Neurorehabilitation bei Betroffenen eines Schlaganfalls sind. Die in den oberen Kapiteln erwähnte Aspekte sollten dabei jedoch beachtet werden.

9. SCHLUSSFOLGERUNG

Der medizinische Fortschritt hat die Überlebenschancen eines Schlaganfalls verbessert (Siehe Kapitel 1). Erwachsene Betroffene können von zahlreichen Schädigungen und funktionellen Einschränkungen betroffen sein, die sowohl die Lebensqualität* als auch die Teilhabe an Alltagsaktivitäten und Betätigungen* beeinträchtigen können. Mit dieser Bachelorarbeit wird eine erste evidenzbasierte Grundlage zur Anwendung des EEG BCI MI für Betroffene eines Schlaganfalls erarbeitet, welche unter motorischen Funktionseinschränkungen in den OEX* leiden. In diesem Kapitel werden Empfehlungen aus den Ergebnissen und der Diskussionen für die Berufspraxis der Ergotherapie abgegeben. Anschliessend werden Limitationen dieser Arbeit erwähnt und Anregungen für die weitere Forschung zu diesem Thema erläutert. Am Schluss dieser Arbeit befindet sich ein Fazit.

9.1 THEORIE - PRAXIS TRANSFER UND EMPFEHLUNGEN FÜR DIE PRAXIS

Um das folgende Kapitel zu strukturieren, werden die gesammelten Informationen auf der Makro- und Mikroebene, angelehnt an die Analyseebenen der Sozialwissenschaften, zugeordnet.

9.1.1 MIKROEBENE

Unter der Mikroebene gehen die Autorinnen auf die Interaktion zwischen dem ergotherapeutischen Fachpersonal und den Betroffenen eines Schlaganfalls, sowie auf den therapeutischen Prozess bei der EEG BCI MI Anwendung, ein.

9.1.1.1 BETROFFENE EINES SCHLAGANFALLS

EEG BCI MI Systeme können aktive Beteiligungen der Anwendenden bieten, was sich als motivierend für die Personen erweist. Die Autorinnen erachten dies als einen relevanten Aspekt. EEG BCI MI Systeme strukturieren die Aufgaben* und gestalten sich interaktiv für die Anwendenden. EEG BCI MI bewirken Verbesserungen auf den Performanz- und Betätigungseben und der Ebene der Klientenfaktoren. Es kann angenommen werden, dass die Wiedergewinnung der willkürlichen Kontrolle über die gelähmten Extremitäten* die Lebensqualität* der Personen verbessern kann.

Die EEG BCI MI Systeme müssen weiterentwickelt werden, damit sie individuell auf die Bedürfnisse und Ressourcen der Nutzenden angepasst werden können. Dies beinhaltet die Auswahl der passenden Feedback-Kanäle, der Trainingsintensität und

des Settings. Momentan sind die Ergebnisse dieser Bachelorarbeit aufgrund der Ein- und Ausschlusskriterien der Studien nicht auf die gesamte Population der Betroffenen eines Schlaganfalls mit motorisch funktionellen Defiziten der OEX* übertragbar.

9.1.1.2 ERGOTHERAPEUTISCHES FACHPERSONAL

Das ergotherapeutische Fachpersonal müsste vor dem Einsatz von EEG BCI MI Systemen ausreichend geschult werden, damit es sich im Umgang mit diesem sicher fühlt. Es ist vorstellbar, dass die technologieunterstützte Therapie anfangs befremdlich auf die Teilnehmenden wirkt. Dies muss vom ergotherapeutischen Fachpersonal beachtet werden und es muss die Anwendenden gut im Umgang mit dem System unterstützen und einen Bezug zum Alltag der Personen schaffen.

9.1.1.3 ERGOTHERAPEUTISCHER PROZESS

Es ist wichtig, dass das ergotherapeutische Fachpersonal bei der Anwendung von EEG BCI MI Systemen den Fokus auf die Betätigung* und nicht nur auf die bewegungsbezogenen Faktoren hält. Eine Kombination von EEG BCI MI Training mit betätigungsbasierten ergotherapeutischen Interventionen* wäre sinnvoll. Falls dies aufgrund des Schweregrades der Einschränkungen nicht möglich ist, ist das funktionelle Üben dieser Fertigkeiten mittels EEG BCI MI Training eine sinnvolle Möglichkeit, dass für die Betätigungsausführung notwendige Fertigkeitsausmass zu erreichen. Anschliessend werden die erworbenen motorischen Fertigkeiten in betätigungsbasierten Interventionen* aufgegriffen und weiter gefestigt. Zudem muss das ergotherapeutische Fachpersonal den Bezug zum Kontext* der Personen setzen und diese in ihren Interventionen* berücksichtigen. Die Auswahl von betätigungsfokussierten Assessments* zur Evaluierung der Betätigungsperformanz* der Personen spielt diesbezüglich eine grosse Rolle.

9.1.2 MAKROEBENE

Unter Makroebene verstehen die Autorinnen den gesellschaftlichen Kontext als Handlungsrahmen der therapeutischen Intervention.

9.1.2.1 REHATECHNOLOGIEN

In den sechs Hauptstudien werden verschiedene BCI Technologien und Orthesen bzw. Exoskelette und Roboterarme verwendet. Eine Möglichkeit für die Praxisumsetzung von EEG BCI MI Technologie wäre die Kombination mit dem Amadeo Handroboter. Dieser dient für das Trainieren von Fingerfunktionen, ist in vielen neurorehabilitativen Einrichtungen zu finden und funktioniert normalerweise ohne EEG-Messungen. Naros et al. (2016) haben in ihrer Studie EEG BCI MI Interventionen mittels des Amadeo-Handroboters umgesetzt. In Kombination mit EEG BCI MI Technologie erfolgt das Feedback auf ausreichende MI-Qualität durch das Bewegen der Hand durch den Amadeo. Es stellt sich die Frage, ob Kombinationen von EEG BCI MI Systemen mit anderen in der Praxis verwendeten Robotic-Geräten möglich wären. In den sechs Hauptstudien werden unterschiedliche EEG BCI MI Systeme verwendet. Die Autorinnen können keine Empfehlungen darüber abgeben, welche Systeme für die Praxis am geeignetsten sind, da ihnen dafür notwendiges fundiertes Wissen über die technischen Details dieser Systeme fehlt. Zudem sind die Systeme in den Hauptstudien nicht ausreichend analysiert worden, als das ein aussagekräftiger Vergleich möglich wäre.

9.1.2.2 WISSENSCHAFTLICHE EVIDENZ

Die unterschiedliche Auswahl der Messinstrumente machen die Studienresultate nicht direkt vergleichbar und limitieren die Übertragbarkeit der Ergebnisse. Im Allgemeinen ist das Thema EEG BCI MI ein neues thematisches Feld und die Autorinnen haben herausgefunden, dass viele Studien zum Thema noch in Arbeit sind und noch nicht veröffentlicht wurden. Zudem handelt es sich bei den veröffentlichten Studien primär um Pilotstudien, die neue Interventionsansätze ausprobieren und nur kleine Stichproben inkludieren. Es gibt bisher nur wenige Forschungsergebnisse, die gut in die Praxis implementierbar sind.

9.1.2.3 KOSTENASPEKT

Laut Broetz et al. (2010) ist EEG BCI MI Technologie im Vergleich zu beispielsweise MEG-basiertem BCI eine deutlich kosteneffizientere Möglichkeit. In den Hauptstudien gibt es wenige Hinweise darauf, dass sich die Anschaffung eines EEG BCI MI Systems in der Praxis lohnen würde. Die Umsetzung eines EEG BCI MI Heimprogrammes, wie das IpsyHand in Bundy et al. (2017) beschrieben, kann die

Therapieintensität ohne mehr Personalaufwand erhöhen. Es kann davon ausgegangen werden, dass durch die schnelle Verbesserung der motorischen Funktionen bei Betroffenen eines Schlaganfalls durch den Einsatz von EEG BCI MI Systemen die Therapieziele schneller erreicht werden können. Zudem kann durch EEG BCI MI Systemen dem Verlust von motorischen Funktionen von Betroffenen eines Schlaganfalls entgegengewirkt werden. Da diese Interventionen auch bei Personen mit schweren funktionell motorischen Einschränkungen Verbesserungen bewirken können, könnte sich dies positiv auf ihre Erwerbstätigkeit auswirken.

9.1.2.4 SOZIOÖKONOMISCHER UND KULTURELLER ASPEKT

Die sechs Hauptstudien werden in sechs verschiedenen Ländern mit unterschiedlichen sozioökonomischen Hintergründen durchgeführt. Dies gibt Anlass zur Sorge, dass EEG BCI MI Systeme ein weltweites Forschungsinteresse wecken. Dies führt zu einer Beschleunigung der Forschung und zu einer Verbreiterung der Thematik. Der Schlaganfall ist ein globales Thema. Dies bedeutet auch, dass die Therapie je nach Kontext und Kultur angepasst und anders umgesetzt werden muss.

9.2 LIMITATIONEN DER VORLIEGENDEN ARBEIT

Gegenwärtig variieren die Empfehlungen für die Trainingsintensität von Studie zu Studie stark. Die Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse der Hauptstudien ist aufgrund der geringen Stichprobengröße, der unterschiedlichen Interventionsprotokolle (Interventionszeit, -häufigkeit, -dauer und -menge, unterschiedliche Systeme mit kombinierten Feedbackarten) sowie des Studiendesigns limitiert. Auch unterschiedliche Aufgabenstellungen, Instruktionen und Outcome Messungen erschweren einen direkten Vergleich. In Studien zu EEG BCI MI Interventionen, die auf Veränderungen der Betätigungsperformanz* nach einem Schlaganfall abzielen (mit Ausnahme der Studien, die die ADL*-Performanz evaluierten), werden unterschiedliche Assessments zur Ergebnismessung verwendet. Die Mehrzahl von den sechs ausgewählten Hauptstudien haben als Population mittlere bis schwer betroffene Menschen nach Schlaganfall definiert, leichte Schlaganfälle wurden weniger berücksichtigt. Diesbezüglich ist eine Übertragung der Ergebnisse auf die Population der leicht Betroffenen eines Schlaganfalls nicht möglich. Zudem sind die Ergebnisse aufgrund der grossen Bandbreite an Ein- und Ausschlusskriterien nicht auf die gesamte Population von Betroffenen eines Schlaganfalls mit motorisch

funktionellen Defiziten der OEX* übertragbar. In der Mehrzahl der ausgewählten Hauptstudien fehlt eine Nachevaluierung der Intervention bzgl. eines nachhaltigen Effekt der Interventionen.

Bei einigen Studien ist es schwierig eine Aussage darüber zu treffen, ob die Ergebnisverbesserungen alleinig aus den EEG BCI MI Interventionen resultieren oder ob die Teilhabe der Stichproben an konventionellen Therapien diese beeinflusst. Die unterschiedlichen Settings (Labor, stationäre Neurorehabilitation und Home-based Setting) erschweren einen direkten Vergleich. Zudem wird das ambulante Setting nicht berücksichtigt und diesbezüglich können keine Aussagen getroffen werden. Die ausgewählten Studien sind unterschiedlicher Herkunft (nordamerikanischer, asiatischer und europäischer Raum). Durch die kulturellen und sozioökonomischen Unterschiede dieser Regionen ist eine direkte Übertragbarkeit auf die Schweiz limitiert.

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit werden nur die funktionell motorischen Aspekte der OEX* von EEG BCI MI Systemen untersucht. Auf die neurophysiologischen, -anatomischen und -strukturellen EEG-Ausmessungen der Studien wird nicht weiter eingegangen. Für eine Weiterentwicklung des EEG BCI MI Ansatzes müssen diese Aspekte ebenfalls einbezogen werden. Dazu braucht es einen interprofessionellen Ansatz.

9.3 AUSBLICK IN EINE MÖGLICHE ZUKUNFT UND EMPFEHLUNG FÜR WEITERE FORSCHUNG

Für eine Integration von EEG BCI MI Systemen in die ergotherapeutische Praxis bedarf es weiterer Forschung. Die zukünftige Forschung muss die Heterogenität der Schlaganfall-Population beim Festlegen ihrer Einschlusskriterien berücksichtigen, um die Ergebnisse auf eine grössere Population übertragen zu können. So müssen das Alter und Geschlecht der Teilnehmenden, die Zeitspanne seit dem Ereignis Schlaganfalls und die Schwere der Auswirkungen des Schlaganfalls berücksichtigt werden. Die personenbezogenen Charakteristika können einen grossen Einfluss auf die Outcomes haben und somit die Validität von Studien gefährden. Es besteht ein grosser Bedarf nach qualitativ hochwertigen RCTs mit grösseren Stichproben, um zukünftig den Nutzen von EEG BCI MI Systemen in der Neurorehabilitation* und die Verbesserung der Aktivität/Partizipation* bei Betroffenen nach Schlaganfall aufzuzeigen. Einheitlich definierte Interventionsprotokolle würden die

Vergleichbarkeit und Replizierbarkeit der Studienergebnisse vereinfachen. Der Langzeiteffekt von EEG BCI MI Interventionen muss in den Studien im Rahmen von Follow-Up-Messungen eruiert werden, um die Wirksamkeit und Nachhaltigkeit der Interventionen zu verifizieren. Zudem wäre die weitere Erforschung der Kombination von MI und AO wertvoll, da dies einen positiven Einfluss auf die MR haben kann.

Auf Basis der bestehenden Evidenz wäre zuerst eine Umsetzung von EEG BCI MI Interventionen in das stationäre neurorehabilitative Setting vorstellbar. Diese Institutionen haben oftmals bereits Robotic-Technologien und verfügen über grössere Ressourcen, um ihr Interventionsangebot erweitern zu können. Gegenstand zukünftiger Forschung sollen das Home-based und ambulante Setting sein, um die Umsetzung in der natürlichen Umgebung der Personen zu testen.

In den meisten Studien ist kein ergotherapeutisches Fachpersonal beteiligt. Es ist wichtig für die ergotherapeutische Berufsgruppe, in diesem Forschungsbereich aktiver zu werden. Für die Umsetzung von EEG BCI MI Systemen in die ergotherapeutische Praxis bedarf es mehr Forschung, die durch Messinstrumente den Effekt von EEG BCI MI Interventionen auf die Betätigungsperformanz* und Klientenfaktoren der Nutzenden eruiert. Dies spricht für die Notwendigkeit innerhalb der ergotherapeutischen Profession, valide und reliable Messinstrumente in der EEG BCI MI Forschung anzuwenden.

Aufgabe der Ergotherapie soll es sein, den Transfer der durch das EEG BCI MI Training erreichten funktionell motorischen Verbesserungen in den Lebensalltag der Personen zu begleiten.

9.4 FAZIT

Ziel der Autorinnen war es, evidenzbasierte Interventionen zu EEG BCI MI Technologien für erwachsene Schlaganfall-Betroffene zu finden, kritisch zu würdigen und zu implementieren. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass EEG BCI MI Training gewisse Verbesserungen der motorischen Funktionen und somit in der Neurorehabilitation* bei Menschen nach einem Schlaganfall die Lebensqualität* der Betroffenen verbessern kann. Die Anwendung von EEG BCI MI Systemen wird nicht die Arbeit von ergotherapeutischem Fachpersonal ersetzen, da die EEG BCI MI Systeme individuell auf die Personen angepasst werden müssen. Zudem ist es die Aufgabe des ergotherapeutischen Fachpersonals, die Menschen bei der

Übertragung der verbesserten motorischen Fertigkeiten auf ihren Alltag zu unterstützen. Es bedarf weitere Forschung, da die Thematik nicht ausreichend untersucht ist und vielversprechend erscheint.

10. LITERATURVERZEICHNIS

- American Psychological Association. (2019). *Publication manual of the American Psychological Association (7th ed.)*. American Psychological Association.
- Ang, K. K., Chua, K. S. G., Phua, K. S., Wang, C., Chin, Z. Y., Kuah, C. W. K., Low, W., & Guan, C. (2015). A Randomized Controlled Trial of EEG-Based Motor Imagery Brain-Computer Interface Robotic Rehabilitation for Stroke. *Clinical EEG and Neuroscience*, 46(4), 310–320.
<https://doi.org/10.1177/1550059414522229>
- Ang, K. K., & Guan, C. (2013). Brain-Computer Interface in Stroke Rehabilitation. *Journal of Computing Science and Engineering*, 7(2), 139–146.
- Belardinelli, P., Laer, L., Ortiz, E., Braun, C., & Gharabaghi, A. (2017). Plasticity of premotor cortico-muscular coherence in severely impaired stroke patients with hand paralysis. *NeuroImage: Clinical*, 14, 726–733.
<https://doi.org/10.1016/j.nicl.2017.03.005>
- Boyd, L. A., Hayward, K. S., Ward, N. S., Stinear, C. M., Rosso, C., Fisher, R. J., Carter, A. R., Leff, A. P., Copland, D. A., Carey, L. M., Cohen, L. G., Basso, D. M., Maguire, J. M., & Cramer, S. C. (2017). Biomarkers of stroke recovery: Consensus-based core recommendations from the Stroke Recovery and Rehabilitation Roundtable. *International Journal of Stroke: Official Journal of the International Stroke Society*, 12(5), 480–493.
<https://doi.org/10.1177/1747493017714176>
- Braun, S., Kleynen, M., van Heel, T., Kruithof, N., Wade, D., & Beurskens, A. (2013). The effects of mental practice in neurological rehabilitation; a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 390.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00390>

- Broetz, D., Braun, C., Weber, C., Soekadar, S. R., Caria, A., & Birbaumer, N. (2010). Combination of Brain-Computer Interface Training and Goal-Directed Physical Therapy in Chronic Stroke: A Case Report. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 24(7), 674–679. <https://doi.org/10.1177/1545968310368683>
- Bundy, D. T., Souders, L., Baranyai, K., Leonard, L., Schalk, G., Coker, R., Moran, D. W., Huskey, T., & Leuthardt, E. C. (2017). Contralesional Brain–Computer Interface Control of a Powered Exoskeleton for Motor Recovery in Chronic Stroke Survivors. *Stroke*, 2017(48), 1908–1945. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.116.016304>
- Busch, M., Schienkiewitz, A., Nowossadeck, E., & Gößwald, A. (2013). Prevalence of stroke in adults aged 40–79 years in Germany: Results of the German Health Interview and Examination Survey for Adults(DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 5. <https://doi.org/10.1007/s00103-012-1659-0>
- Cantillo-Negrete, J., Carino-Escobar, R. I., Carrillo-Mora, P., Elias-Vinas, D., & Gutierrez-Martinez, J. (2018). *Motor Imagery-Based Brain-Computer Interface Coupled to a Robotic Hand Orthosis Aimed for Neurorehabilitation of Stroke Patients* [Research Article]. *Journal of Healthcare Engineering*. <https://doi.org/10.1155/2018/1624637>
- Carvalho, R., Dias, N., & Cerqueira, J. J. (2019). Brain-machine interface of upper limb recovery in stroke patients rehabilitation: A systematic review. *Physiotherapy Research International*, 24(2), e1764. <https://doi.org/10.1002/pri.1764>
- Chowdhury, A., Meena, Y. K., Raza, H., Bhushan, B., Uttam, A. K., Pandey, N., Hashmi, A. A., Bajpai, A., Dutta, A., & Prasad, G. (2018). Active Physical Practice Followed by Mental Practice Using BCI-Driven Hand Exoskeleton: A

Pilot Trial for Clinical Effectiveness and Usability. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 22(6), 1786–1795.

<https://doi.org/10.1109/JBHI.2018.2863212>

Cicinelli, P., Marconi, B., Zaccagnini, M., Pasqualetti, P., Filippi, M. M., & Rossini, P.

M. (2006). Imagery-induced cortical excitability changes in stroke: A transcranial magnetic stimulation study. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)*, 16(2), 247–253. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhi103>

Cincotti, F., Pichiorri, F., Aricò, P., Aloise, F., Leotta, F., de Vico Fallani, F., Millán, J.

del R., Molinari, M., & Mattia, D. (2012). EEG-based Brain-Computer Interface to support post-stroke motor rehabilitation of the upper limb. *2012 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 4112–4115. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2012.6346871>

Claßen, J., & Schnitzler, A. (2012). *Interventionelle Neurophysiologie: Grundlagen und therapeutische Anwendungen*. Georg Thieme Verlag.

Creavin, S. T., Wisniewski, S., Noel-Storr, A. H., Trevelyan, C. M., Hampton, T.,

Rayment, D., Thom, V. M., Nash, K. J. E., Elhamoui, H., Milligan, R., Patel, A. S., Tsivos, D. V., Wing, T., Phillips, E., Kellman, S. M., Shackleton, H. L.,

Singleton, G. F., Neale, B. E., Watton, M. E., & Cullum, S. (2016). Mini-Mental State Examination (MMSE) for the detection of dementia in clinically unevaluated people aged 65 and over in community and primary care populations. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 1.

<https://doi.org/10.1002/14651858.CD011145.pub2>

Dettmers, C., Bülow, P., & Weiller, C. (2007). *Schlaganfall-Rehabilitation*.

Motorisches Lernen, Plastizität, Effektivität und Evidenzen, Kreislauftraining, Komplikationen, Komorbidität. Hippocampus-Verlag.

- Doyon, J., & Benali, H. (2005). Reorganization and plasticity in the adult brain during learning of motor skills. *Current Opinion in Neurobiology*, *15*(2), 161–167.
<https://doi.org/10.1016/j.conb.2005.03.004>
- Feaver, S., & Edmans, J. (2006). Theoretical approaches to motor control and cognitive-perceptual function. In *Foundations for Practice in Occupational Therapy* (S. 277–294). Elsevier.
- Fisher, A. G. (2014). *OTIPM Occupational Therapy Intervention Process Model*. Schulz-Kirchner Verlag. <https://lesestoff.ch/detail/ISBN-9783824811793/Fisher-Anne-G./OTIPM-Occupational-Therapy-Intervention-Process-Model>
- Friesen, C. L., Bardouille, T., Neyedli, H. F., & Boe, S. G. (2017). Combined Action Observation and Motor Imagery Neurofeedback for Modulation of Brain Activity. *Frontiers in Human Neuroscience*, *10*.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00692>
- Fuentes, M. A., Borrego, A., Latorre, J., Colomer, C., Alcañiz, M., Sánchez-Ledesma, M. J., Noé, E., & Llorens, R. (2018). Combined Transcranial Direct Current Stimulation and Virtual Reality-Based Paradigm for Upper Limb Rehabilitation in Individuals with Restricted Movements. A Feasibility Study with a Chronic Stroke Survivor with Severe Hemiparesis. *Journal of Medical Systems*, *42*(5), 87. <https://doi.org/10.1007/s10916-018-0949-y>
- Gabbard, C., Caçola, P., & Cordova, A. (2011). Is there an advanced aging effect on the ability to mentally represent action? *Archives of Gerontology and Geriatrics*, *53*(2), 206–209. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2010.10.006>
- Golaszewski, S. (2018). *Neue Wege in der Rehabilitation | ÖGPB*.
<https://oegpb.at/2018/10/30/neue-wege-in-der-rehabilitation/>

- Halsband, U., & Lange, R. K. (2006). Motor learning in man: A review of functional and clinical studies. *Journal of Physiology, Paris*, 99(4–6), 414–424.
<https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2006.03.007>
- Hasegawa, K., Kasuga, S., Takasaki, K., Mizuno, K., Liu, M., & Ushiba, J. (2017). Ipsilateral EEG mu rhythm reflects the excitability of uncrossed pathways projecting to shoulder muscles. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 14(1), 85. <https://doi.org/10.1186/s12984-017-0294-2>
- Hermann, D. M., & Chopp, M. (2012). Promoting brain remodelling and plasticity for stroke recovery: Therapeutic promise and potential pitfalls of clinical translation. *The Lancet. Neurology*, 11(4), 369–380.
[https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(12\)70039-X](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(12)70039-X)
- Irimia, D. C., Cho, W., Ortner, R., Allison, B. Z., Ignat, B. E., Edlinger, G., & Guger, C. (2017). Brain-Computer Interfaces With Multi-Sensory Feedback for Stroke Rehabilitation: A Case Study. *Artificial Organs*, 41(11), E178–E184.
<https://doi.org/10.1111/aor.13054>
- Kasashima-Shindo, Y., Fujiwara, T., Ushiba, J., Matsushika, Y., Kamantani, D., Oto, M., Ono, T., Nishimoto, A., Shindo, K., Kawakami, M., Tsuji, T., & Liu, M. (2015). *Brain-computer interface training combined with transcranial direct current stimulation in patients with chronic severe hemiparesis: Proof of concept study*. <https://doi.org/10.2340/16501977-1925>
- Kelley, C. M., & McLaughlin, A. C. (2012). Individual differences in the benefits of feedback for learning. *Human Factors*, 54(1), 26–35.
<https://doi.org/10.1177/0018720811423919>
- Kho, A. Y., Liu, K. P. Y., & Chung, R. C. K. (2014). Meta-analysis on the effect of mental imagery on motor recovery of the hemiplegic upper extremity function.

Australian Occupational Therapy Journal, 61(2), 38–48.

<https://doi.org/10.1111/1440-1630.12084>

Kus, R., Valbuena, D., Zygierewicz, J., Malechka, T., Graeser, A., & Durka, P. (2012). Asynchronous BCI based on motor imagery with automated calibration and neurofeedback training. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering: A Publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 20(6), 823–835.

<https://doi.org/10.1109/TNSRE.2012.2214789>

Liu, M., Fujiwara, T., Shindo, K., Kasashima, Y., Otaka, Y., Tsuji, T., & Ushiba, J. (2012). Newer challenges to restore hemiparetic upper extremity after stroke: HANDS therapy and BMI neurorehabilitation. *Hong Kong Physiotherapy Journal*, 30(2), 83–92. <https://doi.org/10.1016/j.hkpj.2012.05.001>

Lu, R.-R., Zheng, M.-X., Li, J., Gao, T.-H., Hua, X.-Y., Liu, G., Huang, S.-H., Xu, J.-G., & Wu, Y. (2019). Motor imagery based brain-computer interface control of continuous passive motion for wrist extension recovery in chronic stroke patients. *Neuroscience Letters*, 718, 134727.

<https://doi.org/10.1016/j.neulet.2019.134727>

Luft, A. R., McCombe-Waller, S., Whittall, J., Forrester, L. W., Macko, R., Sorkin, J. D., Schulz, J. B., Goldberg, A. P., & Hanley, D. F. (2004). Repetitive bilateral arm training and motor cortex activation in chronic stroke: A randomized controlled trial. *JAMA*, 292(15), 1853–1861.

<https://doi.org/10.1001/jama.292.15.1853>

Machetanz, K. (2016). *Multimodales physiologisches Monitoring während einer Motor Imagery-Aufgabe mit BCI-gesteuertem haptischem Feedback* [Erhard Karls Universität zu Tübingen]. <https://doi.org/10.15496/publikation-12852>

- Malouin, F., Richards, C. L., Jackson, P. L., Lafleur, M. F., Durand, A., & Doyon, J. (2007). The Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire (KVIQ) for assessing motor imagery in persons with physical disabilities: A reliability and construct validity study. *Journal of Neurologic Physical Therapy: JNPT*, 31(1), 20–29. <https://doi.org/10.1097/01.npt.0000260567.24122.64>
- Mäser, O. (2018). Neuroplastizität. *Neurplastizität*. <http://www.psychiater-psychotherapie.com/?p=36413>
- Mentha, D. (2008). *Lösungsorientierung & Neuroplastizität: Was sagt die moderne Hirnforschung über unsere Therapie—Und Beratungskonzepte?* 10. <https://doi.org/http://www.nla-schweiz.ch/download/neuroplastizitaet.pdf>.
- Meyer, K., Simmet, A., Arnold, M., Mattle, H., & Nedeltchev, K. (2009). Stroke events, and case fatalities in Switzerland based on hospital statistics and cause of death statistics. *Swiss Medical Weekly*, 139(5–6), 65–69. <https://doi.org/smw-12448>
- Miller, K. K., Combs, S. A., van Puymbroeck, M., Altenburger, P. A., Kean, J., Dierks, T. A., & Schmid, A. A. (2013). Fatigue and pain: Relationships with physical performance and patient beliefs after stroke. *Top Stroke Rehabil.*, 2013 Jul-Aug(20(4)), 347–355. <https://doi.org/10.1310/tsr2004-347>.
- Mizuno, K., Abe, T., Ushiba, J., Kawakami, M., Ohwa, T., Hagimura, K., Ogura, M., Okuyama, K., Fujiwara, T., & Liu, M. (2018). Evaluating the Effectiveness and Safety of the Electroencephalogram-Based Brain-Machine Interface Rehabilitation System for Patients With Severe Hemiparetic Stroke: Protocol for a Randomized Controlled Trial (BEST-BRAIN Trial). *JMIR Research Protocols*, 7(12), e12339. <https://doi.org/10.2196/12339>
- Morone, G., Pisotta, I., Pichiorri, F., Kleih, S., Paolucci, S., Molinari, M., Cincotti, F., Kubler, A., & Mattia, D. (2015). Proof of principle of a brain-computer interface

- approach to support poststroke arm rehabilitation in hospitalized patients: Design, acceptability, and usability. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation*, 1(3 Suppl), S71-78. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2014.05.026>
- Mulder, T. (2007). Motor imagery and action observation: Cognitive tools for rehabilitation. *Journal of Neural Transmission (Vienna, Austria: 1996)*, 114(10), 1265–1278. <https://doi.org/10.1007/s00702-007-0763-z>
- Naros, G., & Gharabaghi, A. (2015). Reinforcement learning of self-regulated β -oscillations for motor restoration in chronic stroke. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00391>
- Naros, G., Naros, I., Grimm, F., Ziemann, U., & Gharabaghi, A. (2016). Reinforcement learning of self-regulated sensorimotor β -oscillations improves motor performance. *NeuroImage*, 134, 142–152. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.03.016>
- Niazi, I. K., Jiang, N., Tiberghien, O., Nielsen, J. F., Dremstrup, K., & Farina, D. (2011). Detection of movement intention from single-trial movement-related cortical potentials. *Journal of Neural Engineering*, 8(6), 066009. <https://doi.org/10.1088/1741-2560/8/6/066009>
- Nicolas-Alonso, L. F., & Gomez-Gil, J. (2012). Brain computer interfaces, a review. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 12(2), 1211–1279. <https://doi.org/10.3390/s120201211>
- Nishimoto, A., Kawakami, M., Fujiwara, T., Hiramoto, M., Honoga, K., Abe, K., Mizuno, K., Ushiba, J., & Liu, M. (2017). Feasibility of task-specific brain-machine interface training for upper-extremity paralysis in patients with chronic hemiparetic stroke. *J Rehabil Med*, 2017(50), 52–58. <https://doi.org/10.2340/16501977-2275>

- Norman, S. L., McFarland, D. J., Miner, A., Cramer, S. C., Wolbrecht, E. T., Wolpaw, J. R., & Reinkensmeyer, D. J. (2018). Controlling pre-movement sensorimotor rhythm can improve finger extension after stroke. *Journal of Neural Engineering*, 15(5), 056026. <https://doi.org/10.1088/1741-2552/aad724>
- Personnier, P., Ballay, Y., & Papaxanthis, C. (2010). Mentally represented motor actions in normal aging: III. Electromyographic features of imagined arm movements. *Behavioural Brain Research*, 206(2), 184–191. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2009.09.011>
- Pichiorri, F., Morone, G., Petti, M., Toppi, J., Pisotta, I., Molinari, M., Paolucci, S., Inghilleri, M., Astolfi, L., Cincotti, F., & Mattia, D. (2015). Brain–computer interface boosts motor imagery practice during stroke recovery. *Annals of Neurology*, 77(5), 851–865. <https://doi.org/10.1002/ana.24390>
- Polit, D. F., & Beck, C. T. (2012). *Nursing Research: Generating and Assessing Evidence for Nursing Practice* (9. Aufl.). Lippincott, Williams & Wilkins.
- Prasad, G., Herman, P., Coyle, D., McDonough, S., & Crosbie, J. (2010). Applying a brain-computer interface to support motor imagery practice in people with stroke for upper limb recovery: A feasibility study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 7(1), 60. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-7-60>
- Prewett, M. S., Yang, L., Stilson, F. R. B., Gray, A. A., Covert, M., Burke, J., Redden, E., & Elliott, L. R. (2006). The benefits of multimodal information: A meta-analysis comparing visual and visual-tactile feedback | Request PDF. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1145/1180995.1181057>
- Rayegani, S. M., Raeissadat, S. A., Sedighipour, L., Rezazadeh, I. M., Bahrami, M. H., Eliaspour, D., & Khosrawi, S. (2014). Effect of Neurofeedback and Electromyographic-Biofeedback Therapy on Improving Hand Function in

Stroke Patients. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 21(2), 137–151.

<https://doi.org/10.1310/tsr2102-137>

Reinkensmeyer, D. J., Emken, J. L., & Cramer, S. C. (2004). Robotics, motor learning, and neurologic recovery. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 6, 497–525. <https://doi.org/10.1146/annurev.bioeng.6.040803.140223>

Remsik, A., Young, B., Vermilyea, R., Kiekoefer, L., Abrams, J., Elmore, S. E., Schultz, P., Nair, V., Edwards, D., Williams, J., & Prabhakaran, V. (2016). A review of the progression and future implications of brain-computer interface therapies for restoration of distal upper extremity motor function after stroke. *Expert review of medical devices*, 13(5), 445–454.

<https://doi.org/10.1080/17434440.2016.1174572>

Ris, I., & Preusse-Bleuler, B. (2015). *AICA: Arbeitsinstrument für ein Critical Appraisal eines Forschungsartikels. Schulunterlagen Bachelorstudiengänge Departement Gesundheit ZHAW.*

Rocha Curado, M., García Cossio, E., Broetz, D., Agostini, M. P., Cho, W., Brasil, F. L., Yilmaz, Ö., Liberati, G., Lepski, G., Birbaumer, N., & Ramos-Murguialday, A. (2014). (PDF) *Residual Upper Arm Motor Function Primes Innervation of Paretic Forearm Muscles in Chronic Stroke after Brain-Machine Interface (BMI) Training*. ResearchGate. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0140161>

Sabari, J. S., & Lieberman, D. (2008). *Occupational Therapy Practice Guidelines for Adults with Stroke*. American Occupational Therapy Association.

Sharma, N., Pomeroy, V. M., & Baron, J.-C. (2006). Motor imagery: A backdoor to the motor system after stroke? *Stroke*, 37(7), 1941–1952.

<https://doi.org/10.1161/01.STR.0000226902.43357.fc>

Shindo, K., Kawashima, K., Ushiba, J., Ota, N., Ito, M., Ota, T., Kimura, A., & Liu, M. (2011). Effects of neurofeedback training with an electroencephalogram-based

- Brain–Computer Interface for hand paralysis in patients with chronic stroke: A preliminary case series study. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 43(10), 951–957. <https://doi.org/10.2340/16501977-0859>
- Skoura, X., Papaxanthis, C., Vinter, A., & Pozzo, T. (2006). Mentally represented motor actions in normal aging. Age effects on the temporal features of overt and covert execution of actions. *Behavioural brain research*, 165, 229–239. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2005.07.023>
- Soekadar, S. R., Birbaumer, N., Slutzky, M. W., & Cohen, L. G. (2015). Brain–machine interfaces in neurorehabilitation of stroke. *Neurobiology of Disease*, 83, 172–179. <https://doi.org/10.1016/j.nbd.2014.11.025>
- Sutton, R. S., & Barto, A. G. (1998). *Reinforcement Learning: An Introduction* (2. Aufl.). The MIT Press.
- Tsuchimoto, S., Shindo, K., Hotta, F., Hanakawa, T., Liu, M., & Ushiba, J. (2019). Sensorimotor Connectivity after Motor Exercise with Neurofeedback in Post-Stroke Patients with Hemiplegia. *Neuroscience*, 416, 109–125. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2019.07.037>
- Tung, S. W., Guan, C., Ang, K. K., Phua, K. S., Wang, C., Zhao, L., Teo, W. P., & Chew, E. (2013). Motor imagery BCI for upper limb stroke rehabilitation: An evaluation of the EEG recordings using coherence analysis. *2013 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 261–264. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2013.6609487>
- Várkuti, B., Guan, C., Pan, Y., Phua, K. S., Ang, K. K., Kuah, C. W. K., Chua, K., Ang, B. T., Birbaumer, N., & Sitaram, R. (2013). Resting State Changes in Functional Connectivity Correlate With Movement Recovery for BCI and Robot-Assisted Upper-Extremity Training After Stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 27(1), 53–62. <https://doi.org/10.1177/1545968312445910>

- Wang, W., Collinger, J. L., Perez, M. A., Tyler-Kabara, E. C., Cohen, L. G., Birbaumer, N., Brose, S. W., Schwartz, A. B., Boninger, M. L., & Weber, D. J. (2010). Neural interface technology for rehabilitation: Exploiting and promoting neuroplasticity. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 21(1), 157–178. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2009.07.003>
- Wang, X., Wong, W., Sun, R., Chu, W. C., & Tong, K.-Y. (2018). Differentiated Effects of Robot Hand Training With and Without Neural Guidance on Neuroplasticity Patterns in Chronic Stroke. *Frontiers in Neurology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00810>
- Wolf, T. J., & Nilsen, D. M. (2017). *Menschen mit Schlaganfall – Leitlinien der Ergotherapie, Band 3* (Bd. 3). AOTA, Mieke le Granse.
- Wong, W. W., Chan, S.-T., Tang, K.-W., Meng, F., & Tong, K.-Y. (2013, März). Neural correlates of motor impairment during motor imagery and motor execution in sub-cortical stroke. *Brain Injury*. https://www.researchgate.net/publication/236066389_Neural_correlates_of_motor_impairment_during_motor_imagery_and_motor_execution_in_sub-cortical_stroke
- Wulf, G., McConnel, N., Gärtner, M., & Schwarz, A. (2002). Enhancing the learning of sport skills through external-focus feedback. *Journal of Motor Behavior*, 34(2), 171–182. <https://doi.org/10.1080/00222890209601939>
- Zich, C., Debener, S., Thoene, A.-K., Chen, L.-C., & Kranczioch, C. (2017). Simultaneous EEG-fNIRS reveals how age and feedback affect motor imagery signatures. *Neurobiology of Aging*, 49, 183–197. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2016.10.011>

ABBILDUNGSVERZEICHNIS:

Abbildung 1: Allgemeiner Aufbau eines BCI Systems: Claßen & Schnitzler (2012, S. 293)....	6
Abbildung 2: Interventionsphase im OTIPM Prozessmodell: Fisher, A.G. (2014, S.29)	9
Abbildung 3: Flussdiagramm Auswahlverfahren: (Mauve & Strehler, 2020)	15

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Keywords: Mauve & Strehler (2020)	12
Tabelle 2: Einschluss & Ausschlusskriterien: Mauve & Strehler (2020)	13
Tabelle 3: Auflistung der Hauptstudien: Mauve & Strehler (2020)	14
Tabelle 4: Zusammenfassung der Studie Wang et al. (2018)	18
Tabelle 5: Kritische Würdigung der Studie Wang et al. (2018).....	20
Tabelle 6: Zusammenfassung der Studie Bundy et al. (2017).....	22
Tabelle 7: Kritische Würdigung der Studie Bundy et al (2017).....	24
Tabelle 8: Zusammenfassung der Studie Lu et al (2019).....	26
Tabelle 9: Kritische Würdigung der Studie Lu et al (2019).....	28
Tabelle 10: Zusammenfassung der Studie Nishimoto et al (2017)	29
Tabelle 11: Kritische Würdigung der Studie Nishimoto (2017).....	31
Tabelle 12: Zusammenfassung der Studie Pichiorri et al (2015).....	33
Tabelle 13: Kritische Würdigung der Studie Pichiorri et al (2015).....	35
Tabelle 14: Zusammenfassung der Studie Rayegani et al (2014).....	36
Tabelle 15: Kritische Würdigung der Studie Rayegani et al (2014).....	38
Tabelle 16: Zusammenfassung der Würdigungen der inkludierten Studien: Mauve & Strehler (2020).....	40
Tabelle 17: Gegenüberstellung der Hauptstudien bezüglich Studiendesign, Setting und Ziel der Hauptstudien: Mauve & Strehler (2020).....	41
Tabelle 18: Gegenüberstellung der Hauptstudien bezüglich Stichprobe und Charakteristiken: Mauve & Strehler (2020).....	43
Tabelle 19: Gegenüberstellung der Hauptstudien bezüglich EEG BCI MI Systeme und Studieninterventionen Mauve & Strehler (2020).....	45
Tabelle 20: Gegenüberstellung der Hauptstudien bezüglich Outcome Messungen und Ergebnisse: Mauve & Strehler (2020).....	47
Tabelle 21: Gegenüberstellung der Hauptstudien bezüglich Ausschlusskriterien: Strehler & Mauve (2020).....	49
Tabelle 22: Ergebnisse zu Zufriedenheit bezogen auf EEG BCI MI System und Interventionen: Mauve & Strehler (2020).....	54
Tabelle 23: Ergebnisse zu Betätigungen: Mauve & Strehler (2020).....	55
Tabelle 24: Ergebnisse zu Performanzfertigkeiten der OEX: Mauve & Strehler (2020).....	56
Tabelle 25: Ergebnisse zu Klientenfaktoren: Mauve & Strehler, (2020).....	57

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ADL	Aktivitäten des täglichen Lebens
AO	Action Observation
APB	Abduktor Pollicis Brevis
ARAT	Action Research Arm Test
aROM	Active Range of Motion
BCI	Brain-Computer Interface
BMI	Brain-Maschine Interface
BRI	Brain-Robot Interface
BF	Biofeedback
COPM	Canadian Occupation Performance Measure
CPM	Continuous Passive Motion
DIG	Distales Interphalangealgelenk
EEG	Elektroenzephalographie
EMG	Elektromyographie
ET	Ergotherapie
FMA	Fugl Meyer Assessment
FMA-UE	Fugl Meyer Assessment Upper Extremity
GS	Grip Strength
HLA	Hohes Lebensalter
JHFT	Jebsen Hand Function Test
MAL	Motor Activity Log-14
MAS	Modified Ashwood Scale
MCID	Minimal Clinically Important Difference
Mcl	Motoricity Index
mBI	Modified Barthel Index
MCP	Metacarpophalangealgelenke
MRC-Scale	Medical Research Council Scale
MI	Motor Imagery
MLA	Mittleres Lebensalter
MMSE	Mini Mental Status Examination
MR	Motor Recovery
NIHSS	National institute of Health Stroke Scale
NFT	Neurofeedbacktraining
pROM	Passives Range of motion
PIP	Proximale Interphalangealgelenk
PS	Pinch Strength
OEX	Obere Extremität
OT	Occupational Therapy
QUEST	Quebec User Evaluation of Satisfaction with assistive Technology 2.0
SMR	Sensomotorischer Rhythmus
ZNS	zentrales Nervensystem

WORTZAHL

- des Abstracts: 168
- der Arbeit: 11'707 (exklusive Titelblatt, Abstract, Tabellen, Abbildungen und Tabellen, Überschriften und Legende von Abbildungen und Tabellen, Literatur- und Inhaltsverzeichnis, Glossar, Abkürzungsverzeichnis, Danksagung, Eigenständigkeitserklärung und Anhänge)

EIGENSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG

Eigenständigkeitserklärung: «Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig, ohne Mithilfe Dritter und unter Benutzung der angegebenen Quellen verfasst habe.» - Handschriftliche Unterschrift Studierende	Eigenständigkeitserklärung: «Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig, ohne Mithilfe Dritter und unter Benutzung der angegebenen Quellen verfasst habe.» - Handschriftliche Unterschrift Studierende
--	--

ANHANG

ANHANG A: GLOSSAR

Aktivitäten*

Aktionen, entworfen und ausgewählt zur Unterstützung der Entwicklung von Performanzfertigkeiten und Performanzmustern, um das Beteiligen an Betätigung zu fördern. (Wolf, T. J., & Nilsen, D. M. (2017). Menschen mit Schlaganfall – Leitlinien der Ergotherapie, Band 3 (Bd. 3). AOTA, Mieke le Granse.)

Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL)*

ADL sind übersetzt die Aktivitäten des täglichen Lebens und spielen eine bedeutende Rolle in der Ergotherapie. Ergotherapie unterstützt und begleitet Menschen jeden Alters, die in ihrer Handlungsfähigkeit eingeschränkt oder von Einschränkung bedroht sind. Ziel ist, sie bei der Durchführung für sie bedeutungsvoller Betätigungen in den Bereichen Selbstversorgung, Produktivität und Freizeit in ihrer persönlichen Umwelt zu stärken. (Therapiezentrum Strehl, Praxis für Logopädie & Ergotherapie. (o.J.). Zugriff am 21.04.2020. <https://therapiezentrum-strehl.de/ergotherapie/adl-unterstuetzung-im-alltag.html>)

Assessments*

Spezielle Werkzeuge oder Instrumente, die im Evaluationsprozess eingesetzt werden. (Wolf, T. J., & Nilsen, D. M. (2017). Menschen mit Schlaganfall – Leitlinien der Ergotherapie, Band 3 (Bd. 3). AOTA, Mieke le Granse.)

Aufgabe*

Was Menschen tun oder getan haben (z. B. Autofahren, einen Kuchen backen, sich anziehen, das Bett machen). (Fisher, A. G. (2014). OTIPM Occupational Therapy Intervention Process Model. Schulz-Kirchner Verlag.)

Betätigung*

Betätigungen sind bedeutungsvolle Tätigkeiten für eine Person, die über einen Zeitraum geschehen, einen Zweck haben und oft von Anderen beobachtet werden können. (American Occupational Therapy Association. (2014). Occupational therapy practice framework: Domain and process. *American Journal of Occupational Therapy*, 68 (1), 1–48.)

Betätigungsperformanz*

Die Betätigungsperformanz beschreibt, wie eine Person eine Handlung ausführt, beziehungsweise wie die dynamische Interaktion der Person selbst, ihrer Betätigung und ihrer Umwelt ist. (Dehnhardt, B. (2012). Canadian Model of Occupational Performance and Engagement (CMOP-E). *Ergotherapie – Fachzeitschrift des ErgotherapeutInnen-Verbandes Schweiz*, 8, 22–26.)

Beeinträchtigung*

Nach ICF Bezeichnung für Schwierigkeiten eines Menschen mit einem Gesundheitsproblem in Bezug auf die Funktionsfähigkeit in seinem aktuellen Kontext, z. B. in Form von Funktionsschädigungen oder Strukturschädigungen des Körpers (Schädigung; Schaden), Einschränkung einer Aktivität oder Teilhabe am Leben in der Gesellschaft. (Pschyrembel Online. (o. J.). *Beeinträchtigung*. Zugriff am 21.04.2020. <https://www.pschyrembel.de/Beeinträchtigung/T00V2/doc/>)

Biomarker*

Objektiv erkenn- und bestimmbares biologisches Merkmal (Protein, Enzym, Hormon), dessen Vorhandensein oder vermehrtes Vorkommen in Geweben und Körperflüssigkeiten ein unverwechselbares, physiologisches (z. B. Blutgruppe) oder auf einen Krankheitszustand hindeutendes (z. B. Tumormarker) Kennzeichen ist. (Pschyrembel Online. (o. J.). *Biomarker*. Zugriff am 21.04.2020. <https://www.pschyrembel.de/Biomarker/H0H6S/doc/>)

Oberen Extremitäten (OEX) *

Extremitäten sind Gliedmassen, die beweglich am Rumpf befestigt sind. Beim Menschen werden obere Extremitäten (Arme) und untere Extremitäten (Beine) unterschieden. (Pschyrembel Online. (o. J.). *Extremitäten*. Zugriff am 21.04.2020. <https://www.pschyrembel.de/extremität/K07F5/doc/>)

Hämorrhagischer Insult*

Unter einem hämorrhagischen Insult wird eine Blutung in andere Hirnbereiche durch eine Ruptur (Riss) im Gehirn genannt. Dies führt zu einer Druckerhöhung auf das umliegende Gewebe, wobei es auch zu einem Gewebsuntergang im Versorgungsgebiet des gerissenen Gefäßes führt. (Dünnwald, U. (2009). Hemiplegie. In C. Habermann & F. Kolster (Hrsg.), *Ergotherapie im Arbeitsfeld Neurologie* (2. Auflage, S. 203–262). Georg Thieme Verlag.)

Hemiparese*

Eine Hemiparese ist eine inkomplette (unvollständige) Lähmung einer Körperhälfte, die beispielsweise durch einen Schlaganfall erworben werden kann. (Pschyrembel Online. (o. J.). *Hemiparese*. Pschyrembel Online. Zugriff am 21.04.2020. <https://www.pschyrembel.de/hemiparese/T01WW/doc/>)

Hemiplegie

Eine Hemiplegie ist eine vollständige Lähmung einer Körperhälfte. Als Synonym wird häufig umgangssprachlich auch Halbseitenlähmung gebraucht. (Pschyrembel Online. (o. J.). *Hemiplegie*. Zugriff am 27.3.2018. <https://www.pschyrembel.de/hemiplegie/K09M2/doc/>)

Intervention*

Gemeinsamer Prozess und praktische Aktionen von Ergotherapeuten und Klienten, um das Beteiligten an Betätigung in Bezug auf die Gesundheit und Partizipation anzubahnen. Eingeschlossen darin sind der Plan, dessen Umsetzung und Überprüfung (American Occupational Therapy Association. (2010). Occupational therapy practice framework: Domain and process. American Journal of Occupational Therapy, 107)

Ischämischer Insult*

Bei einem ischämischen Insult entsteht ein Verschluss eines Gefässes. Dies führt zu einer Minderdurchblutung und zum Sauerstoffmangel im entsprechenden Versorgungsgebiet. Somit wird das Hirngewebe im betroffenen Bereich geschädigt. Dies kann kurzzeitig oder auch dauerhaft und irreparabel sein. (Dünnwald, U. (2009). Hemiplegie. In C. Habermann & F. Kolster (Hrsg.), *Ergotherapie im Arbeitsfeld Neurologie* (2. Auflage, S. 203–262). Georg Thieme Verlag.)

Körperfunktionen*

Physiologische Funktionen von Körpersystemen (einschliesslich psychischer Funktionen). (Wolf, T. J., & Nilsen, D. M. (2017). Menschen mit Schlaganfall – Leitlinien der Ergotherapie, Band 3 (Bd. 3). AOTA, Mieke le Granse.)

Körperstruktur*

Anatomische Teile des Körpers wie Organe, Gliedmassen und ihre Komponenten, die Körperfunktionen unterstützen. (Wolf, T. J., & Nilsen, D. M. (2017). Menschen mit Schlaganfall – Leitlinien der Ergotherapie, Band 3 (Bd. 3). AOTA, Mieke le Granse.)

Kontext*

Eine Reihe von miteinander verbundenen Gegebenheiten innerhalb des und um den Klienten herum, die Performanz beeinflussen, darunter basierend auf dem ICF Personenbezogene Faktoren, Umweltfaktoren, Natürliche Umwelt und Veränderungen durch Menschen, Unterstützung und Beziehungen, Ansichten, Systeme und Regeln. (Fisher, A. G. (2014). OTIPM Occupational Therapy Intervention Process Model. Schulz-Kirchner Verlag.)

Lebensalter*

Frühes Lebensalter (17-29 Jahre), Mittleres Lebensalter (30-64 Jahre) und Hohes Lebensalter (ab 65 Jahren)

Lebensqualität*

Bezeichnung für das mit der subjektiven Bewertung der Lebensbedingungen verbundene (Wohl-)Befinden von Individuen. (Pschyrembel Online. (o. J.). *Lebensqualität*. Zugriff am 21.04.2020.

<https://www.pschyrembel.de/lebensqualität/H0HW8/doc/>

Neurorehabilitation*

Eine Schädigung des Nervensystems führt zu neurologischen Funktionsstörungen (z. B. Bewegungsstörungen, sensorische Störungen, Störungen der höheren Hirnfunktionen), welche sich in Abhängigkeit des persönlichen Hintergrunds und von Umgebungsfaktoren unterschiedlich auf die persönlichen Aktivitäten und soziale Partizipation auswirken können. Das Nervensystem verfügt über Mechanismen, welche eine gewisse Erholung über eine Anpassung der Funktionen bzw. funktionelle Reorganisation erlauben (sog. Neuroplastizität). Die Neurorehabilitation versucht, diese plastischen Mechanismen und damit die Erholung zu fördern durch einen koordinierten Einsatz medizinischer, sozialer, beruflicher, pädagogischer und technischer Massnahmen. Das Hauptziel ist es, trotz bestehender neurologischer Störungen eine möglichst hohe Funktionsfähigkeit und Selbstständigkeit in persönlichen und sozialen Aktivitäten zu erreichen, um den Betroffenen eine möglichst unabhängige aktive Lebensgestaltung und hohe Lebensqualität zu ermöglichen. Aufgrund der Komplexität der Störungsbilder (Wahrnehmung, Bewegung, Sprache, andere höhere Hirnfunktionen) ist in der Regel ein multidisziplinäres Rehabilitationsprogramm durch ein spezialisiertes Team (medizinische Dienste, Pflegedienste, Physiotherapie, Sporttherapie, Ergotherapie, Logopädie, Neuropsychologie u.a.) notwendig, um die Erholung durch ein ziel- und alltagsorientiertes Training spezifisch zu fördern. (Schweizerische neurologische Gesellschaft. (o.J.). *Neurorehabilitation*. Zugriff am 21.04.2020.

<https://www.swissneuro.ch/view/Content/epilepsie>)

Neurophysiologie*

Teilgebiet der Physiologie, das sich mit der Funktionsweise des zentralen und peripheren Nervensystems befasst, v. a. mit der Entstehung von Aktionspotenzialen und der Signalübertragung zwischen Nervenzellen so-wie in neuronalen Netzwerken. Untersuchungsmethoden der neuro-physiologischen Funktionsdiagnostik sind elektrophysiologische und bildgebende Verfahren, z. B. EEG und Brain-mapping. (Psyhyrembel Online. (o. J.). *Neurophysiologie*. Zugriff am 21.04.2020.

<https://www.psyhyrembel.de/neurophysiologie/P038C/doc/>)

Partizipation*

Partizipation bedeutet gesellschaftliche Teilhabe, durch das Einbezogenensein in eine Lebenssituation mittels Tätigkeiten in einem sozialen Kontext.

(ErgotherapeutInnenVerband Schweiz (EVS). (o. J.). *Fachsprache*. Zugriff am 21.04.2020. <http://www.ergotherapie.ch/index.cfm?ID=125&Nav=40>)

Performanzfertigkeiten*

Zielgerichtete Aktionen, die als kleine Einheiten der Ausführung von Beteiligung an alltäglichen Betätigungen beobachtbar sind. Sie werden im Laufe der Zeit erlernt und entwickelt und gehören in bestimmte Kontexte oder Umwelten. Motorische Performanzfertigkeiten sind Fertigkeiten der Betätigungsperformanz, beobachtet wenn die Person sich selbst und Gegenstände der Aufgabe innerhalb der

Aufgabenumwelt bewegt oder mit ihnen interagiert (Fisher, A. G. (2014). OTIPM Occupational Therapy Intervention Process Model. Schulz-Kirchner Verlag.)

ANHANG B: ZUSAMMENFASSUNG DER IN DEN HAUPTSTUDIEN VERWENDETEN ASSESSMENT

EBENE DER KLIENTENFAKTOREN: NEUROMUSKULOSKELETTALE UND BEWEGUNGSBEZOGENE FUNKTIONEN

Assessment	Ziel/Zweck des Instruments	Beurteilung/ Konstrukt	Bemerkungen
FUGL-MEYER ASSESSMENT (FMA-UE) Sensomotorische Funktionen (Körperfunktionen) Fugl-Meyer, Jääskö, Leyman, Olsson, & Steglind, 1975	Erfasst die selektive motorische Kontrolle und misst Bewegungen der Schulter-, Ellbogen-, Hand- und Fingergelenke mit oder ohne Beteiligung von Synergien, zudem noch Gleichgewicht, Gelenkbeweglichkeit und Gelenkschmerzen	Die Qualität der Bewegungen wird in einer dreistufigen Skala dokumentiert (0 = keine Funktion, 1 = Funktion teilweise vorhanden, 2 = vollständige Funktion) Er besteht aus drei Untertests für den Arm: 1. „Motorik der oberen Extremität“ (maximal 66 erreichbare Punkte): Untersuchung der aktiven Bewegungsfähigkeit des Armes A = UPPER EXTREMITY (36) B = WRIST (10) C = HAND (14) D = COORDINATION / SPEED (6) TOTAL A-D (motor function) /66 2. „Sensibilität“ (maximal 12 erreichbare Punkte): Untersuchung des Gefühls für Berührung und für Bewegungen im Arm, H. SENSATION (12) 3. „passives Bewegungsausmass und Schmerz“ bei passivem Bewegen des Armes (maximal 48 erreichbare Punkte): Untersuchung eventueller Einschränkungen der Beweglichkeit in den Gelenken und dabei auftretender Schmerzen. J. PASSIVE JOINT MOTION (24) J. JOINT PAIN (24)	Dem Fugl-Meyer Assessment wird eine hohe Reliabilität und Validität nach Schädler, Kool, Lüthi, Marks, Pfeffer, Oesch, Wirz (2006) zugeschrieben und ist standardisiert. Laut Dettmers, Bülau und Weiller (2007) ist der FMA bei mittel- bis schwergradigen Paresen geeignet, um differentielle Therapieeffekte nachzuweisen.
RANGE OF MOTION (ROM) Gelenkbeweglichkeit (Körperfunktionen)	Dient zum Messen, Festhalten und Objektivieren der Einschränkungen der Beweglichkeit der oberen Extremität	Das Bewegungsausmass kann nach einem standardisierten Vorgehen erfolgen und misst in Graden (mit dem Goniometer). Es gibt Normwerte, dabei unterscheidet wird zwischen den aktiven (aROM) und passiven (pROM) Messungen unterschieden.	Die Anwendung erfolgt interdisziplinär nach einem standardisierten oder institutionsintern definierten Vorgehen für jede Altersgruppe und Erkrankung von motorischen Strukturen (Habermann et al., 2010)
GRIP STRENGTH (GP) Handkraft (Körperfunktionen) Ewald & Kohli 1991	Dient zum Festhalten und Objektivieren von Einschränkungen der Kraft der Hände mittels Dynamometer	Der Durchschnittswert von drei Versuchen ergibt den Wert der Handkraft. Die Werte der Handkraft im Faustschluss können mit Normwerten verglichen werden.	Die Testung erfolgt nach einem standardisierten Vorgehen, die Reliabilität und inhaltliche Validität sind in der neurologischen Rehabilitation bestätigt (Mathiowetz V, Weber K, Volland G, Kashman N. (1984). Reliability and validity of grip and pinch

			strength evaluations. The Journal of hand surgery 1984;9:222-226)
PINCH STRENGTH (PS) Fingerkraft (Körperfunktionen)	Dient zum Festhalten und Objektivieren von Einschränkungen der Fingerkraft	Der Durchschnittswert von drei Versuchen ergibt den Wert der Daumenkraft, der zum Aufheben, Fangen und Halten eines Gegenstands zwischen Daumen und Fingern benötigt wird. Diese Werte können mit Normwerten verglichen werden.	Die Testung erfolgt nach einem standardisierten Vorgehen, die Reliabilität und inhaltliche Validität sind in der neurologischen Rehabilitation bestätigt (Mathiowetz V, Weber K, Volland G, Kashman N. (1984). Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations. The Journal of hand surgery 1984;9:222-226)
Medical Research Council (MRC-Skala) Muskelkraft (Körperfunktion)	Der Kraftgrad ist eine semiquantitative klinische Einteilung, die der Beurteilung der Muskelkraft der Klientel dient. Auch Lähmungen können mit diesen Kraftgraden beschrieben werden.	Er wird im Rahmen der Untersuchung der Extremitäten erhoben und in Anlehnung an das British Medical Research Council in sechs Kraftgrade eingeteilt. 0/5: keine muskuläre Aktivität, komplette Lähmung 1/5: sichtbare und/oder tastbare Kontraktion ohne Bewegung 2/5: Bewegung unter Ausschaltung der Schwerkraft möglich 3/5: Bewegung gegen die Schwerkraft gerade noch möglich 4/5: Bewegung gegen leichten Widerstand 5/5: Normale Kraft	In der Studie von Kleyweg et al. (1991) zeigt sich eine sehr hohe Zuverlässigkeit für die manuelle Krafttestung mit der MRC an sechs verschiedenen Muskelgruppen (unter anderem an auch den Muskelgruppen für die Dorsalextension der Hand), jedoch bei beatmeten Patienten mit Guillain-Barré- Syndrom.
National Institute of Health Stroke Scale NIHSS Neurologische Analyse (Körperfunktionen)	Dient zur Beurteilung eines akuten Schlaganfalls im Rahmen der neurologischen Befunderhebung.	Die Summe der Werte aus den Untersuchungen ergeben maximal 42 Punkte. Je höher die Punktzahl (Score), desto ausgedehnter ist der Schlaganfall. Bei unauffälligem Befund wird ein Score von 0 Punkten erreicht. Ein Score von <4 Punkten bei akutem Schlaganfall weist auf eine wahrscheinlich spontane Besserung hin. Neurologischen Parameter zu Bewusstseinslage, Augenfolgebewegungen, Gesichtsfeld, Gesichtslähmung, Schwäche der oberen und unteren Extremitäten, Ataxie, Aphasie, Dysarthrie und sensible/sensorische Defizite mit Befunderhebung und Punktvergabe.	Es handelt sich um ein standardisiertes Vorgehen, das interdisziplinär angewendet wird.
Motricity-Index (Mcl) Beweglichkeits- und Kraftindex (Körperfunktionen)	Test für das Ausmass der Lähmungen im betroffenen Arm	Die Kraft für drei Bewegungen des Armes wird bewertet: Den Arm in der Schulter abwinkeln (Abduktion), im Ellenbogen beugen (Flexion) und einen Würfel greifen (Spitzgriff). Die maximale Punktzahl von 100 Punkten entspricht der vollen groben Kraft im Arm. Als Testmaterial wird ein 2,5 cm großer Würfel gebraucht.	Laut Demeurisse (1980) ist die Validität und Reliabilität bei dieser Testung in der neurologischen Rehabilitation gegeben.

Demeurisse, 1980			
Modified Ashworth Scale (MAS) Muskeltonus und Motorische Reflexe/ Spastizität (Körperfunktion)	Der Test dient zur Erfassung des vom Tempo abhängigen Widerstands gegen passive Bewegung.	Bewertung Skala: 0 = Kein erhöhter Muskeltonus 1 = Leichter Widerstand am Ende oder Anfang des Bewegungsausmasses (Range of Motion). Es zeigt sich durch ein „catch“ oder loslassen, wenn das Körperteil flektiert oder extendiert wird. 1+ = Leichter Widerstand bei <50 % des Bewegungsausmasses (Range of Motion = ROM) 2 = Deutlicher Widerstand bei >50 % vom ROM, volles ROM möglich 3 = Starker Widerstand, passives ROM erschwert 4 = ROM eingeschränkt eingeschränkt	Validität und Reliabilität nach Schädler, Kool, Lüthi, Marks, Pfeffer, Oesch, Wirz (2006) nicht gut. Er gibt keine valide Information über die Ursache des Widerstands und über die beitragenden Faktoren.

PERFORMANZEBENE

Assessment	Ziel/Zweck des Instruments	Beurteilung/ Konstrukt	Bemerkungen
Action Research Arm Test (ARAT) Arm-Hand Funktion und Greiffunktionen (Aktivität) Lyle, 1981	Dient zur Evaluation von motorischen Defiziten der Arm- und Handfunktion	Anhand von 19 Items, die auf vier Subskalen mit jeweils drei bis sechs Aufgaben aufgeteilt sind: 1. GRASP (zugreifen, anheben und ablegen) - 6 Items 2. GRIP (greifen, anheben und ablegen) – 4 Items 3. PINCH (Präzisionsgriff mit einzelnen Fingern) – 6 Items 4. GROSS MOVEMENT (Grobmotorik der Arme) – 3 Items Beurteilt wird die Qualität der Bewegungsausführung anhand einer Skala von 0-3 (Höchstpunkte pro Arm: 57 Punkte).	Gute Validität und Reliabilität nach Schädler, Kool, Lüthi, Marks, Pfeffer, Oesch, Wirz (2006). Auch nach Sivan et al. (2011) hat der ARAT eine sehr hohe Reliabilität und eine moderat gute Konstruktvalidität. Er wurde für Personen mit kortikalen Beeinträchtigungen entwickelt.
Motor Activity Log (MAL) Arm-Hand Funktion (Aktivität) Uswatte, Taub, Morris, Vignolo, & McCulloch, 2005	Der Test wird als strukturiertes Interview durchgeführt, um den Gebrauch des Armes im Alltag zu erfassen.	Der MAL ist ein Fragebogen, um den Gebrauch des paretischen Armes im Alltag zu untersuchen. Er wird unterteilt in Qualität der Bewegung (0 bis 5 Punkte) und Häufigkeit der Bewegung (0 bis 5 Punkte) (Housman et al., 2009). Die einzelnen Aufgaben beinhalten uni- und bilaterale Tätigkeiten, die von jedem Menschen täglich mehrmals ausgeübt werden (z. B. aus einem Glas trinken oder eine Hose anziehen). Anhand von Skalen wird die Funktionalität bzw. Bewegungsqualität (Quality of Movement, QOM) und Bewegungshäufigkeit (Amount of Use, AOU) in der Verwendung des betroffenen Arms im Alltag von den Betroffenen eingeschätzt.	Gemäss Van der Lee (2004) ist der MAL für chronische Schlaganfallpatienten intern konsistent und relativ stabil.

Jebsen Hand Function Test (JHFT) Arm-Hand Funktion (Aktivität) Jebsen, Taylor, Trieschmann, Trotter, & Howard, 1969	Dient der Messung der Geschicklichkeit bei repräsentativen Handaktivitäten	Durchführung von sieben unilateralen Aufgaben mit Objekten, die den Alltag simulieren sollen. 1. Schreiben 2. Karten umdrehen 3. Kleine Objekte aufnehmen 4. Simuliertes Essen 5. Aufstapeln 6. Grosse, leichte Objekte aufheben 7. Grosse, schwere Objekte aufheben Gemessen wird die Zeit der Bewegungsausführung in Sekunden.	Er wurde ursprünglich für Patienten mit Arthritis entwickelt und ist nun auch in der Neurologie und Handtherapie verbreitet (Jebsen et al., 1969).
---	--	--	--

BETÄTIGUNGSEBENE

Assessment	Ziel/ Zweck des Instruments	Beurteilung/ Konstrukt	Bemerkungen
Canadian Occupational Performance Measure (COPM) Selbstversorgung, Produktivität und Freizeit Law et al., 2014	Durchführung eines halbstrukturierten Interviews, um Problembereiche der Betätigungsperformanz zu erschliessen und eine Basis für die Zielsetzung zu schaffen	Im Interview werden Betätigungen in drei Kategorien eingeteilt: Selbstversorgung, Produktivität und Freizeit. In einem ersten Schritt werden mit Hilfe des Interviews Probleme der Personen im Alltag definiert. Anschliessend folgt eine Einstufung der Wichtigkeit jeder einzelnen Aktivität (0=überhaupt nicht wichtig, 10=besonders wichtig). Maximal fünf prioritäre Probleme werden gemeinsam identifiziert. Diese wiederum werden von den Personen erneut auf einer 10 Punkte Skala betreffend ihrer Performanz und der Zufriedenheit mit der Performanz eingestuft (0=überhaupt nicht gut/zufrieden, 10= besonders gut/zufrieden).	Die Reliabilität des COPM wurde von Forscher bei zahlreichen Personengruppen (darunter auch nach einem Schlaganfall) untersucht und bestätigt (Sewell & Singh, 2001; Cup et al., 2003; Pan et al., 2003; Eysen et al. 2005; Cusick, 2007). Bei einer Vielzahl von unterschiedlichem Klientel (darunter auch nach einem Schlaganfall) untersuchte man die Validität (kongruente, Kriteriums-, konvergente, divergente, Konstrukt und Inhaltsvalidität). Durchgehend bestätigten die Studien die Validität des COPM als Messinstrument der Betätigungsperformanz (Law et al., 2020).

<p>Modified Barthel Index (mBI) Aktivitäten des täglichen Lebens Mahoney & Barthel, 1965</p>	<p>Anwendung eines Fragebogens zur Erfassung der Selbständigkeit im Alltag, misst die Einschränkungen in den ADLs bei Betroffenen eines Schlaganfall</p>	<p>Zur Erfassung grundlegender Alltagsfunktionen der folgenden Bereiche: Essen (10), Baden (5), Körperpflege (5), An- und Auskleiden (10), Stuhlkontrolle (10), Urinkontrolle (10), Toilettenbenutzung (10), Bett- bzw. Stuhltransfer (15), Mobilität (15), Treppensteigen (10). Der maximal erreichbare Score-Wert beträgt 100 Punkte. Es handelt sich um einen Fragebogen, der in Form eines Interviews mit den Betroffenen, Pflegepersonal oder Angehörigen oder anhand von Beobachtungen ausgefüllt wird. Beurteilt wird die Selbstständigkeit einer Person, das bedeutet, inwiefern die Person auf Hilfe jeglicher Art, ob verbal oder körperlich, angewiesen ist.</p>	<p>Gute Validität und Reliabilität nach Schädler, Kool, Lüthi, Marks, Pfeffer, Oesch, Wirz (2006) Laut Sivan et al. (2011) ist der BI in der Test-Retest Reliabilität, in der InterRater Reliabilität sowie in der Konstruktvalidität sehr hoch einzustufen. Diese Testung wurde für Betroffene eines Schlaganfalls und andere Erkrankungen entwickelt.</p>
---	--	--	--

ANHANG C: AUSGEFÜLLTE AICA RASTER

AICA Hilfstabelle: zur Zusammenfassung und systematischen Würdigung (critical appraisal) eines Forschungsartikels

Zusammenfassung der Studie: Contralesional Brain–Computer Interface Control of a Powered Exoskeleton for Motor Recovery in Chronic Stroke Survivors (Bundy et al., 2017)

Einleitung	Methode	Ergebnisse	Diskussion
<p>Forschungsfrage/Zweck:</p> <p>Die Therapie von chronischen motorischen Einschränkungen der OEX ist eine grosse Herausforderung in der Schlaganfallrehabilitation. Die Wirksamkeit der konventionellen therapeutischen, meist peripheren, Ansätze bedingen meist ein gewisses Mass an bestehender Funktion der betroffenen OEX und sind somit bei Personen mit schwerer Hemiplegie nur bedingt anwendbar.</p> <p>Die Forschenden wollen im Rahmen dieser Studie ein BCI System nutzen, um mit dem Training direkt am ZNS anzusetzen und somit die Gehirnplastizität zu fördern. Sie wollen testen, inwiefern der Einbezug der kontraläsionalen Seite die MR der betroffenen Seite positiv beeinflussen kann. Deswegen testen sie ein EEG-BCI System, indem die Signale der kontraläsionalen Hand aufzeichnen und somit die</p>	<p>Design:</p> <p>Beim Design handelt es sich um eine selbstkontrollierte Studie mit Vor- und Nachhermessungen. Das Design wird damit begründet, dass die beste MR nach drei Monaten nach dem Ereignis Schlaganfall vorhanden ist.</p> <p>Sample:</p> <p>Bei der Population handelt es sich um Betroffene eines Schlaganfalls mit mittleren bis schwere motorisch funktionelle Einschränkungen der OEX.</p> <p>Bei der Stichprobe handelt es sich um 10 Personen nach einem Schlaganfall mit chronischer Hemiparese. Der Geschlechterverteilung ist nicht angegeben. Die Stichprobe befindet sich im MLA bis HLA (41-72 Jahre). Es handelt sich im akute und subakute, ischämische oder hämorrhagische Schlaganfälle mit unterschiedlichen Lokalisierungen. Der Zeitraum seit Ereignis beträgt zwischen sechs – 283 Monate. Als Einschlusskriterien wurden definiert, dass die Teilnehmenden mittlere bis schwere motorische Einschränkungen der OEX aufweisen müssen, mindestens sechs Monate seit dem Ereignis Schlaganfall verstrichen sein müssen, dass der MAS nicht mehr als 1+ beträgt (keine starke Spastik) und dass das volle passive ROM in Ellbogen, Handgelenk und Daumen erreichbar sein muss. Als Ausschlusskriterien wurden sensorische, visuelle, kognitive und neurophysiologische Einschränkungen definiert.</p> <p>Die Auswahl der Teilnehmenden wird nur anhand der Ein- und Ausschlusskriterien und dem Screening beschrieben. In dem Zusatzmaterial wird beschrieben und begründet, wie die 10 Teilnehmenden aus 23 Eingeschlossenen rekrutiert worden. Es gibt nur eine Studiengruppe.</p> <p>Datenerhebungen:</p> <p>Es wurden Daten aus physiologischen Messungen und schriftlichen Befragungen erhoben. Alle Daten wurden vor und nach Interventionsdurchführung im Forschungsinstitut erhoben. Das COMP und der ARAT wurden alle zwei Wochen erhoben.</p>	<p>Relevante Ergebnisse:</p> <p>Im ARAT zeigte sich eine Durchschnittsverbesserung um 6,2 Punkte, wobei 6 von 10 Teilnehmenden darüber lagen. Die Forschenden geben an, dass 5,7 Punkte der geschätzte MICD bei Personen mit Schlaganfall mit chronischen motorischen Defiziten ist. Somit kann das Ergebnis als signifikante Funktionsverbesserung eingeschätzt werden.</p> <p>Im Motricity Index (p=0.027), Grip Strenght (p=0.046), COPM (performance: p=0.022; satisfaction:p=0.031) und in den Subscores Grip und Grasp des ARATs wurden signifikante Verbesserung gemessen.</p> <p>Im aROM, MAS (p=0.875), Pinch Strenghts (p=0.125)</p>	<p>Die Forschenden diskutieren die signifikanten und nicht signifikanten Ergebnisse der Studie. Die Ergebnisse das MAS werden nicht konkret erwähnt.</p> <p>Die Forschenden sagen aus, dass mit ihrem BCI-kontrollierten Rehabilitationssystem die MR erleichtert werden kann. Mit dem BCI System konnten funktionell motorische Verbesserungen erzielt werden. Somit kann die Forschungsfrage beantwortet werden.</p> <p>Die Forschenden diskutieren die Limitationen der Studie und vergleichen ihre Ergebnisse mit anderen Studien.</p> <p>Die Forschenden sagen aus, dass in diesem Gebiet weitere Forschung im Rahmen eines RCTs von Nöten ist. Die</p>

<p>betroffene Hand via Exoskelett bewegen.</p> <p>Ihre Hypothese ist, dass dies zu Funktionsverbesserungen in der betroffenen Hand führt.</p> <p>Die Forschenden beziehen sich auf das Konzept der MR.</p> <p>Die Forschenden begründen den Forschungsbedarf damit, dass es Hinweise in der Forschung gibt, dass eine Verbesserung in kontraläsionalen Aktivitäten mit der MR zusammenhängen können. Sie sind die ersten, die ein BCI System entwickelt haben, dass sich auf die unbetroffene Hand bezieht und bei den Benutzenden Zuhause verwendet wird.</p>	<p>Als Messinstrumente wurden der ARAT, das COPM, der Motricity Index, der MAS im Ellbogengelenk, Grip strenght, Pinch strenght und der aROM der MCPs von DIG II-V erhoben. Die Auswahl der Messinstrumente wurde begründet.</p> <p>Das BCI System zeichnete die Tage und Zeit auf, in der die Benutzenden Zuhause trainiert haben.</p> <p>Intervention:</p> <p>Vor Interventionsbeginn wurden ein EEG-Screening und die Messinstrumente durchgeführt. Anschliessend wurde das Exoskelett angepasst und die Teilnehmenden wurden im Umgang mit dem BCI System geschult.</p> <p>Das BCI Training wurde 12 Wochen lang mindesten fünf Mal pro Woche durchgeführt. Während der Intervention führten die Teilnehmenden Fingerextension und -flexion im 3 Finger Pinch Grip der unbetroffenen Hand aus und die Bewegungen wurden durch das System gemessen. Mittels des EEG BCI Systems wurden die Bewegungen auf das Exoskelett übertragen, dass die Bewegungen der unbetroffenen Hand auf die betroffene Hand übertragen hat.</p> <p>Analyseverfahren</p> <p>Beim COPM, Motricity Index und dem MAS wurde das ordinale Datenniveau angegeben. Das aRom, Grip Strenght und Pinch Strenght weisen ein Proportionales Datenniveau auf und der ARAT ein ordinales Datenniveau.</p> <p>Beim ARAT, aROM, Grip Strenght und Pinch Strenght wurden Paired Sample t-Tests angewendet, um die statistische Signifikanz der Ergebnisveränderungen zu evaluieren. Beim COPM, Motricity Index und dem MAS wurden Signed-Rank Tests durchgeführt, um die statistische Signifikanz der Ergebnisveränderungen zu evaluieren.</p> <p>Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0.05$ festgelegt.</p> <p>Ethik:</p> <p>Das Studienprotokoll wurde vom Prüfungsgremium der Washington University School of Medicine akzeptiert. Alle PatientInnen gaben ihr schriftliches Einverständnis zur Studienteilnahme. Konkrete ethische Fragen wurden nicht diskutiert.</p>	<p>und den Subscores Pinch und Gross des ARATs wurden keine Ergebnisveränderungen festgestellt.</p> <p>Die Ergebnisse werden verständlich präsentiert und durch Grafiken und Tabellen untermauert. Im Zusatzmaterial sind weitere Informationen ersichtlich.</p>	<p>Umsetzung eines BCI Heimprogramms kann aufgrund des geringen Personalaufwands Kosten reduzieren und die Therapieintensität erhöhen. Zudem bietet es ein hohes Mass an Flexibilität für die Benutzenden. Die Forschenden raten, das Exoskelett weiter zu entwickeln, um eine höhere Anwendungsfreundlichkeit zu erzielen.</p>
--	--	--	---

Würdigung der Studie: Contralesional Brain–Computer Interface Control of a Powered Exoskeleton for Motor Recovery in Chronic Stroke Survivors (Bundy et al., 2017)

Einleitung	Methode	Ergebnisse	Diskussion
<p>Die Studie beantwortet die Frage der Bachelorarbeit, inwiefern BCI MI Systeme bei der motorisch funktionellen Rehabilitation von Betroffenen von Schlaganfall, insbesondere bei schwer Betroffenen unterstützen kann.</p> <p>Die Forschungsfrage ist klar definiert und durch Hypothesen ergänzt. Das Thema wird umfassend durch Literatur untermauert.</p>	<p>Design:</p> <p>Die Leser gehen davon aus, dass die Forschenden das Studiendesign damit begründen, dass im Zeitraum der besten MR die meisten Betroffenen bereits Zuhause sind, bei ihnen aber dennoch Rehabilitationspotential besteht. Dies erscheint als logische Begründung für den Ansatz der selbstkontrollierten Studie, ist allerdings keine Begründung, warum kein aussagekräftigeres Studiendesign mit verschiedenen Interventionsgruppen verwendet wurde.</p> <p>Die Gefahren der internen Validität wurden durch das Home-based Setting kontrolliert. Durch mangelnde Randomisierung können die Gefahren der externen Validität nicht kontrolliert werden.</p> <p>Sample:</p> <p>Es können keine Angaben darüber gemacht werden, ob die Stichprobenziehung für das Design angebracht ist. Die Forschenden geben keine Angaben darüber, wie und womit sie „mittlere bis schwere Einschränkungen“ definieren. Dadurch ist die Auswahl der Teilnehmenden nur begrenzt nachvollziehbar.</p> <p>Die Stichprobe ist nur zum Teil auf die Zielpopulation übertragbar, da sich die Population auf Mittel- bis Schwerbetroffene bezieht und Spastiken und Einschränkungen des pROMs in dieser häufig auftreten. In der Stichprobe wurden allerdings nur Personen mit maximal leichter Spastik und ohne Einschränkungen des pROMs eingeschlossen.</p> <p>Die Stichprobengröße ist in Bezug auf die Zielpopulation sehr klein und wird nicht ausreichend begründet.</p> <p>Es wurden keine Vergleichsgruppen erstellt. Von den anfangs 23 Teilnehmenden starteten 13 mit der Intervention und nur 10 beendeten die Studie. Im Zusatzmaterial wurden die Drop-Outs detailliert beschrieben. Da nur drei der Drop-Outs während der Intervention ausgeschlossen wurden, ist davon auszugehen, dass dies keine schwerwiegenden Auswirkungen auf die Ergebnisse hat.</p> <p>Datenerhebung:</p> <p>Die Datenerhebung ist für die Fragestellung nachvollziehbar. Die Methoden der Datenerhebung sind für alle Teilnehmenden gleich und die Daten sind komplett erhoben. Im Zusatzmaterial sind weitere Informationen erhältlich.</p> <p>Die Messinstrumente sind reliabel und valide. Bei der Durchführung des Pinch Strenght und Grip Strenght wurde sich an standardisierte Protokolle gehalten. Die Messungen wurden durch ergotherapeutisches</p>	<p>Die Ergebnisse sind präzise, allerdings gibt es keine Angaben über die Ergebnisse der einzelnen Teilnehmenden. Die Tabellen und Grafiken sind präzise, vollständig und eine Ergänzung zum Text.</p>	<p>Es werden alle Ergebnisse ausser der MAS diskutiert und die Interpretation stimmt mit den Resultaten überein. Die Ergebnisse werden mit anderen Studien verglichen und die Forschenden suchen nach alternativen Erklärungsansätzen.</p> <p>Diese Studie ist für die Bachelorarbeit sinnvoll. Die Forschenden wägen die Stärken und Schwächen umfangreich ab. Die Intervention ist auf die Praxis übertragbar, muss aber weiter untersucht und entwickelt werden. Die Studie wäre in einem klinischen Setting reproduzierbar.</p>

Fachpersonal durchgeführt. Die Auswahl der Messinstrumente wird begründet und mögliche Verzerrungen und Einflüsse auf die Intervention werden beschrieben.

Die Verfahren der Datenerhebung werden knapp, aber vollständig beschrieben.

Datenanalyse:

Die statistischen Verfahren wurden soweit sinnvoll angewendet. Die Signifikanz der Ergebnisveränderungen im ARAT wurde mit einem Paired Sample t-Test berechnet. Diese Berechnung ist erst ab einem proportionalen Datenniveau zulässig und da der ARAT ein ordinales Datenniveau aufweist, ist diese Berechnung unangebracht.

Aus diesem Grund müssen die statistischen Angaben zum ARAT kritisch überprüft werden. Alle anderen statistischen Angaben erlauben eine Beurteilung.

Die Höhe des Signifikanzniveaus ist nachvollziehbar und begründet. Der ausgeschriebene Wert des Signifikanzniveaus wurde in der Legende einer Grafik gefunden.

AICA Hilfstabelle: zur Zusammenfassung und systematischen Würdigung (critical appraisal) eines Forschungsartikels

Zusammenfassung der Studie: Motor imagery based brain-computer interface control of continuous passive motion for wrist extension recovery in chronic stroke patients (Lu et al., 2019)

Einleitung	Methode	Ergebnisse	Diskussion
<p>Forschungsfrage/Ziel:</p> <p>Motorische Defizite von Handgelenk und Fingern nach Schlaganfall bleiben oft lebenslang bestehen und sind schwierig therapierbar. Die chronische Hemiplegie wird als grosse therapeutische Herausforderung gesehen.</p> <p>Die Kombination von MI mit konventioneller Therapie ist oft effektiv für die Rehabilitation der OEX und UEX. Zusätzlich können BCI Systeme das Rehabilitationspotential von MI erhöhen und zu besseren motorischen Outcomes bei schweren motorischen Defiziten beitragen.</p> <p>Der Zweck der Studie ist, EEG BCI MI mit Handgelenks CMP Robotik zu kombinieren und bei Personen mit schwerer Hemiplegie eine motorische Verbesserung zu erzielen. Sie möchten die Möglichkeit einer Durchführung von EEG BCI MI Interventionen aufzeigen.</p> <p>Sie beziehen sich auf das Prinzip des motorischen Lernens.</p>	<p>Design:</p> <p>Als Design wurde eine preliminary observational Studie mit Vor- und Nachhervergleich gewählt. Das Design wird erst in den Limitationen oder im Abstract erwähnt und nicht begründet.</p> <p>Sample:</p> <p>Bei der Population handelt es sich um Betroffene eines Schlaganfalls mit motorischen Defiziten der Handgelenks- und Fingerfunktionen. Bei der Stichprobe handelt es sich um 26 Betroffene eines Schlaganfall mit chronischen motorischen Einschränkungen, wovon 21 die Studie beendet haben. Es wurden 23 Männer und drei Frauen im FLA bis HLA (17-77 Jahre) eingeschlossen.</p> <p>Das Ausmass und der Ort der Läsion ist unilateral nach einem ischämischen oder hämorrhagischem Schlaganfall und die meisten Teilnehmenden sind motorisch linksseitig betroffen. Die funktionelle Beeinträchtigung wird als chronifiziert eingeschätzt. Der Schlaganfall ist zwischen sechs und 43 Monate her. Die Teilnehmenden dürfen keine kognitiven (MMSE < 26) und visuellen Einschränkungen und visuell sichtbaren willkürlichen Handgelenksexension aufzeigen. Weitere Angaben bezüglich personellen Faktoren und Umweltfaktoren werden nicht genannt.</p> <p>Die Auswahl der Teilnehmenden wird nur Anhand der Einschlusskriterien und des EEG-Screenings beschrieben. Es gibt nur eine Studiengruppe.</p> <p>Datenerhebung:</p> <p>Es wurden physiologische Messungen (ROM, EEG classification accuracy und Mi induzierte EEG-Muster) und strukturierte Beobachtungen (Barthel-Index) durchgeführt. Das EEG wurde dauerhaft überwacht. Das aROM und der Barthel-Index wurden vor und nach sechs Wochen Intervention erhoben.</p> <p>Die Teilnehmenden wurden vor Interventionsbeginn zwei Tage im Umgang mit dem EEG BCI MI System geschult. Anschliessend wurde ein EEG-Screening und die Testung der Handgelenksfunktion durchgeführt. Die</p>	<p>Relevante Ergebnisse:</p> <p>Die Teilnehmenden waren zu Interventionsbeginn nicht in der Lage, ihr Handgelenk aktiv in Extension zu bringen. Im ROM wiesen 17 von 21 Teilnehmenden eine Verbesserung nach 4 Wochen auf. Im aktiven ROM erzielten sie eine durchschnittliche Verbesserung von 24.05 +- 14.46° (Flexion: 2.38 +- 3.01° und Extension: 21.19 +- 14.04°).</p> <p>Im mBI erzielten die Teilnehmenden eine nicht signifikante Verbesserung von 3.1 +- 4.02 Punkte. Die motorisch funktionellen Ergebnisse werden durch eine Tabelle, aber keine Grafiken präsentiert.</p>	<p>Die motorisch funktionellen Ergebnisse werden diskutiert. 80 % der Teilnehmenden zeigten Verbesserungen in der aktiven Handgelenksexension und dies ist laut Lu et al. sehr ermutigend für die Teilnehmenden. Es waren keine Verbesserungen im mBI ersichtlich.</p> <p>Die Fragestellung, ob die Teilnehmenden sich durch das BCI MI System motorisch verbessern können, konnte durch die Verbesserung im aROM bejaht werden.</p> <p>Die Limitationen der Studie werden diskutiert und die Ergebnisse werden mit ähnlichen Studien verglichen.</p> <p>Das BCI MI System mit CPM ist kein Ersatz für die konventionelle Rehabilitationstherapie.</p> <p>Das BCI MI System mit CPM bietet unter anderem eine Rehabilitationsmöglichkeit für schwer betroffenen hemiplegische Betroffene eines Schlaganfalls, bei denen das Potential einer spontanen Erholung stark limitiert ist.</p>

<p>Die Forschenden begründen den Forschungsbedarf damit, dass es kaum Literatur über effektive Methoden für die Rehabilitation von Fingern und Handgelenk nach Schlaganfall gibt, es allerdings gute Evidenz bezüglich des erfolgreichen Einsatzes von EEG BCI MI Systemen in der Rehabilitation der OEX nach Schlaganfall gibt. Zudem sagen die Forschenden aus, dass die Extension und Flexion des Handgelenks im Alltag benötigt wird.</p>	<p>Intervention umfasst sechs Wochen Training mit 20 Sessionen. Jede Session bestand aus zwei Parts, einer EEG-Kalibrierung unter Supervision und einem MI BCI betriebenen CPM Training. Beim CPM Training wurden die Teilnehmenden anhand von Pfeilen auf einem Monitor visuell angeregt, sich Handgelenksexension und -flexion der betroffenen Hand vorzustellen. Das Feedback über die Ausführungsqualität wurde via Smileys auf einem Monitor vermittelt und propriozeptives Feedback wurde mithilfe eines CPM Handroboters vermittelt, der das Handgelenk von 30° Flexion in 40° Extension bewegte. Bei nicht-adäquater Ausführung vom MI bewegte sich das CPM nach dreimaligen Fehlversuchen automatisch, um die Motivation der Teilnehmenden aufrecht zu erhalten.</p> <p>Datenanalyse:</p> <p>Das Datenniveau der erhobenen Variablen wurde nicht angegeben. Die Variablen des ROMs weisen das proportionale Datenniveau auf, der Barthel-Index das ordinale Skalenniveau.</p> <p>Die statistischen Datenanalysen wurden mit dem SPSS (Version 20.0) durchgeführt. Sie beschreiben einen durchgeführten Mann-Whitney U Test, um die Gruppenunterschiede herauszufinden. Es wurde nicht definiert, welche Variablen untersucht worden. Für diese Berechnung wurde ein Signifikanzniveau von $p < 0.05$ festgelegt.</p> <p>Ethik:</p> <p>Das Studienprotokoll wurde vom ethischen Komitee des Huashan Krankenhauses abgesegnet. Es wurden keine ethischen Fragen diskutiert.</p>		<p>Laut Lu et al. Wird weitere Forschung benötigt.</p>
---	--	--	--

Würdigung der Studie: Motor imagery based brain-computer interface control of continuous passive motion for wrist extension recovery in chronic stroke patients (Lu et al., 2019)

Einleitung	Methode	Ergebnisse	Diskussion
<p>Die Studie beantwortet eine wichtige Frage der ergotherapeutischen Berufspraxis und der Bachelorarbeit, da es um das Problem der motorischen Rehabilitation nach Schlaganfall, insbesondere bei Handgelenk und Fingern, geht. Dies stellt in der Praxis ein grosses therapeutisches Problem dar</p>	<p>Design</p> <p>Die Verbindung zwischen der Forschungsfrage und Studiendesign ist sinnvoll, wenn auch nicht erklärt. Ein RCT wäre aussagekräftiger.</p>	<p>Die Ergebnisse werden präzise gemessen und durch den Mittelwert und die Standardabweichung der Ergebnisse der</p>	<p>Es werden alternative Erklärungsansätze diskutiert und alle Ergebnisse werden in Übereinstimmung mit den Resultaten und im Vergleich zu anderen Studien diskutiert.</p>

<p>und schränkt die Alltagsperformanz der Betroffenen erheblich ein. EEG BCI MI Systeme weisen diesbezüglich ein grosses Potential auf.</p> <p>Die Forschungsfrage wurde in der Einleitung unklar formuliert und muss dem Abstract entnommen werden. Es wurden keine sichtlichen Hypothesen aufgestellt.</p> <p>Das Thema wird verständlich und logisch durch empirische Literatur untermauert.</p>	<p>Die interne Validität wurde kontrolliert und beschrieben. Bezüglich der externen Validität wurden keine Angaben gemacht.</p> <p>Sample</p> <p>Die Stichprobenziehung wurde nicht beschrieben und es können keine Aussagen darüber getroffen werden, woher sie die Teilnehmenden rekrutiert haben. Somit ist auch die Beschreibung des Settings nicht möglich.</p> <p>Die Stichprobe ist repräsentativ für die Zielpopulation. Die Stichprobengrösse ist zu klein. Es gab fünf Drop-Outs, wobei vier Teilnehmende für das Training ungeeignet waren und eine Person aus nicht-medizinischen Gründen ausschied. Es wurden keine Angaben darüber gemacht, ob dies die Ergebnisse beeinflusste. Es wurden keine Vergleichsgruppen erstellt.</p> <p>Es wurden keine Angaben darüber gemacht, ob es sich um akute oder subaktive Krankverläufe handelt.</p> <p>Datenerhebung</p> <p>Die Datenerhebung ist für die Fragestellung nachvollziehbar und gut auf die ET-Praxis übertragbar. Die Methoden der Datenerhebung sind für alle Teilnehmenden gleich und komplett erhoben.</p> <p>Die Messinstrumente sind reliable und valide. Es wurden keine Angaben bezüglich der Durchführungsstandards des ROMs gemacht. Die Auswahl der Messinstrumente wurde nicht begründet. Die Messungen wurden von verblindeten Ärzten durchgeführt.</p> <p>Datenanalyse</p> <p>Die einzige Angabe zur Datenanalyse können keinen konkreten Variablen zugeordnet werden somit ist keine Interpretation des Ergebnisses möglich. Es wurden keine Signifikanzniveaus angegeben.</p> <p>Ethik</p> <p>Das schriftliche Einverständnis der Teilnehmenden zur Studiendurchführung wurde eingeholt. Es wurden keine ethischen Fragen diskutiert.</p>	<p>Teilnehmenden angegeben.</p> <p>Die Tabelle, in der die motorisch funktionellen Ergebnisse aufgelistet wurden, ist vollständig und präzise und somit eine Ergänzung zum Text.</p>	<p>Die Studie ist für die Bachelorarbeit sinnvoll und Stärken und Schwächen werden abgewogen.</p> <p>Die Intervention wäre in der klinischen Praxis umsetzbar und die Studie wäre in einem klinischen Setting wiederholbar.</p>
---	--	--	---

AICA Hilfstabelle: zur Zusammenfassung und systematischen Würdigung (critical appraisal) eines Forschungsartikels

Zusammenfassung der Studie: Feasibility of task-specific brain-machine interface training for upper-extremity paralysis in patients with chronic hemiparetic stroke (Nishimoto et al., 2017)

Einleitung	Methode	Ergebnisse	Diskussion
<p>Forschungsfrage/Zweck</p> <p>Schlaganfall ist eine der häufigsten neurologischen Erkrankungen weltweit, insbesondere bei Personen im HLA. 30-60 % aller Betroffenen eines Schlaganfalls mit Hemiparese haben noch sechs Monate nach dem Schlaganfall motorische Einschränkungen, was weitreichende Konsequenzen für den Alltag der Betroffenen hat.</p> <p>EEG BMI MI Systeme bieten eine neue Möglichkeit der Rehabilitation der OEX nach Schlaganfall.</p> <p>Das Ziel der Studie ist die Testung eines neuen kompakten EEG BMI MI Systems im klinischen Alltagssetting. Dieses System soll aufgabenspezifisches Training mit</p>	<p>Design</p> <p>Bei dem Design der Studie handelt es sich um eine prospektive Vor- und Nachher Studie. Sie begründen in der Schlussfolgerung das Design damit, dass es sich um eine Pilotstudie handelt, die als Vorarbeit für weitere Studien gedacht ist.</p> <p>Sample:</p> <p>Bei der Population handelt es sich um Betroffene eines Schlaganfalls mit motorischen Defiziten der OEX in einem rehabilitativen Setting. In der Stichprobe wurden 26 Personen der Rehaklinik des Keio University Krankenhauses rekrutiert. Es werden keine Angaben über die Geschlechterverteilung der Stichprobe gemacht. Die Stichprobe ist im MLA bis HLA, die Altersspanne reicht von 26 bis 71 Jahre. Die Entstehungsgeschwindigkeit des Schlaganfalls wird nicht beschrieben. Über Läsionsort und -ausmass wird beschrieben, dass es sich um unilaterale subkortikale Schlaganfälle handelt, die ischämisch oder hämorrhagisch verursacht wurden.</p> <p>Alle Teilnehmenden sind links- oder rechtsseitig hemiparetisch betroffen und haben die Fähigkeit, ihre Hand bis auf Brusthöhe zu heben. Die Teilnehmenden weisen keine aktive Fingerextension auf und zeigten nach 30 Tagen seit Ereignis Schlaganfall keine neuen motorischen Verbesserungen. Der Zeitdauer seit dem Ereignis Schlaganfall beträgt mindestens 180 Tage. Als Ausschlusskriterium wurden Schmerzen in den OEX, epileptische Potentiale, Herzschrittmacher, die Unfähigkeit selbstständig mit Hilfsmitteln im Alltag laufen zu können und kognitive Defizite festgelegt (MMSE <25).</p> <p>Aus 50 Personen wurden mittels der Ein- und Ausschlusskriterien zwischen 2011-2013 26 Personen der Rehaklinik rekrutiert. Weiter wurde die Auswahl der Stichprobe nicht beschrieben. Es gibt nur eine Studiengruppe.</p> <p>Datenerhebung</p> <p>Es wurden physiologische Messungen, Beobachtungen und strukturierten Interviews erhoben. Die Daten werden einmal vor Interventionsbeginn und einmal nach Interventionsabschluss erhoben.</p> <p>Als Messinstrumente wurden der FMA-UE A-C und der MAL durchgeführt. Zusätzlich wurde die Anzahl der korrekt aufgehobenen Stäbchen in einem Zeitraum von einer Minute gezählt und das ergotherapeutische Fachpersonal wurden mittels eines Fragebogens (QUEST 2.0)</p>	<p>Relevante Ergebnisse</p> <p>Der Mittelwert vom FMA-UE hat sich um 3.3 Punkte (SD=2.9) erhöht. Beim MAL (d=0.88) wurde ein grosses Ergebnis gemessen.</p> <p>Bei dem FMA-UE (d=0,55), des FMA-UE A (d=0.51) und der Stäbchenanzahl (d=0.68) wurde ein moderates Ergebnis gemessen. Beim FMA-UE C (d=0.3) wurde ein kleines Ergebnis gemessen.</p> <p>Die vier Personen des ergotherapeutischen Fachpersonals äussern sich als zufrieden in Bezug auf Gewicht, Umsetzbarkeit, Sicherheit und Effektivität des Programms.</p> <p>Die Ergebnisse werden zwar in einer Tabelle dargestellt, allerdings fehlen Angaben zu den einzelnen Studienteilnehmenden.</p>	<p>Die unsignifikanten Ergebnisse werden nicht diskutiert. Die Forschenden sagen aus, das durch die Intervention eine Funktionsverbesserung der OEX erzielt werden konnte. Zudem konnte eine Verbesserung der Menge des Einsatzes der betroffenen Extremität in den ADLs bestätigt werden. Somit kann die Forschungsfrage positiv beantwortet werden.</p> <p>Die Limitationen der Studie werden diskutiert und die Ergebnisse werden mit anderen Studien verglichen.</p> <p>Die Forschenden geben an, dass weitere Forschung mit einer grösseren Stichprobe für die Weiterentwicklung des EEG BMI MI Systems von Nöten wäre. Die Anwendung der BMI Systems in der Praxis ist aus Sicht der Anwendenden und des therapeutischen</p>

<p>Greifbewegungen ermöglichen.</p>	<p>über ihre Zufriedenheit mit dem BMI System befragt. Die Durchführung des FMA-UE und des MAL wurde mit ihrer Reliabilität und Validität bei der Population begründet.</p>	<p>Fachpersonals sicher und effektiv.</p>
<p>Die Studie basiert auf der Theorie der MR, die mit der Restoration von neuronalen Strukturen zusammenhängt.</p>	<p>Anfangs wurde ein EEG-Screening und ein BMI Probetraining durchgeführt.</p> <p>Jede Person hatte zusätzlich von der Studie täglich 40min konventionelle Ergotherapie. Die Interventionsdauer betrug 10 Tage a 40min.</p>	
<p>Die Forschenden begründen den Forschungsbedarf damit, dass sie meisten bisherigen Studien unter Laborbedingungen stattfanden und somit ihre klinische Übertragbarkeit limitiert ist. Zudem behandeln die meisten Studien das Thema der Fingerextension bzw. Flexion bei einer Hemiplegie. Die Forschenden sind der Meinung, dass Funktionen des Greifens in Kombination mit der Armextension für die Ausführung von ADLs wichtig ist.</p>	<p>Die Teilnehmenden trugen eine Orthese zur Stützung des Unterarms und eine motorbetriebene Orthese zur Durchführung der Fingerextension allen MCPs und PIPs. Die Teilnehmenden hatten auf einem Tisch vor ihnen 30 Stäbchen, die sie nacheinander mit dem betroffenen Arm in der Orthese aufheben müssen. Anschliessend zeigte ein Monitor des BMI Systems mit Countdown von 8sek die Aufgabe an, die entweder darin bestand, MI in Form von Fingerextension durchzuführen oder in Form von Entspannen der Hand. Das Feedback erfolgte in visueller Form durch den Monitor und propriozeptiv mittels der Orthese und elektrischer Stimulation des Extensor digitorum communis. Bei inkorrektter MI-Ausführung gab das System kein Feedback.</p> <p>Datenanalyse</p> <p>Es werden keine Datenniveaus beschrieben. Der FMA-UE und der MAL weisen das ordinale Datenniveau auf. Die Zählung der aufgehobenen Stäbchen weist das proportionale Datenniveau auf.</p> <p>Alle statistischen Analysen wurden mit dem SPSS 21.0 analysiert. Mit dem Wilcoxon Signed-Rank Test wurden die Unterschiede der Ergebnisse des FMA-UE A, FMA-UE B, FMA-UE C, MAL und der Stäbchenanzahl vor und nach der Intervention berechnet. Die Effektgrösse wurde mittels Cohens Statistik berechnet.</p> <p>Signifikanzniveaus und Effektgrössen wurden festgelegt und die klinischen Abweichungen wurden berechnet.</p> <p>Ethik</p> <p>Das Studienprotokoll wurde vom institutionellen ethischen Untersuchungsgremium bewilligt. Die Teilnehmenden wurden schriftlich informiert und das schriftliche Einverständnis der Teilnehmenden wurde eingeholt. Konkrete ethische Fragen wurden nicht diskutiert.</p>	

Würdigung der Studie: Feasibility of task-specific brain-machine interface training for upper-extremity paralysis in patients with chronic hemiparetic stroke (Nishimoto et al., 2017)

Einleitung	Methode	Ergebnisse	Diskussion
<p>Die Studie beantwortet die Frage der Bachelorarbeit, inwiefern EEG BMI MI Training bei der Neurorehabilitation von Betroffenen eines Schlaganfalls bei der motorischen Rehabilitation unterstützen kann.</p> <p>Die Forschungsfrage ist klar definiert und durch Hypothesen ergänzt. Das Thema wird durch empirische Literatur untermauert.</p>	<p>Design</p> <p>Grundsätzlich wäre ein RCT für die Forschungsfrage aussagekräftiger gewesen. Da es sich aber laut den Forschenden um eine Vorarbeit für folge Forschung handelt, ist das Studiendesign nachvollziehbar.</p> <p>Die Gefahren der externen Validität wurden nicht kontrolliert, die der internen Validität wurde in Bezug auf das rehabilitative Setting teilweise kontrolliert.</p> <p>Sample</p> <p>Die Stichprobenziehung erfolgte nicht randomisiert. In Bezug auf das Studiendesign und das rehabilitative Setting erscheint die Stichprobenziehung angebracht.</p> <p>Die Stichprobe ist nur zum Teil repräsentativ, da die Stichprobe vorwiegend im MLA ist, die Population aber tendenziell eher dem HLA zuzuordnen ist. Zudem ist die Zeit seit dem Ereignis Schlaganfall nur minimal 180 Tage, wodurch sich die Teilnehmenden noch zum Teil in der Phase der spontanen motorischen Erholung befinden.</p> <p>Die Stichprobengröße ist in Bezug auf die Zielpopulation zu klein und nicht begründet. Es wurden keine Vergleichsgruppen erstellt. Es wurden keine Angaben zu Drop-Outs gemacht.</p> <p>Datenerhebung:</p> <p>Die Datenerhebung ist für die Fragestellung nachvollziehbar und bei alle Teilnehmenden gleich. Es ist nicht nachvollziehbar, ob die Daten komplett erhoben wurden.</p> <p>Die angewendeten Messinstrumente sind valide und reliable und wurden von geblendeten Fachpersonen angewendet.</p> <p>Die Auswahl der Messinstrumente ist nachvollziehbar. Weitere mögliche Verzerrungen sind nicht erwähnt.</p> <p>Datenanalyse</p> <p>Die für die Bachelorarbeit relevanten Datenanalysen wurden klar beschrieben und die statistischen Verfahren wurden sinnvoll angewendet. Die verwendeten statistischen Tests entsprechen den jeweiligen Datenniveaus und erlauben eine Beurteilung. Die Höhe der Signifikanzniveaus ist nachvollziehbar.</p> <p>Ethik</p> <p>Die Teilnehmenden haben keine Nebenwirkungen durch die Intervention erlebt. Weitere ethische Fragen wurden nicht diskutiert.</p>	<p>Die Ergebnisse sind angegeben, allerdings für den Leser schwer interpretierbar.</p> <p>Die Tabellen sind präzise und vollständig.</p>	<p>Die Interpretation der Ergebnisse stimmt mit den Resultaten überein. Die Resultate werden mit Literatur verglichen. Es werden keine alternativen Erklärungsansätze gesucht.</p> <p>Die Studie wäre in anderen klinischen Settings reproduzierbar.</p> <p>Die Studie ist für die Bachelorarbeit sinnvoll.</p>

AICA Hilfstabelle: zur Zusammenfassung und systematischen Würdigung (critical appraisal) eines Forschungsartikels

Zusammenfassung der Studie: Brain–computer interface boosts motor imagery practice during stroke recovery (Pichorri et al., 2015)

Einleitung	Methode	Ergebnisse	Diskussion
<p>Forschungsfrage/Ziel</p> <p>Pichiorri et al. beschreiben die Konzepte der MI, des BCI und der Kombination von EEG BCI MI Systemen, die die motorische Rehabilitation nach Schlaganfall verbessern können.</p> <p>Das Ziel der Studie ist, bessere funktionelle Ergebnisse durch ein neu entwickeltes BCI MI System speziell für die MR der OEX nach Schlaganfall zu erzielen. Ihre Hypothese ist, dass durch die Kombination von MI und BCI-Technologien eine Überwachung des MI bei kognitiven motorischen Aufgaben möglich ist und dadurch das Rehabilitationspotential gesteigert werden kann. Sie erwarten ein</p>	<p>Design</p> <p>Zusätzliche Informationen können dem Zusatzmaterial entnommen werden. Beim Design der Studie handelt es sich um ein Pilot RCT, was sie damit begründen, dass sie sich an Literatur orientieren, die beschreibt, wie man neue rehabilitative Interventionen evaluiert.</p> <p>Sample</p> <p>Bei der Population handelt es sich um erstmalig Betroffene eines Schlaganfalls mit motorischen Defiziten der OEX. Die Stichprobe wurde in einem stationären Neurorehabilitationssetting (Santa Lucia, Rom) rekrutiert. Es wurden 28 PatientInnen eingeschlossen. Es wird nicht beschrieben, welche Geschlechterverteilung die Stichprobe aufweist. Die Teilnehmenden befinden sich im MLA bis HLA (zwischen 34 und 82 Jahre). Es handelt sich um subakute Krankheitsverläufe. Das Ausmass und der Ort der Läsion sind unilateral subkortikal und kortikal, ischämisch oder hämorrhagisch bedingt. Die Teilnehmenden weisen alle als funktionelle Beeinträchtigung eine Hemiplegie oder eine Hemiparese auf. Der Zeitdauer seit dem Ereignis Schlaganfall beträgt zwischen 6 Wochen bis 6 Monaten. Als Ausschlusskriterien definieren Pichiorri et al. orthopädische Verletzungen, die die Greiffähigkeit der betroffenen Hand einschränken, Spastizität der OEX (MAS 4-5) und einen MMSE <24. Zudem wurde neuropsychologische Defizite wie Neglect, Aphasie und Apraxie ausgeschlossen. Es handelt sich nicht um eine Zufallsstichprobe (Non Random Sampling), aber eine Zufallszuteilung (Random Allocation) zu den Interventionsgruppen. Die Auswahl der Teilnehmenden wird klar beschrieben und mit den Ein- und Ausschlusskriterien begründet. Es gibt zwei Studiengruppen, eine Interventionsgruppe und eine Kontrollgruppe.</p> <p>Datenerhebung</p> <p>Bei den erhobenen Daten handelt es sich um physiologische Messungen. Die Daten wurden vor und nach der Studieninterventionsdurchführung erhoben. Als Messinstrumente wurden der FMA- UE, das NIHSS und die MRC- Skala verwendet. Die Auswahl der Messinstrumente wurde nicht begründet. Im FMA müssen sieben Punkte Verbesserung aufgewiesen werden können, um von einer signifikanten Verbesserung zu reden.</p>	<p>Relevante Ergebnisse</p> <p>Die zentralen Ergebnisse der Studie sind die funktionell motorischen Outcomes. In der Baseline gibt es keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen in den funktionell motorischen Assessments. Es werden funktionelle und neurophysiologische Outcomes präsentiert. Beide Gruppen zeigen im FMA, MRC Skala und NIHSS signifikante Verbesserungen. Die Interventionsgruppe erzielte signifikant höhere Ergebnisse als die Kontrollgruppe im FMA (44 +-34.7 vs. 19.8 +- 19.8, p=0.03), im MRC Skala (36.8 +- 24.4 vs. 12.4 +- 16.2, p=0.004) und im NIHSS (11.5 +- 6.1 vs. 4 +- 4.3, p=0.0009). In der Interventionsgruppe erzielten 11 von 14 eine Verbesserung (mehr als sieben Punkte) im FMA, während dessen in der Kontrollgruppe nur drei</p>	<p>Die Forschenden interpretieren ihre Ergebnisse so, dass die klinisch signifikante Erhöhung im FMA ein Beleg dafür ist, dass die MI Praxis mit BCI Systemen vorteilhaft bei der motorischen Rehabilitation bei Betroffenen von schweren subakuten Schlaganfällen ist und zu motorisch funktionellen Verbesserungen führt. Zur Unterstützung dieser Aussage weisen die Forschenden darauf hin, dass sich die Werte der Teilnehmenden im MRC-Skala und NIHSS signifikant verbessert haben. Somit kann die Forschungsfrage positiv beantwortet werden.</p> <p>Die Forschenden beschreiben zudem, dass EEG BCI MI Training einen positiven Einfluss auf die Adhärenz in der Aufgabenperformanz der Teilnehmenden hat, was sich positiv auf das</p>

<p>signifikant verbessertes motorisches Outcome in der Zielgruppe.</p> <p>Pichiorri et al. beziehen sich in dieser Studie auf die Theorie der willkürlichen Kontrolle von neuronalen Aktivitäten, welche die Gehirnplastizität positiv beeinflusst und weitere motorisch funktionelle Erholung begünstigt.</p> <p>Sie begründen den Forschungsbedarf damit, dass MI Systeme ein Potential in der Neurorehabilitation nach Schlaganfall bieten, jedoch die Evidenz allein für MI, ohne ausführende EEG BCI Systeme, gering ist.</p>	<p>Vor Interventionsbeginn wurde bei beiden Gruppen ein EEG-Screening durchgeführt. Beide Gruppen erhielten unabhängig von der Studienteilnahme ein ca. 3 Stündiges Standardrehabilitationsprogramm pro Tag, was intensive motorische und kognitive Therapie und ET beinhaltet.</p> <p>Die Interventionsgruppe absolvierte ein EEG BCI MI Training. Die Anregungen für das auszuführende MI wurde durch ein Computerprogramm angeleitet. Anschliessend stellten sich die Teilnehmenden Greif- und Streckbewegungen der betroffenen und nicht-betroffenen Hand vor und erhielten direktes visuelles Feedback für die MI-Qualität durch ein visuelles Interface. In diesem Interface wurden die Hände der Teilnehmenden durch ein Tuch abgedeckt und virtuelle Hände an deren Stelle projiziert, die die vorgestellten Bewegungen ausführten. Der Unterarm der Teilnehmenden wurde durch eine Orthese gestützt. Die Interventionsdauer betrug 4 Wochen 3x pro Woche für 30 Minuten. Die Intervention wurde durch therapeutisches Fachpersonal instruiert, überwacht und begleitet. Als EEG-Programm wurde das BCI2000 verwendet.</p> <p>Die Kontrollgruppe absolvierte ein MI-Training ohne BCI System. Das Training fand im gleichen Raum wie das EEG BCI MI Training statt und die vorzustellenden Bewegungen waren dieselben wie bei der Interventionsgruppe. Die Anweisungen wurden vom selben Monitor übermittelt, aber die Teilnehmenden erhielten kein Feedback zur MI-Qualität durch ein visuelles Interface. Die Interventionsdauer betrug wie bei der Interventionsgruppe vier Wochen 3x pro Woche für 30 Minuten.</p> <p>Datenanalyse</p> <p>Der FMA-UE, NIHSS und MRC-Skala weisen ein ordinales Datenniveau auf, da die erhobenen Daten eine eindeutige Rangreihe haben, aber nicht metrisch sind.</p> <p>Zur Bestimmung der epidemiologischen und klinischen Charakteristiken der Unterschiede zwischen den beiden Gruppen wurde der Mann-Whitney U-Test durchgeführt.</p> <p>Mit dem Wilcox Matched Pairs Test wurden die Veränderungen der Ergebnisse in beiden Gruppen untersucht.</p> <p>Die unabhängigen Co-Variablen zwischen den Gruppenveränderungen wurden mittels t-Test untersucht.</p> <p>Die Forschenden haben definiert, ab wann die Ergebnisse der Messungen als signifikant gelten.</p> <p>Ethik</p> <p>Die Teilnehmenden und Angehörigen wurden über das Studienprotokoll informiert und gaben schriftlich ihre Zustimmung. Eine lokale Ethikkommission wurde mit einbezogen. Konkrete ethische Fragen wurden nicht diskutiert.</p>	<p>Personen sich signifikant verbessern konnten.</p> <p>Die Ergebnisse werden verständlich und nachvollziehbar präsentiert und durch Grafiken hinterlegt.</p> <p>Limitationen werden in der Diskussion und den Resultaten diskutiert. Die Ergebnisse werden umfangreich mit anderen Studien verglichen.</p>	<p>Rehabilitationsoutcomes auswirkt.</p> <p>Die Forschenden sagen, dass es weiterer Forschung bedarf. Sie empfehlen Forschung in Form von RCTs, die kostengünstige EEG BCI MI Systeme konzipieren und im Home-based Setting evaluieren.</p>
--	--	---	---

Würdigung der Studie: Brain-computer interface boosts motor imagery practice during stroke recovery (Pichorri et al., 2015)

Einleitung	Methode	Ergebnisse	Diskussion
<p>Die Studie beantwortet die Frage der Bachelorarbeit, in dem sie aufzeigt, welche motorisch funktionellen Verbesserungen bei Betroffenen eines Schlaganfall bei der Anwendung von EEG BCI MI Systeme erzielt werden können. Zusätzlich beschäftigt sie sich mit Schwankungen in der EEG-Leistung, was für diese Bachelorarbeit nicht von Relevanz ist.</p> <p>Die Forschungsfrage wurde klar definiert und durch eine Hypothese ergänzt.</p> <p>Das Thema wird durch eine grosse Fülle an evidenter Literatur untermauert.</p>	<p>Design</p> <p>Die Verbindung zwischen Forschungsfrage und dem Design des RCT ist nachvollziehbar, da es sich um ein qualitativ hochwertiges Studiendesign handelt.</p> <p>Die interne und externe Validität ist durch die Randomisierung und das Rehabilitationssetting gewährleistet.</p> <p>Sample</p> <p>Die Stichprobenziehung n=418, mit dem Studieneinschluss von 28 Teilnehmenden, ist für das Design und das Rehabilitationssetting angebracht.</p> <p>Die Stichprobe ist nur bedingt repräsentativ für die Zielpopulation, da die Ergebnisse auf Personen übertragen werden kann, deren Schlaganfall nicht länger als 6 Monate her ist.</p> <p>Die Stichprobengrösse ist in Bezug auf die Zielpopulation klein.</p> <p>Es gab vier Drop-Outs, die begründet wurden. Es wurde nicht angegeben, ob dies einen Einfluss auf die Ergebnisse hat.</p> <p>Die Vergleichsgruppen wurden randomisiert zugeordnet und die Anzahl der Teilnehmenden ist ausgewogen.</p> <p>Datenerhebung</p> <p>Die Datenerhebung ist für die Fragestellung nachvollziehbar, die Methoden sind für alle Teilnehmenden gleich und die Daten sind komplett.</p> <p>Die Messinstrumente sind zuverlässig und valide. Erhoben wurden sie durch das Forschungsteam. Die Auswahl der Messinstrumente wird nicht begründet. Es wurden keine möglichen Verzerrungen bezüglich der Intervention erwähnt.</p> <p>Datenanalyse</p> <p>Die Verfahren der Datenanalyse wurden grundsätzlich klar beschrieben</p> <p>Es wurde nicht definiert, welche unabhängigen Variablen mit dem t-Test untersucht wurden. Die einzigen zulässigen unabhängigen Variablen zur Interpretation wären das Alter der Teilnehmenden und die Zeitspanne seit Ergebnis. Der Leser bräuchte grundsätzlich mehr Informationen zu den Daten, um die statistischen Verfahren überprüfen zu können. Soweit nachvollziehbar, entsprechen die verwendeten statistischen Verfahren den Datenniveaus.</p>	<p>Die Ergebnisse sind präzise. Die verwendeten Grafiken sind präzise, vollständig und eine Ergänzung zum Text.</p>	<p>In der Diskussion werden alle Resultate diskutiert und die Interpretation stimmt den Resultaten überein.</p> <p>Die Forschenden beschreiben Faktoren, die die MR klar beeinflussen. Wichtig anzumerken ist, dass alle Teilnehmenden sich in der Phase der spontanen motorischen Erholung befinden und sich in einem konventionellem Rehabilitativen Setting befanden. Dies wirkt sich unabhängig von der Intervention äusserst positiv auf die MR aus und kann die Ergebnisse beeinflussen.</p> <p>Die Resultate werden mit Literatur verglichen und untermauert. Die Forschenden sind sehr darauf bedacht, nach alternativen Erklärungsansätzen zu suchen.</p> <p>Die Studie ist für die Bachelorarbeit sinnvoll, da sie unter anderem die klinischen Effekte auf motorisch funktionelle</p>

	<p>Es wurden keine standardisierten Berechnungen zur Erhebung des Signifikanzniveaus durchgeführt. Die Forschenden haben eigene Berechnungen zur Definition der Signifikanzschwelle festgelegt, die nicht weiter begründet wurden.</p> <p>Ethik</p> <p>Es wurden keine Angaben bezüglich ethischer Diskussionen gemacht.</p>	<p>Outcomes aufzeigt. Die Studie ist reproduzierbar.</p>
--	---	--

AICA Hilfstabelle: zur Zusammenfassung und systematischen Würdigung (critical appraisal) eines Forschungsartikels

Zusammenfassung der Studie: Effect of Neurofeedback and Electromyographic-Biofeedback Therapy on Improving Hand Function in Stroke Patients (Rayegani et al., 2014)

Einleitung	Methode	Resultate	Diskussion
<p>Forschungsfrage/ Ziel</p> <p>Schlaganfall ist eine der häufigsten neurologischen Diagnosen und führt häufig zu langfristigen Einschränkungen. Einschränkungen in Handfunktionen ist eine häufige Folge eines Schlaganfalls und beschränkt die Performanz von ADLs und reduziert die Lebensqualität. Bis heute stellt die Rehabilitation der Hand ein therapeutisches Problem dar.</p> <p>Die Studie befasst sich mit der Theorie der Gehirnplastizität und beschäftigt sich mit den Themen Neurofeedback, Biofeedback, Motor Imagery und Modulation von SMR Wellen.</p> <p>Sie beschreiben Bezugsrahmen der neurologische Entwicklung, «motor recovery» und der Biomechanik.</p>	<p>Design</p> <p>Das Studiendesign wurde ein Preliminary RCT gewählt. Das Design wurde nicht begründet.</p> <p>Sample</p> <p>Bei der Population handelt es sich um Betroffene eines Schlaganfalls.</p> <p>In die Stichprobe wurden 35 Teilnehmende eingeschlossen, von denen 30 die Studie abgeschlossen haben. Es handelt sich um Betroffene eines Schlaganfall, die von der Akutstation in eine Rehabilitationseinrichtung des Shohada-Krankenhauses verlegt wurden.</p> <p>Die Stichprobe enthält 17 Männer und 13 Frauen im Alter von 35-55 Jahren. Es wurden keine Angaben darüber gemacht, ob die Teilnehmenden einen subakuten oder einen akuten Schlaganfall erlitten haben. Die Teilnehmenden haben alle eine durch den Schlaganfall ausgelöste rechtsseitige Hemiparese.</p> <p>Die Zeit nach dem Ereignis Schlaganfall beträgt zwischen drei bis zwölf Monate.</p> <p>Als Ausschlusskriterien wurden kognitive Einschränkungen, sensomotorische Einschränkungen in den OEX und orthopädische Probleme, die die Umsetzbarkeit der Ergotherapie gefährdet hätte. Die Teilnehmenden durften vorher keine ergotherapeutischen Leistungen erhalten haben.</p> <p>Als Einschlusskriterium wurde eine gute MR (Brunnstrom`s stage of motor recovery 4-5), gute Rumpfstabilität und die Fähigkeit zum teilweise willkürlichen Greifen und loslassen vorausgesetzt.</p> <p>9 von 15 Teilnehmenden verloren durch vom Schlaganfall ausgelöste Einschränkungen ihren Job. Das Bildungsniveau der Teilnehmenden wurde angegeben.</p> <p>Die Stichprobe wurde zwischen 2010-2011im Shohada Hospital in Tehran im Iran durch Non-Probability-Sampling gezogen.</p> <p>Die Auswahl der Teilnehmenden erfolgte Anhand der Ein- und Ausschlusskriterien.</p> <p>Die Stichprobe wurde randomisiert (Block Covariate Adaptive Randomization Methode) in 3 Studiengruppen unterteilt (nur ET (OT), ET und EMG-BF (OTBF) und ET und NFT (OTNF)).</p> <p>Datenerhebung</p>	<p>In der OT Gruppe wurden bei allen Gruppenteilnehmenden signifikante Verbesserungen im JHFT gemessen (von 175s – 141s; p=0,02).</p> <p>In der OTNF-Gruppe wurde bei allen Teilnehmenden eine signifikante Verbesserung im JHFT gemessen (von 158s zu 120s; p=0.018).</p> <p>In der OTBF-Gruppe wurde bei allen Teilnehmenden eine signifikante Verbesserung im JHFT gemessen (von 165s zu 125s; p=0.002).</p> <p>Es gibt keine signifikanten Unterschiede im Mittelwert des JHFT zwischen den drei Interventionsgruppen.</p>	<p>Die signifikanten Ergebnisse werden diskutiert. Der nicht signifikante Gruppenvergleich im JHFT wird nicht erläutert. Sie beschreiben, dass für ihre Studie kein MICD im JHFT festgelegt wurde, was nicht ausreichend erklärt wurde, um eine Interpretation zuzulassen.</p> <p>Ihre Forschungsfrage kann insofern beantwortet werden, als dass SMR Modulationen und Biofeedback zur Handrehabilitation beitragen.</p> <p>Die Limitationen der Studie werden diskutiert und die Ergebnisse der Studie wurden mit ähnlichen Studien verglichen.</p>

<p>Forschungsfrage:</p> <p>Die Forschenden haben die die Hypothese aufgestellt, dass der Einsatz von SMR Modulation mittels MI zur MR der gelähmten Hand nach Schlaganfall beitragen kann. Sie untersuchen den Effekt von EEG BCI MI und EMG-BF zusätzlich zu normaler Ergotherapie, die alle Teilnehmenden erhalten haben. Sie wollen herausfinden, welche Intervention zur Verbesserung der Handfunktion führt.</p>	<p>Die Daten wurden mittels physiologischer Messungen vor und nach der Intervention erhoben. Zusätzlich wurden Befragungen bezüglich der Zufriedenheit der Teilnehmenden mit der Intervention durchgeführt.</p> <p>Als Messinstrument wurde der Jepsen Hand Function Test angewendet. Dies wurde damit begründet, dass es sich um ein reliables, valides und aussagekräftiges Assessment für die Messung der Handfunktion nach Schlaganfall handelt.</p> <p>Alle drei Interventionsgruppen erhielten fünf Mal pro Woche 60min Ergotherapie über zwei Wochen hinweg. Die OTNF und OTBF Gruppen erhielten zusätzlich noch die Studieninterventionen nach der ET Intervention.</p> <p>Die OTBF-Gruppe absolvierte täglich ein 30minütiges Training mit ProComp Infiniti – 8 Channel Biofeedback Neurofeedback System v6.0. Dabei wurde ein Sensor am Abductor Pollicis Brevis angebracht. Die Teilnehmenden führten willkürliche Abduktionen des Thenar-Muskels der betroffenen Hand durch und erhielten durch ein Computerspiel visuelles und auditives Feedback zur Qualität der Abduktion.</p> <p>Die OTNF-Gruppe absolvierte täglich ein 30minütiges Training, dass als Ziel die Verbesserung der SMR Aktivitäten mittels MI hatte. Die Teilnehmenden sollten sich vorstellen, Aktivitäten wie das Aufheben von kleinen Gegenständen mit der betroffenen Hand durchzuführen und erhielten mithilfe eines Spiels visuelles und auditives Feedback zur Qualität der MI.</p>	<p>60 % der Teilnehmenden an der OTBF und an der OTNF Gruppe äusserten Zufriedenheit mit der Intervention, jedoch nur 40 % bei der OT Gruppe.</p> <p>Die Ergebnisse werden verständlich präzensiert und durch Tabellen und Grafiken untermauert.</p>	<p>Die Implikationen für die Praxis werden nicht im Detail beschrieben.</p> <p>Rayegani et al. sagen, dass es weiterer Forschung mit einem Placebo-Controlled RCT mit anderen Testungen bedarf.</p>
<p>Den Forschungsbedarf begründen sie damit, dass das NFT ein neues thematischen Feld in der Rehabilitation nach Schlaganfall ist. Der Effekt von SMR Modulationen ohne externe Orthesen im Gebiet der Schlaganfallrehabilitation wurde bisher nicht untersucht. Der Einsatz von Neurofeedbackinterventionen wurde unter Anderem bereits im Bereich Schädelhirntrauma, Epilepsie, ADHS und</p>	<p>Datenanalyse</p> <p>Das Datenniveau des JHFT wurde nicht angegeben. Normalerweise handelt es sich bei dem Assessment um ein proportionales Datenniveau. Die Forschenden führten einen Shapiro Wilks normality test durch und stellten fest, dass ihre Daten nicht normal gewertet werden und führten deswegen nicht-parametrische Tests durch. Die Stärke und Richtung der zwei Variablen Alter und Bildungsniveau wurden im ordinalen Datenniveau angegeben.</p> <p>Zur statistischen Datenanalyse wurde das Programm IMB SPSS-18 genutzt.</p> <p>Als statistische Verfahren wurden durchgeführt:</p> <p>Kruskal-Wallis Test zur Herausfindung des Vergleichsbedarfs der 2 unabhängigen Variablen</p> <p>Spearman Nonparametric Correlation zur Messung der Stärke und Richtung der Assoziation zwischen den beiden Variablen.</p> <p>Bzgl. des JHFT wurde in jeder Gruppe vor und nach der Intervention ein Wilcoxon Signed-Rank Test (nichtparametrische statistische Hypothese) als Alternative zum Paired Students t-Test durchgeführt.</p>		

chronische Schmerzen untersucht.	<p>Die Veränderungen nach dem EEG BCI MI und BF wurde mittels t-Test errechnet</p> <p>Ethik</p> <p>Das Studienprotokoll wurde von dem Shahid Beheshti Medical University Human Ethics Research Committee bewilligt. Alle Studienteilnehmer wurden im Vorhinein informiert und gaben ihre Einwilligung ins Studienprotokoll. Es wurden keine ethischen Fragen von den Forschenden diskutiert, aber die Intervention hat auch nachweislich keine Nebenwirkungen und die Teilnehmenden hatten das Recht, die Intervention jederzeit abzubrechen.</p>		
----------------------------------	--	--	--

Würdigung der Studie: Effect of Neurofeedback and Electromyographic-Biofeedback Therapy on Improving Hand Function in Stroke Patients (Rayegani et al., 2014)

Einleitung	Methode	Resultate	Diskussion
<p>Die Studie beantwortet die Frage der Bachelorarbeit, inwiefern EEG BCI MI und EMG-Biofeedback Interventionen zur motorischen Rehabilitation der OEX nach Schlaganfall beitragen können.</p> <p>Die Forschungsfrage wurde klar definiert und durch eine Hypothese ergänzt.</p> <p>Das Thema wird sehr logisch und</p>	<p>Design</p> <p>Die Verbindung zwischen Forschungsfrage und dem Design wurde von den Forschenden nicht begründet. Dass das Design einer Preliminary Study gewählt wurde ist aber sinnvoll, da es sich um die erste Studie zu der Intervention handelt.</p> <p>Die externe Validität ist durch die Randomisierung (Block Covariate Adaptive Randomization Methode) gegeben. Bezüglich der internen Validität wurden keine konkreten Aussagen gemacht. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass diese durch die drei Interventionsgruppen, die Randomisierung, das Rehabilitationssetting und die Messverfahren kontrolliert wurde und als hoch eingestuft werden kann.</p> <p>Sample</p> <p>Die Stichprobenziehung ist nicht randomisiert worden, aber die Zuteilung zu den Interventionsgruppen wurde randomisiert. Es gab sehr detaillierte Ein- und Ausschlusskriterien, die eine Randomisierung der Stichprobenziehung im Rehabilitationssetting erschwert hätte.</p> <p>Die Stichprobe ist nur bedingt repräsentativ, da die Ergebnisse nur auf Personen des MLA mit einer guten MR ohne sensomotorische Einschränkungen übertragen werden können.</p> <p>Die Stichprobengrösse ist klein und wird damit begründet, dass es sich um eine Vorstudie handelt. Deswegen wurde keine spezifische Testung zur Bestimmung der Stichprobengrösse durchgeführt.</p> <p>Die Drop-Outs wurden angegeben und scheinen laut den Forschenden keinen Einfluss auf die Ergebnisse zu haben.</p> <p>Die Vergleichsgruppen wurden mithilfe der „Block Covariate Adaptive Randomization Methode“ randomisiert und sind sich sehr ähnlich.</p>	<p>Die Ergebnisse sind präzise und durch vollständige und präzise Tabellen und Grafiken untermauert.</p>	<p>Die signifikanten Ergebnisse werden diskutiert und verglichen. Der nicht signifikante Gruppenvergleich im JHFT wird nicht weiter erwähnt.</p> <p>Die Diskussion bezieht sich mehrheitlich auf die SMR Modulation.</p> <p>Ihre Interpretation, dass Biofeedback und EEG BCI MI nach 10 Sitzungen einen positiven Effekt gegenüber konventioneller ET aufweist, wird damit begründet, dass sich die SMR Modulation durch EEG BCI MI und das APB Muskel im EMG-BF signifikant verbessert haben. Da das primäre Outcome dieser Studie durch den JHFT erhoben wurde, steht diese Aussage im Kontrast zum nicht signifikanten Gruppenunterschied im JHFT.</p> <p>Es ist nicht nachvollziehbar, ob die Verbesserungen im JFHT der OTNF und OTBF Gruppe aus den Studieninterventionen resultieren oder auch mit der konventionellen</p>

<p>nachvollziehbar von empirischer Literatur untermauert.</p>	<p>Datenerhebung</p> <p>Die Datenerhebung ist für die Fragestellung nachvollziehbar, die Methoden sind für alle Teilnehmenden gleich und komplett durchgeführt.</p> <p>Das Messinstrument ist zuverlässig und valide. Die Auswahl des Messinstruments ist nachvollziehbar begründet und auf die Ergotherapie übertragbar.</p> <p>Das therapeutische Fachpersonal, das die Interventionen durchgeführt haben, war verblindet und die Raumgestaltung war bei allen Interventionsgruppen gleich. Es wurden keine weiteren Angaben bezüglich möglicher Einflüsse auf die Interventionen genannt.</p> <p>Datenanalyse</p> <p>Die Verfahren der Datenanalyse wurden klar beschrieben und die statistischen Verfahren erscheinen sinnvoll angewendet und entsprechen, soweit beurteilbar, den Datenniveaus.</p> <p>Ethik</p> <p>Explizit wurden keine ethischen Fragen diskutiert, aber alles beruhte auf Freiwilligkeit und es sind keine negativen Effekte der Messungen und Interventionen bekannt. Es gibt keine Informationen über Beziehung zwischen Forschenden und Teilnehmenden.</p>	<p>Ergotherapie hätten erreicht werden können.</p> <p>Die Resultate werden umfangreich mit bestehender Evidenz verglichen.</p> <p>Es werden keine alternativen Erklärungsvorschläge genannt.</p> <p>Die Ergebnisse sind auf den klinischen Alltag einer Neurorehabilitationseinrichtung von Betroffenen eines Schlaganfalls mit motorisch funktionellen Defiziten der OEX im MLA übertragbar.</p> <p>Die Studie wäre in einem anderen klinischen Setting reproduzierbar.</p>
---	---	--

AICA Hilfstabelle: zur Zusammenfassung und systematischen Würdigung (critical appraisal) eines Forschungsartikels

Zusammenfassung der Studie: Differentiated Effects of Robot Hand Training With and Without Neural Guidance on Neuroplasticity Patterns in Chronic Stroke (Wang et al., 2018)

Einleitung	Methode	Ergebnisse	Diskussion
<p>Forschungsfrage/Zweck</p> <p>Einschränkungen, die durch einen Schlaganfall verursacht werden, schränken die Selbstständigkeit der Betroffenen ein und sind eine Bürde für die Angehörigen. Aus diesem Grund ist eine effektive Schlaganfallrehabilitation wichtig. Das sich neu entwickelnde Gebiet der Robotik bietet ein grosses Potential in der funktionell motorischen Rehabilitation der OEX und zeichnet sich durch hohe Präzision und eine erhöhte Therapieintensität aus.</p> <p>Die Forschenden beschreiben ausführlich verschiedene Ansätze und Konzepte der Neuroplastizität und kortikalen Vernetzung.</p> <p>Die Forschenden konzentrieren sich auf das Konzept der Neuroplastizität und sagen aus, dass EEG BCI MI</p>	<p>Design</p> <p>Es ist davon auszugehen, dass es sich um eine Pilot RCT Studie nach einem Interventionsprotokoll handelt. Das Design wurde nicht begründet.</p> <p>Sample:</p> <p>Bei der Population handelt es sich um Betroffene nach Schlaganfall mit mittleren bis schweren motorisch funktionellen Einschränkungen.</p> <p>In der Stichprobe wurden 24 Betroffene eines Schlaganfalls eingeschlossen. Es handelt sich um 20 Männer und vier Frauen aus der lokalen Gemeinschaft. Die Stichprobe befindet sich im MLA bis HLA und die Altersspanne liegt zwischen 30 und 65 Jahre (Durchschnitt 54 +-9 Jahre). Es werden Angaben über die Entstehungsgeschwindigkeit des Schlaganfalls gemacht. Bei den Schlaganfällen handelt es um erstmalige, unilaterale ischämische und hämorrhagische Schlaganfälle mit kortikalen und subkortikalen Läsionsorten. Die Zeit seit dem Ereignis Schlaganfall beträgt Minimum sechs Monate. Als Einschlusskriterium wurde definiert, dass die Teilnehmenden eine durch den Schlaganfall bedingte Hemiparese vorweisen und dadurch moderate bis schwere motorisch funktionelle Einschränkungen der OEX (FMA-UE < 47) ausweisen müssen. Als Ausschlusskriterien wurden kognitive Einschränkungen (MMSE < 21), Handspastik (MAS > 3), orthopädische Probleme in der betroffenen Hand, visuelle und neuropsychologische Defizite (Aphasie, Neglect und Apraxie), Vorgeschichten von Alkohol- und Drogenmissbrauch und Epilepsie und unkontrollierte medizinische Probleme definiert. Die Teilnehmenden dürfen im Interventionszeitraum keinen anderen Therapien für die motorischen Funktionen der OEX beiwohnen.</p> <p>Die Stichprobe wurde als der lokalen Gemeinschaft rekrutiert. Weitere Angaben zur Stichprobenziehung wurden nicht gemacht und die Auswahl der Teilnehmenden wurde nicht beschrieben und begründet.</p> <p>Es gibt zwei Studiengruppen, eine Robot EEG-AO Gruppe und eine Robot non-EEG-Text Gruppe.</p> <p>Datenerhebung</p>	<p>Relevante Ergebnisse</p> <p>In der Baseline gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (p=0,772). Nur die EEG-AO Gruppe zeigt signifikante Verbesserungen im FMA-UE (p=0.022). Die Kontrollgruppe zeigt keine signifikanten Verbesserungen im FMA-UE (p=0.103).</p> <p>Die EEG-AO Gruppe zeigt signifikante Verbesserungen von der 1. zur 2. Messung (p=0.033) und von der 1. zur 3. Messung (p=0.014). Zwischen der 2. und 3. Messung liegt keine signifikante Verbesserung vor (p=0.092). Der Einfluss der Faktoren Zeit und Gruppenunterschiede auf den FMA ist nicht signifikant (p=0.78).</p> <p>Die Ergebnisse werden verständlich präsentiert</p>	<p>Die Forschenden interpretieren die signifikanten Ergebnisse der Studie. Die nicht-signifikanten Ergebnisse der EEG-AO Gruppe zwischen der 2.-3. Messung werden nicht erläutert. Die Forschenden sagen aus, dass Neuroplastizität durch die Intervention eventuell verbessert werden kann und dies zu einer Verbesserung der motorischen Fertigkeiten führen kann. In diesem Sinn kann die Forschungsfrage beantwortet werden, auch wenn die Forschenden dies nur indirekt tun.</p> <p>Die Limitationen der Studie werden ausführlich diskutiert und die Ergebnisse mit anderen Studien verglichen.</p> <p>Die Forschenden sind der Ansicht, dass das EEG BCI MI System mit ausreichender Anleitung motorisch funktionelle Verbesserungen bei der Rehabilitation nach Schlaganfall fördern könnte.</p>

<p>Systeme bei der Steigerung dieser unterstützen können und so das Rehabilitationspotential erhöhen können.</p> <p>Action observation (AO) von MI durch BCI-Systeme bietet eine Möglichkeit, das MI individuell zu interpretieren und Feedback auf die Ausführungsqualität der MI zu geben.</p> <p>Die Forschenden stellen die Hypothese auf, dass Betroffene eines Schlaganfalls durch Training mit EEG BCI MI Systemen deutliche Verbesserungen in den motorischen Funktionen der OEX erlangen können und signifikante Veränderungen in den neuronalen Vernetzungen aufweisbar werden. Die Forschenden untersuchen zusätzlich den Langzeiteffekt der Intervention und vergleichen die Ergebnisse mit denen einer Kontrollgruppe.</p>	<p>Es wurden Daten durch physiologische Messungen erhoben. Die Daten wurden drei Mal erhoben, einmal vor der Intervention, direkt nach der Intervention und sechs Monate nach Interventionsabschluss.</p> <p>Als Messinstrument für die motorisch funktionellen Veränderungen wurde der FMA-UE angewendet. Die Auswahl wurde nicht begründet.</p> <p>In 20 Sitzungen wurde ein roboterunterstütztes Handtraining mit simultaner EEG-Aufnahme durchgeführt. Das Training fand 3-5x pro Woche über 5-7 Wochen statt. In jeder Session wurden 100 wiederholende Handbewegungen durchgeführt und alle 10 Wiederholungen wurde eine Pause gemacht. Der Handroboter gab Unterstützung bei Greif- und Öffnungsbewegungen der Hand.</p> <p>In der EEG-AO Gruppe wurde AO und MI mit EEG BCI durch eine Orthese angewendet. Den Teilnehmenden wurde ein Video gezeigt, in dem für sie so aussah, als ob ihre betroffene Hand eine Tasse ergreift und loslässt. Es ist unklar beschrieben, ob es dabei um ein Video ihrer eigenen nicht-betroffenen Hand handelt oder um ein vorgefertigtes Video. Die Teilnehmenden führten dabei MI aus, die gemessen wurde. Bei ausreichender MI-Qualität bewegte die Roboterhand die betroffene Hand in den im Video gezeigten Bewegungen. Bei beiden Gruppen wurden dieselben Bewegungen ausgeführt.</p> <p>Die Teilnehmenden der Kontrollgruppe erhielten Textinstruktionen in Form von "Hand open" oder "Hand grasp" anhand eines Monitors ohne EEG-Unterstützung. Der Handroboter wurde zufällig ausgelöst.</p> <p>Datenanalyse</p> <p>Das Datenniveau der Variablen ist nicht beschrieben. Der FMA weist das ordinale Datenniveau auf, da die erhobenen Daten eine eindeutige Rangreihe haben, aber nicht metrisch sind.</p> <p>Statische Test wurden mit dem SPSS19 Programm und in Exel-Tabellen berechnet. Die Veränderungen der FMA-Ergebnisse wurden mit einem durch sensitive Analysen berechneten MCID verglichen. Langzeitveränderung in den FMA-UE Scores vor und nach der Intervention und nach sechs Monaten wurden für jede Gruppe separat durch den Friedman Test berechnet.</p> <p>Mit dem non-Parametric Wilcoxon Signed-Rank Test wurden signifikante Unterschiede in den zwei gepaarten Stichproben berechnet. Der Einfluss von Zeit und Gruppenfaktoren des FMA-UEs wurde mittels des Scheier-Ray-Hare Test berechnet.</p>	<p>und durch Tabellen und Grafiken ergänzt.</p>
---	--	---

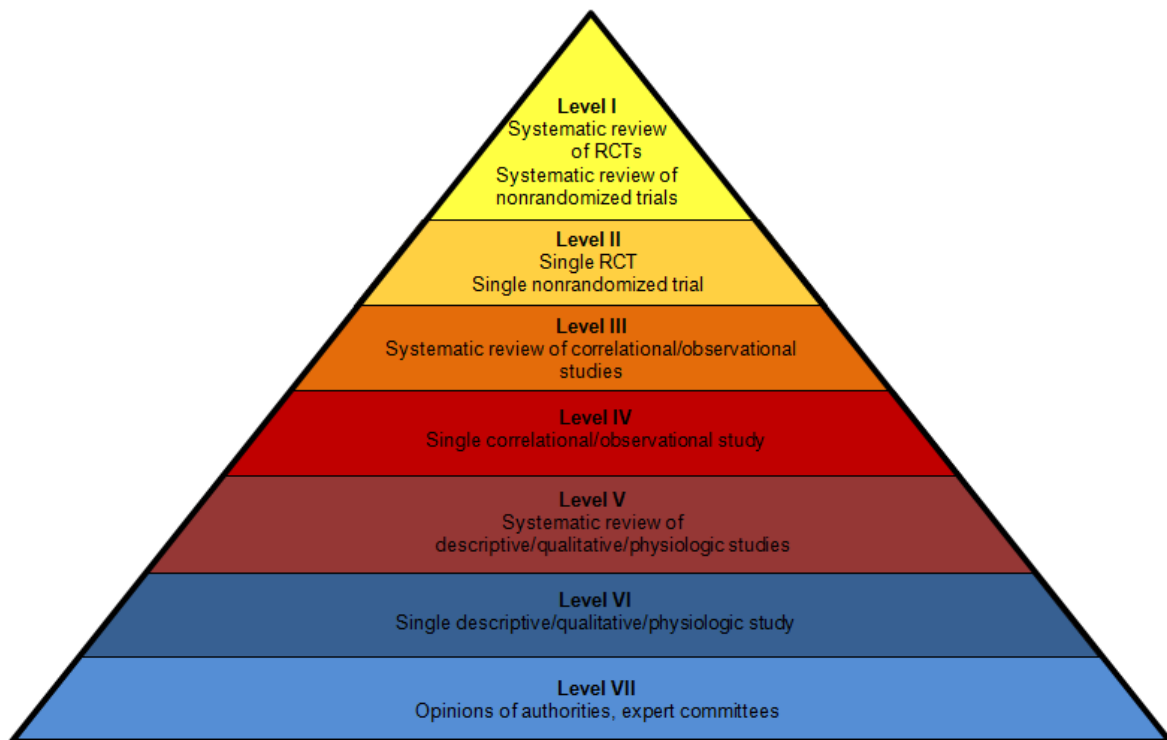
<p>Es wurde kein Signifikanzniveau erwähnt, aber ein MICD berechnet. Es ist davon auszugehen, dass die Forschenden das Signifikanzniveau bei $p=0.05$ gelegt haben, da dies die Interpretation ihrer Ergebnisse erklären würde.</p> <p>Ethik</p> <p>Das Studienprotokoll wurde vom Joint Chinese University of Hong Kong-New Territories East Cluster Clinical Research Ethics Committee akzeptiert. Die Teilnehmenden wurden informiert und gaben ihre Einwilligung vor Interventionsbeginn. Es wurden keine weiteren ethischen Fragen diskutiert.</p>	
---	--

Würdigung der Studie: Differentiated Effects of Robot Hand Training With and Without Neural Guidance on Neuroplasticity Patterns in Chronic Stroke (Wang et al., 2018)

Einleitung	Methode	Ergebnisse	Diskussion
<p>Die Studie beantwortet die Frage der Bachelorarbeit, inwiefern EEG BCI MI Systeme bei der motorisch funktionellen Neurorehabilitation nach Schlaganfall unterstützen können.</p> <p>Die Forschenden haben eine eindeutige Hypothese formuliert und das Thema mit Literatur untermauert.</p>	<p>Design</p> <p>Die Verbindung zwischen der Forschungsfrage und dem gewählten Design ist nachvollziehbar.</p> <p>Die Gefahren der externen Validität können durch das Laborsetting nicht kontrolliert werden, die der internen Validität wurden durch die Randomisierung kontrolliert.</p> <p>Sample</p> <p>Die Stichprobenziehung wurde nicht beschrieben und ist somit nicht nachvollziehbar. Es steht geschrieben, dass die Stichprobe aus der lokalen Gemeinschaft rekrutiert worden ist, aber es wird nicht beschrieben, was darunter zu verstehen ist.</p> <p>Die Stichprobe ist nur bedingt repräsentativ für die Zielpopulation, da die Teilnehmenden alle aus der gleichen Region kommen und durch die Ein – und Ausschlusskriterien Spastiken und neuropsychologische Defizite ausgeschlossen wurden. Zudem sind deutlich mehr Männer als Frauen in der Stichprobe.</p> <p>Die Stichprobengröße ist im Vergleich zur Zielpopulation zu klein.</p> <p>Die Vergleichsgruppen wurden randomisiert erstellt, es fehlen jedoch Angaben zur Art der Randomisierung. Zudem wurden 13 Teilnehmende der Interventionsgruppe zugeteilt, aber nur 11 der Kontrollgruppe. Dies wurde nicht begründet.</p> <p>Die einzige Angabe bezüglich Drop-Outs beschreibt, dass nur 16 Teilnehmende den MRI Scan absolviert haben, was für die Beantwortung der Bachelorarbeit nicht relevant ist. In Tabelle 1 finden sich bezüglich zwei Teilnehmender keine Angaben bezüglich der letzten Messung des FMA, was nicht begründet wurde.</p>	<p>Die Ergebnisse sind präzise. Allerdings fehlen von zwei Teilnehmenden die Messwerte nach 6 Monaten und dies wird nicht begründet. Die Grafiken sind präzise und vollständig.</p>	<p>Es werden nicht alle diskutiert. Die Ergebnisse der EEG-AO Gruppe zwischen der 2-3. Messung wird nicht diskutiert. Allgemein werden die Ergebnisse nicht ausführlich diskutiert.</p> <p>Die Interpretation stimmt mit den Ergebnissen überein. Die Resultate werden in Bezug auf die Fragestellung zu wenig diskutiert, aber mit anderen Studien verglichen.</p> <p>Die Forschenden suchen nach alternativen Erklärungsansätzen.</p> <p>Diese Studie ist für die Beantwortung der</p>

<p>Datenerhebung</p> <p>Die Datenerhebung ist für die Fragestellung nachvollziehbar. Für die Möglichkeit einer differenzierteren Interpretation wäre die Anwendung verschiedener Messinstrumente vorteilhaft gewesen.</p> <p>Die Methoden der Datenerhebung sind bei allen Teilnehmenden gleich. Bei zwei Teilnehmenden fehlen die Daten bezüglich der 3. Messung.</p> <p>Die Messinstrumente sind zuverlässig und valide. Die Messungen wurden von geblendeten klinischen Fachkräften durchgeführt.</p> <p>Die Auswahl der Messinstrumente ist nicht begründet. Es sind keine möglichen Verzerrungen erwähnt.</p> <p>Datenanalyse</p> <p>Die Verfahren der Datenanalyse wurden klar beschrieben. Aufgrund der verwendeten statistischen Verfahren ist davon auszugehen, dass die Daten nicht normal verteilt sind. Dies wurde aber nicht konkret beschrieben.</p> <p>Die verwendeten statistischen Tests entsprechen den Datenniveaus und erlauben einer Beurteilung. Die Höhe des Signifikanzniveaus ist nicht angegeben.</p> <p>Ethik</p> <p>Es wurden keine ethischen Fragen diskutiert.</p>	<p>Fragestellung der Bachelorarbeit sinnvoll. Die Forschenden wägen die Stärken und Schwächen der Studie ab. Zudem ist sie die erste Studie, die den Langzeiteffekt von BCI MI System mituntersucht.</p> <p>Die Forschenden geben keine Angaben darüber, wie und unter welchen Bedingungen die Ergebnisse in die Praxis umsetzbar wären. Die Studie wäre in einem klinischen Setting reproduzierbar.</p>
---	--

ANHANG D: ABBILDUNG ZUR BESTIMMUNG DES EVIDENZNIVEAUS NACH
POLIT UND BECK (2012)



ANHANG E: AUSWAHLVERFAHREN DER AUSGEWÄHLTEN STUDIEN

Tabelle zur Systematische Auswertung für die Hauptstudien

Autoren und Jahr	Klinische Assessment der Studien	Fokus der Outcomes	Stichprobe	Interventionen	Design	Exklusion	Inklusion
Belardinelli et al. (2017)	MSS FM-A	Eher neurophysiologische Verbesserungen	N = 8 (7Männer) Hemiparese, stark betroffen MLA	<ul style="list-style-type: none"> - Brain Robot Interface: MI mit visuellem und taktilem Feedback - 4 Wochen, 20 Sitzungen - Orthese: Amadeo - Physiotherapie danach involviert 	Non-Randomized and non controlled study	x	
Broetz et al. (2010)	FM-A WMFT MAS Goal attainment Scale	Motorische Verbesserung	N = 1 Hemiparese, Stark betroffen HLA	<ul style="list-style-type: none"> - MEG BCI, EEG BCI - 1 Jahr - Orthese - Life orientated Physiotherapie 	Non controlled Case study	x	
Bundy et al. (2017)	ARAT COPM McI MAS GS PINCH AROM Compliance	Motorische Verbesserung	N = 10 Hemiparese, mittel-stark betroffen MLA	<ul style="list-style-type: none"> - Home-based EEG BCI MI - 12Wo, 5x/Wo - Orthese - Ergotherapie involviert 	Self controlled study		x
Chowdhury et al. (2018)	ARAT GS Dynamometer Pinch Strength VAS (Mood)	Eher neurophysiologische Verbesserungen	N = 4 Hemiparese MLA -HLA	<ul style="list-style-type: none"> - BCI MI, visuelles und taktiles Feedback - 6 Wochen, 12-16 Sitzungen - Orthesen 	Non controlled Case study	x	
Kasahima-Shindo et al. (2015)	FMA	Eher neurophysiologische Verbesserungen	N = 18 Hemiparese, Leicht-mittel MLA?	<ul style="list-style-type: none"> - MI BCI - TDCS BCI (MEP) - 10 Tage, 45min/Tag, 5x/Woche - Orthesen - Ergotherapie involviert 	Non randomized, controlled single blind trial	x	
Lu et al. (2019)	Baseline clinical assessment ROM mBI	Motorische Verbesserung	N = 26 Hemiparese MLA-HLA	<ul style="list-style-type: none"> - BCI MI - 6 Wochen, 20 Sitzungen - Orthese 	?		x

Naros et al. (2015)	FMA video-taped	Eher neurop hysiologische Verbesserungen	N = 1 Hemiparese, li betroffen HLA	<ul style="list-style-type: none"> - BCI MI - 20 Tage - Orthese: Amadeo - Physiotherapie involviert 	Case study	x	
Nishimoto et al. (2017)	FMA MAL	Motorisch Verbesserung	N = 26 Hemiparese, leicht-mittel betroffen MLA?	<ul style="list-style-type: none"> - BCI MI - Rehabilitationssetting - Orthesen - Ergotherapie involviert 	Non controlled trial		x
Norman et al. (2018)	FM-A BBT	Eher neurop hysiologische Verbesserungen	N = 8 (8Männer) Hemiparese, Mittel -schwer MLA?	<ul style="list-style-type: none"> - BCI MI - 4 Wochen, 3x/Woche - Orthesen 		x	
Pichiorri et al. (2015)	FM-A NIHSS MRC-Skala MAS	Motorische Verbesserung	N = 28 Hemiparese MLA?	<ul style="list-style-type: none"> - EEG BCI MI vs MI - 1Mo, 3x/Wo 	Randomized, controlled trial		x
Prasad et al. (2010)	Rate of attendance (%) Mcl ARAT NHPT GS Fatigue and mood Qualitative Feedback	Eher motorische Verbesserung	N = 5 (4 Männer) Hemiparese, leicht – mittel betroffen MLA?	<ul style="list-style-type: none"> - BCI MI - 6 Wo, 2x/Wo - Keine Orthese 	Non randomized, non controlled observational Study	x	
Rayegani et al. (2014)	JHFT	Motorische Verbesserung	N = 30 Hemiparese, rechts betroffen, akut, leicht-mittel betroffen MLA	<ul style="list-style-type: none"> - OT vs OT EMG vs OT NFT - Ergotherapie involviert 	Controlled study		x
Shindo et al. (2011)	MAL MAS	Eher neurop hysiologische Verbesserungen	N = 5-8 Hemiparese, mittel – schwer betroffen MLA?	<ul style="list-style-type: none"> - BCI - 4-7Monate, 1-2x/Woche, 1h - Orthese 	Case study	x	
Tung et al. (2013)	FMA	Motorische Verbesserung	N = 6 Hemiparese	<ul style="list-style-type: none"> - BCI MI - Orthesen 	Non controlled study	x	

Vakuti et al. (2013)	FM-A	Eher neurop hysiologische Verbesserungen	N = 9 Hemiparese, mittel-schwer MLA	– BCI MI mit MANUS vs MANUS – Orthesen	Non randomiz ed, non controlle d Study	x	
Wang et al. (2018)	FMA	Eher motorische Verbesserungen	N = 24 (4 Frauen) Hemiparese, mittel- schwer MLA	– BCI MI – 5-7Wo, 3-5x/Wo – Orthesen	Randomi zed controlle d		x

Legende zur Tabelle: ARAT = Action Research Arm Test, BBT = Box and Block Test, COPM = Canadian Occupational Performance Measure, GS = Grip Strength, FM-A = Fugl-Meyer Assessment, JHFT = Jebsen Hand function test, MCI = Motoricity Index, MAL = Motor Activity Log 14, MAS = Modified Ashworth Scale, mBI = Modified Barthel Index, MRC-Scale = Medical Research Council Score Scale, MSS = Motor Status Scores, NHPT = Nine Hole Peg Tests, NIHSS = National Institutes of Health Stroke Scale, ROM = Range of Motion, VAS (Mood) = Visual Analogue Scale, WMFT = Wolf Motor Function Test

ANHANG F: DETAILLIERTE SUCHMATRIX IN VERSCHIEDENEN DATENBANKEN

Datenbank	Suchbegriffe	Anzahl Treffer	Anzahl relevante Treffer	Relevante Literatur
1. Suche				
Medline	Neurofeedback OR EEG Biofeedback AND Brain computer interface AND motor imagery AND stroke	21	16	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nierhaus, T., Vidaurre, C., Sannelli, C., Mueller, K.-R., & Villringer, A. (2019). Immediate brain plasticity after one hour of brain–computer interface (BCI). <i>The Journal of Physiology</i>, Sep2019. https://doi.org/10.1113/JP278118 2. Tsuchimoto, S., Shindo, K., Hotta, F., Hanakawa, T., Lui, M. & Ushiba, J. (2019). Sensorimotor Connectivity after Motor Exercise with Neurofeedback in Post-Stroke Patients with Hemiplegia. <i>Neuroscience</i>. Sep2019; 416: 109-125 3. Vukelic, M., Belardinelli, P., Guggenberger, R., Royter, V. & Gharabaghi, A. (2019). Different oscillatory entrainment of cortical networks during motor imagery and neurofeedback in right and left handers. <i>Neuroimage</i>. Jul2019; 195:190-202 4. Carvalho, R., Dias, N. & Cerqueira, J. J. (2019). Brain-machine interface of upper limb recovery in stroke patients rehabilitation: A systematic review. <i>Physiotherapy Research International</i>. 24(2) 5. Irimia, D. C., Cho, W., Ortner, R., Allison, B. Z., Ignat, B. E., Edlinger, G. & Guger, C. (2017). Brain-Computer Interfaces With Multi-Sensory Feedback for Stroke Rehabilitation: A Case Study. <i>Artificial Organs</i>. Nov2017; 41(11): 178-184 6. Hasegawa, K., Kasuga, S., Takasaki, K., Mizuno, K., Liu, M. & Ushiba, J. (2017). Ipsilateral EEG mu rhythm reflects the excitability of uncrossed pathways projecting to shoulder muscles. <i>Journal of Neuroengineering & Rehabilitation</i>. Aug2018; 14(1):85 7. Naros, G. & Gharabaghi, A. (2017). Physiological and behavioral effects of β-tACS on brain self-regulation in chronic stroke. <i>Brain Stimulation</i>. Mar2017; 10(2):251-259 8. Friesen, C. L., Bardouille, T., Neyedli, H. F. & Boe, S. G. (2016). Combined Action Observation and Motor Imagery Neurofeedback for Modulation of Brain Activity. <i>Front Hum Neurosci</i>. 2016; 10(1):692 9. Naros, G. & Gharabaghi, A. (2015). Reinforcement learning of self-regulated beta-oscillations for motor restoration in chronic stroke. <i>Frontiers in Human Neuroscience</i>. 2015; 9:391 10. Vourvopoulos A & Bermudez I. B. S. (2016). Motor priming in virtual reality can augment motor-imagery training efficacy in restorative brain-computer interaction: a within-subject analysis. <i>Journal of Neuroengineering & Rehabilitation</i>. Sep2016; 13(1): 69 11. Naros, G., Naros, I., Grimm, F., Ziemann, U. & Gharabaghi, A. (2016). Reinforcement learning of self-regulated sensorimotor beta-oscillations improves motor performance. <i>Neuroimage</i>. Jul2016; 134: 142-152 12. Zich, C., Debener, S., Kranczoch, C., Bleichner, M. G., Gutberlet, I. & De Vos, M. (2015). Real-time EEG feedback during simultaneous EEG-fMRI identifies the cortical signature of motor imagery. <i>Neuroimage</i>. Jul2015; 114:438-447 13. Vukelic, M. & Gharabaghi, A. (2015). Oscillatory entrainment of the motor cortical network during motor imagery is modulated by the feedback modality. <i>Neuroimage</i>. May2015: 111: 1-11

				<p>14. Cincotti, F., Pichiorri, F., Arico, P., Aloise, F., Leotta, F., de Vico Fallani, F., Millan Jdel, R., Molinari, M. & Mattia, D. (2012). EEG-based Brain-Computer Interface to support post-stroke motor rehabilitation of the upper limb. Conference Proceedings: ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society. 2012: 4112-4115</p> <p>15. Shindo, K., Kawashima, K., Ushiba, J., Ota, N., Ito, M., Ota, T., Kimura, A. & Liu, M. (2011). Effects of neurofeedback training with an electroencephalogram-based brain-computer interface for hand paralysis in patients with chronic stroke: a preliminary case series study. Journal of Rehabilitation Medicine. Oct2011; 43(10): 951-957</p> <p>16. Prasad, G., Herman, P., Coyle, D., McDonough, S. & Crosbie, J. (2010). Applying a brain-computer interface to support motor imagery practice in people with stroke for upper limb recovery: a feasibility study. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. 7(20)</p>
CINAHL Complete	Neurofeedback OR EEG Biofeedback AND Brain computer interface AND motor imagery AND stroke	5	5	<p>1. Shindo, K., Kawashima, K., Ushiba, J., Ota, N., Ito, M., Ota, T., Kimura, A. & Liu, M. (2011). Effects of neurofeedback training with electroencephalogram-based brain-computer interface for hand paralysis in patients with chronic stroke: a preliminary case series study. Journal of Rehabilitation Medicine, Oct2011; 43(10): 951-957</p> <p>2. Prasad, G., Herman, P., Coyle, D., McDonough, S. & Crosbie, J. (2010). Applying a brain-computer interface to support motor imagery practice in people with stroke for upper limb recovery: a feasibility study. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. 7(20)</p> <p>3. Vourvopoulos A & Bermudez I. B. S. (2016). Motor priming in virtual reality can augment motor-imagery training efficacy in restorative brain-computer interaction: a within-subject analysis. Journal of Neuroengineering & Rehabilitation. Sep2016; 13(1): 69</p> <p>4. Carvalho, R., Dias, N. & Cerqueira, J. J. (2019). Brain-machine interface of upper limb recovery in stroke patients rehabilitation: A systematic review. Physiotherapy Research International. 24(2)</p> <p>5. Hasegawa, K., Kasuga, S., Takasaki, K., Mizuno, K., Liu, M. & Ushiba, J. (2017). Ipsilateral EEG mu rhythm reflects the excitability of uncrossed pathways projecting to shoulder muscles. Journal of Neuroengineering & Rehabilitation. Aug2018; 14(1):85</p>
AMED	Neurofeedback OR EEG Biofeedback AND Brain computer interface AND motor imagery AND stroke	1	1	<p>1. Shindo, K., Kawashima, K., Ushiba, J., Ota, N., Ito, M., Ota, T., Kimura, A. & Liu, M. (2011). Effects of neurofeedback training with electroencephalogram-based brain-computer interface for hand paralysis in patients with chronic stroke: a preliminary case series study. Journal of Rehabilitation Medicine, Oct2011; 43(10): 951-957</p>
Cochrane Library	Neurofeedback OR EEG Biofeedback AND Brain computer interface AND motor imagery AND stroke	3	3	<p>1. Tangwiriyasakul, C., Mocioiu, V., van Putten, M. J. & Rutten, W. L. (2014). Classification of motor imagery performance in acute stroke. Journal of neural engineering. Mar2014; 11(3)</p> <p>2. Vukelic, M. & Gharabaghi, A. (2015). Oscillatory entrainment of the motor cortical network during motor imagery is modulated by the feedback modality. Neuroimage. May2015: 111: 1-11</p> <p>3. Naros, G. & Gharabaghi, A. (2017). Physiological and behavioral effects of β-tACS on brain self-regulation in chronic stroke. Brain Stimulation. Mar2017; 10(2):251-259</p>

otdbase	Neurofeedback OR EEG Biofeedback AND Brain computer interface AND motor imagery AND stroke	0	0	-
OTseeker	Neurofeedback OR EEG Biofeedback AND Brain computer interface AND motor imagery AND stroke	0	0	-
PEDro	Neurofeedback	21	4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carvalho, R., Dias, N. & Cerqueira, J. J. (2019). Brain-machine interface of upper limb recovery in stroke patients rehabilitation: A systematic review. <i>Physiotherapy Research International</i>. 24(2) 2. Lee, Y. S., Bae, S. H., Lee, S. H. & Kim, K. Y. (2015). Neurofeedback training improves the dual-task performance ability in stroke patients. <i>The Tohoku Journal of Experimental Medicine</i>. May2015; 236(1):81-88 3. Rayegani, S. M., Raeissadat, S. A., Sedighpour, L., Rezazadeh, I. M., Baharami, M. H., Eliaspour, D. & Khosrawi, S. (2014). Effects of Neurofeedback and Electromyographic-Biofeedback Therapy on Improving Hand Function in Stroke Patients. <i>Topics in Stroke Rehabilitation</i>, Mar/Apr2014; 21(2): 137-151 4. Tsuchimoto, S., Shindo. K., Hotta, F., Hanakawa, T., Lui, M. & Ushiba, J. (2019). Sensorimotor Connectivity after Motor Exercise with Neurofeedback in Post-Stroke Patients with Hemiplegia. <i>Neuroscience</i>. Sep2019; 416: 109-125
CINAHL Complete	Neurofeedback OR EEG Biofeedback AND brain computer interface AND hemiplegia OR hemiparesis OR hemiparetic OR hemiplegic	3	3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carvalho, R., Dias, N. & Cerqueira, J. J. (2019). Brain-machine interface of upper limb recovery in stroke patients rehabilitation: A systematic review. <i>Physiotherapy Research International</i>. 24(2) 2. Prasad, G., Herman, P., Coyle, D., McDonough, S. & Crosbie, J. (2010). Applying a brain-computer interface to support motor imagery practice in people with stroke for upper limb recovery: a feasibility study. <i>Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation</i>. 7(20) 3. Shindo, K., Kawashima, K., Ushiba, J., Ota, N., Ito, M., Ota, T., Kimura, A. & Liu, M. (2011). Effects of neurofeedback training with electroencephalogram-based brain-computer interface for hand paralysis in patients with chronic stroke: a preliminary case series study. <i>Journal of Rehabilitation Medicine</i>, Oct2011; 43(10): 951-957
MEDLINE	Neurofeedback OR EEG Biofeedback AND brain computer interface AND hemiplegia OR hemiparesis OR hemiparetic OR hemiplegic	6	5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tsuchimoto, S., Shindo. K., Hotta, F., Hanakawa, T., Lui, M. & Ushiba, J. (2019). Sensorimotor Connectivity after Motor Exercise with Neurofeedback in Post-Stroke Patients with Hemiplegia. <i>Neuroscience</i>. Sep2019; 416: 109-125 2. Carvalho, R., Dias, N. & Cerqueira, J. J. (2019). Brain-machine interface of upper limb recovery in stroke patients rehabilitation: A systematic review. <i>Physiotherapy Research International</i>. 24(2) 3. Chowdhury, A., Meena, Y. K., Raza, H., Bhushan, B., Uttam, A. K., Pandey, N., Hashmi, A. A., Bajpai, A., Dutta, A. & Prasad, G. (2018). Active Physical Practice Followed by Mental Practice Using BCI-Driven Hand Exoskeleton: A Pilot Trial for Clinical Effectiveness and Usability. <i>IEEE Journal of Biomedical & Health Informatics</i>. Nov2011; 22(6): 1786-1795

				<ol style="list-style-type: none"> 4. Shindo, K., Kawashima, K., Ushiba, J., Ota, N., Ito, M., Ota, T., Kimura, A. & Liu, M. (2011). Effects of neurofeedback training with electroencephalogram-based brain-computer interface for hand paralysis in patients with chronic stroke: a preliminary case series study. <i>Journal of Rehabilitation Medicine</i>, Oct2011; 43(10): 951-957 5. Prasad, G., Herman, P., Coyle, D., McDonough, S. & Crosbie, J. (2010). Applying a brain-computer interface to support motor imagery practice in people with stroke for upper limb recovery: a feasibility study. <i>Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation</i>. 7(20)
AMED	Neurofeedback OR EEG Biofeedback AND brain computer interface	3	2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kus, R., Valbuena, D., Zygierewicz, J., Malechka, T., Graeser, A. & Durka, P. (2012). Asynchronous BCI Based on Motor Imagery With Automated Calibration and Neurofeedback Training. <i>IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering</i>. Nov2012;20(6): 823-35 2. Shindo, K., Kawashima, K., Ushiba, J., Ota, N., Ito, M., Ota, T., Kimura, A. & Liu, M. (2011). Effects of neurofeedback training with electroencephalogram-based brain-computer interface for hand paralysis in patients with chronic stroke: a preliminary case series study. <i>Journal of Rehabilitation Medicine</i>, Oct2011; 43(10): 951-957
CINAHL Complete	Occupational therapy OR occupational therapist OR OT AND Neurofeedback OR brain computer interface AND hemiplegia OR hemiparesis OR hemiparetic OR hemiplegic	4	4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nishimoto, A., Kawakami, M., Fujiwara, T., Hiramoto, M., Honaga, K., Abe, K., Mizuno, K., Ushiba, J. & Lui, M. (2017). Feasibility of task-specific brain-machine interface training for upper-extremity paralysis in patients with chronic hemiparetic stroke. <i>Journal of Rehabilitation Medicine</i>, 2018; 50(1): 52-58 2. Kasashima-Shindo, Y., Fujiwara, T., Ushiba, J., Matsushika, Y., Kamatani, D., Oto, M., Ono, T., Nishimoto, A., Shindo, K., Kawakami, M., Tsuji, T. & Lui, M. (2015). Brain-Computer Interface training combined with transcranial direct current stimulation in patients with chronic severe hemiparesis: proof of a concept study. <i>Journal of Rehabilitation Medicine</i>, Apr2015; 47(4): 318-324 3. Rayegani, S. M., Raeissadat, S. A., Sedighpour, L., Rezazadeh, I. M., Baharami, M. H., Eliaspour, D. & Khosrawi, S. (2014). Effects of Neurofeedback and Electromyographic-Biofeedback Therapy on Improving Hand Function in Stroke Patients. <i>Topics in Stroke Rehabilitation</i>, Mar/Apr2014; 21(2): 137-151 4. Naseer, N., Ayaz, H. & Dehais, F. (2018). Portable and Wearable Brain Technologies for Neuroenhancement and Neurorehabilitation. <i>BioMed Research International</i>, Jun2018: 1-2
MEDLINE	Occupational therapy OR occupational therapist OR OT AND Neurofeedback OR brain computer interface AND hemiplegia OR hemiparesis OR hemiparetic OR hemiplegic	2	1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mizuno, K., Abe, T., Ushiba, J., Kawakami, M., Ohwa, T., Hagimura, K., Ogura, M., Okuyama, K., Fujiwara, T. & Liu, M. (2018). Evaluating the Effectiveness and Safety of the Electroencephalogram-Based Brain-Machine Interface Rehabilitation System for Patients With Severe Hemiparetic Stroke: Protocol for a Randomized Controlled Trial (BEST-BRAIN Trial). <i>JMIR Research Protocols</i>. Dec2018; 7(12):12339
AMED	Neurofeedback OR EEG biofeedback OR brain computer interface AND hemiparesis OR hemiplegia OR	4	4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mukaino, M., Ono, T., Shindo, K., Fuwara, T., Ota, T., Kimura, A., Liu, M. & Ushiba, J. (2014). Efficacy of brain-computer interface-driven neuromuscular electrical stimulation for chronic paresis after stroke. <i>Journal of Rehabilitation Medicine</i>, Apr2014; 46(4):378-82 2. Varkuti, B., Guan, C., Pan, Y., Phua, K. S., Ang, K. K., Keong Kuah, C. W., Chua, K., Ang, B. T., Birbaumer, N. & Sitaram, R. (2013). Resting state changes in functional connectivity correlate with movement recovery for BCI

	hemiparetic OR hemiplegic			<p>and robot-assisted upper extremity training after stroke. <i>Neurorehabilitation and Neural Repair</i>, Jan2013; 27(1): 53-62</p> <p>3. Shindo, K., Kawashima, K., Ushiba, J., Ota, N., Ito, M., Ota, T., Kimura, A. & Liu, M. (2011). Effects of neurofeedback training with electroencephalogram-based brain-computer interface for hand paralysis in patients with chronic stroke: a preliminary case series study. <i>Journal of Rehabilitation Medicine</i>, Oct2011; 43(10): 951-957</p> <p>4. Broetz, D., Braun, Weber, C., Soekadar, S. R, Caria, A. & Birbaumer, N. (2010). Combination of brain-computer interface training and goal-directed physical therapy in chronic stroke: A case report. <i>Neurorehabilitation and Neural Repair</i>, Sep2010; 24(7): 674-679 →Kein Volltext</p>
AMED	Neurofeedback OR EEG biofeedback OR brain computer interface AND hemiparesis OR hemiplegia OR hemiparetic OR hemiplegic AND occupational therapy OR occupational therapist OR OT	0	0	-
2. Suche				
MEDLINE	Exp Stroke Rehabilitation (MeSH) AND exp Upper Extremity (MeSH) AND brain-computer interface OR brain-machine interface OR Neurofeedback AND function* OR motor* AND motor imager* Limit to last 10 years	21	15	<p>1. Carvalho, R., Dias, N. & Cerqueira, J. J. (2019). Brain-machine interface of upper limb recovery in stroke patients rehabilitation: A systematic review. <i>Physiotherapy Research International</i>. 24(2)</p> <p>2. Cantillo-Negrete, J., Carino-Escobar, R. I., Carillo-Mora, P., Elias-Vinas, D., & Gutierrez-Martinez, J. (2018). Motor Imagery-Based Brain-Computer Interface Coupled to a Robotic Hand Orthosis Aimed for Neurorehabilitation of Stroke Patients. <i>Journal of Healthcare Engineering</i>. 2018(1)</p> <p>3. Irimia D. C., Cho, W., Ortner, R., Allison, B. Z., Ignat, B. E., Edlinger, G. & Guger, C. (2017). Brain-Computer Interfaces With Multi-Sensory Feedback for Stroke Rehabilitation: A Case Study. <i>Artificial Organs</i>. Nov2017; 41(11): 178-184</p> <p>4. Belardinelli, P., Laer, L., Ortiz, E., Braun, C., & Gharabaghi, A. (2017). Plasticity of premotor cortico-muscular coherence in severely impaired stroke patients with hand paralysis. <i>Neuroimage Clinical</i>. 14(1):726-733</p> <p>5. Vourvopoulos A & Bermudez I. B. S. (2016). Motor priming in virtual reality can augment motor-imagery training efficacy in restorative brain-computer interaction: a within-subject analysis. <i>Journal of Neuroengineering & Rehabilitation</i>. Sep2016; 13(1): 69</p> <p>6. Ang, K. K., Guan, C., Phua, K. S., Wang, C., Zhao, L., Teo, W. P., Chen, C., Ng, Y. A. & Chew, E. (2015). Facilitating effects of transcranial direct current stimulation on motor imagery brain-computer interface with robotic feedback for stroke rehabilitation. <i>Archives of Physical Medicine & Rehabilitation</i>. 96(3):79-87. Mar2015</p>

7. Kasashima-Shindo, Y., Fujiwara, T., Ushia, J., Matsushika, Y., Kamatani, D., Oto, M., Ono, T., Nishimoto, A., Shindo, K., Kawakami, M., Tsuji, T. & Lui, M. (2015). Brain-Computer Interface training combined with transcranial direct current stimulation in patients with chronic severe hemiparesis: proof of a concept study. *Journal of Rehabilitation Medicine*, Apr2015; 47(4): 318-324
8. Ang, K. K., Chua, K. S., Phua, K. S., Wang, C., Chin, Z. Y., Kuah, C. W., Low, W. & Guan, C. (2015). A Randomized Controlled Trial of EEG-Based Motor Imagery Brain-Computer Interface Robotic Rehabilitation for Stroke. *Clinical EEG & Neuroscience*. 46(4):310-320, Oct2015
9. Rayegani, S. M., Raeissadat, S. A., Sedighipour, L., Rezazadeh, I. M., Baharami, M. H., Eliaspour, D. & Khosrawi, S. (2014). Effects of Neurofeedback and Electromyographic-Biofeedback Therapy on Improving Hand Function in Stroke Patients. *Topics in Stroke Rehabilitation*, Mar/Apr2014; 21(2): 137-151
10. Li, M., Lui, Y., Wu, Y, Lui, S., Jia, J. & Zhang, L. (2014). Neurophysiological substrates of stroke patients with motor imagery-based Brain-Computer Interface training. *Internal Journal of Neuroscience*. 124(6): 403-415, Jun2014
11. Tung, S. W., Guan, C., Ang, K. K., Phua, K. S., Wang, C., Zhao, L., Teo, W. P. & Chew, E. (2013). Motor imagery BCI for upper limb stroke rehabilitation: An evaluation of the EEG recordings using coherence analysis. *Conference Proceedings: ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society*. 2013:261-4, 2013.
12. Mihara, M., Hattori, N., Hatakenajka, M., Yagura, H., Kawano, T., Hino, T. & Mayai, I. (2013). Near-infrared spectroscopy-mediated neurofeedback enhances efficacy of motor imagery-based training in poststroke victims: a pilot study. *Stroke*. 44(4):1091-1098, Apr2013
13. Varkuti, B., Guan, C., Pan, Y., Phua, K. S., Ang, K. K., Keong Kuah, C. W., Chua, K., Ang, B. T., Birbaumer, N. & Sitaram, R. (2013). Resting state changes in functional connectivity correlate with movement recovery for BCI and robot-assisted upper extremity training after stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, Jan2013; 27(1): 53-62
14. Cincotti, F., Pichiorri, F., Arico, P., Aloise, F., Leotta, F., de Vico Fallani, F., Millan Jdel, R., Molinari, M. & Mattia, D. (2012). EEG-based Brain-Computer Interface to support post-stroke motor rehabilitation of the upper limb. *Conference Proceedings: ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society*. 2012: 4112-4115
15. Shindo, K., Kawashima, K., Ushiba, J., Ota, N., Ito, M., Ota, T., Kimura, A. & Liu, M. (2011). Effects of neurofeedback training with electroencephalogram-based brain-computer interface for hand paralysis in patients with chronic stroke: a preliminary case series study. *Journal of Rehabilitation Medicine*, Oct2011; 43(10): 951-957
16. Chowdhury, A., Meena, Y. K., Raza, H., Bhushan, B., Uttam, A. K., Pandey, N., Hashmi, A. A., Bajpai, A., Dutta, A. & Prasad, G. (2018). Active Physical Practice Followed by Mental Practice Using BCI-Driven Hand Exoskeleton: A Pilot Trial for Clinical Effectiveness and Usability. *IEEE Journal of Biomedical & Health Informatics*. Nov2011; 22(6): 1786-1795
17. Norman, S. L., MCFarland, D. J., Miner, A., Cramer, S. C., Wolbrecht, E. T., Wolpaw, J. R. & Reinkensmeyer, D. J. (2018). Controlling pre-movement sensorimotor rhythm can improve finger extension after stroke. *Journal of Neural Engineering*. Oct2018; 15(5)

				<p>18. Nishimoto, A., Kawakami, M., Fujiwara, T., Hiramoto, M., Honaga, K., Abe, K., Mizuno, K., Ushiba, J. & Lui, M. (2017). Feasibility of task-specific brain-machine noninvasive training for upper-extremity paralysis in patients with chronic hemiparetic stroke. <i>Journal of Rehabilitation Medicine</i>, 2018; 50(1): 52-58</p> <p>19. Bundy, D. T., Souders, L., Baranyai, K., Leonard, L., Schalk, G., Coker, R., Moran, D. W., Huskey, T. & Leuthardt, E. C. (2017). Contralesional Brain-Computer Interface Control of a Powered Exoskeleton for Motor Recovery in Chronic Stroke Survivors. <i>Stroke</i>. 48(7):1908-1915, Jul2017</p> <p>20. Monge-Pereira, E., Ibanez-Pereda, J., Alguacil-Diego, I. M., Serrano, J. I., Spottorno-Rubio, M. P. & Molina, Rueda, F. (2017). Use of Electroencephalography Brain-Computer Interface Systems as a Rehabilitative Approach for Upper Limb Function After a Stroke: A Systematic Review. <i>Pm & R</i>. 9(9):918-932, Sep2017</p> <p>21. Remsik, A., Young, B., Vermilyea, R., Kiekhoefer, L., Abrams, J., Evander, E. S., Schultz, P., Nair, V., Edwards, D., Williams, J. & Prabhakaran, V. (2016). A review of the progression and future implications of brain computer interface therapies for restoration of distal upper extremity motor function after stroke. <i>Expert Review of Medical Devices</i>. 13(5):445-54, May2016</p> <p>22. Mrachacz-Kersting, N., Jiang, N., Stevenson, A. J., Niazi, I. K., Kostic, V., Pavlovic, A., Radovanovic, S., Djuric-Jovicic, M., Agosta, F., Drehmstrup, K. & Farina, D. (2016). Efficient neuroplasticity induction in chronic stroke patients by an associative brain-computer interface. <i>Journal of Neurophysiology</i>. 115(3):1410-21, Mar2016</p>
CINAHL Complete	MH "Stroke/RH" AND MH "Upper Extremity" AND brain-computer interface OR brain-machine interface OR Neurofeedback AND function* OR motor* AND motor imager* Limit to last 10 years	11	5	<p>1. Duenser, A., Rozado, D., Rosolen, G., Howell, B., Callisaya, M., Lochner, M. & Cochrane, M. (2018). Development of a low-cost upper limb rehabilitation system using BCI, eye-tracking, and direct visual feedback. <i>International Journal of Child Health & Human Development</i>, 2018; 11(2):231-235</p> <p>2. Broetz, D., Braun, Weber, C., Soekadar, S. R., Caria, A. & Birbaumer, N. (2010). Combination of brain-computer interface training and goal-directed physical therapy in chronic stroke: A case report. <i>Neurorehabilitation and Neural Repair</i>, Sep2010; 24(7): 674-679</p> <p>3. Wong, W. W., Chan, S. T., Tang, K. W., Meng, F. & Tong, K. Y. (2013). Neural correlates of motor impairment during motor imagery and motor execution in sub-cortical stroke. <i>Brain Injury</i>, Jun2013; 27(6): 651-663</p> <p>4. Liu, M., Fujiwara, T, Shindo, K., Kasashima, Y., Otake, Y, Tsuji, T. & Ushiba, J. (2012). Newer challenges to restore hemiparetic upper extremity after stroke: HANDS therapy and BMI neurorehabilitation. <i>Hong Kong Physiotherapy Journal</i>, 2012; 30(2): 83-92.</p> <p>5. Fuentes, M. A., Borrego, A., Latorre, J., Colomer, C., Alcaniz, M., Sanchez-Ledesma, M. J., Noe, E. & Liorens, R. (2018). Combined Transcranial Direct Current Stimulation and Virtual Reality-Based Paradigm for Upper Limb Rehabilitation in Individuals with Restricted Movements. A Feasibility Study with a Chronic Stroke Survivor with Severe Hemiparesis. <i>Journal of Medical Systems</i>, May2018; 42(5):1-1</p>
AMED	Exp stroke (MeSH) AND exp arm (MeSH) AND brain-computer interface OR brain-machine interface OR Neurofeedback AND function* OR motor* AND motor imager*	2	2	<p>1. Varkuti, B., Guan, C., Pan, Y., Phua, K. S., Ang, K. K., Keong Kuah, C. W., Chua, K., Ang, B. T., Birbaumer, N. & Sitaram, R. (2013). Resting state changes in functional connectivity correlate with movement recovery for BCI and robot-assisted upper extremity training after stroke. <i>Neurorehabilitation and Neural Repair</i>, Jan2013; 27(1): 53-62</p> <p>2. Shindo, K., Kawashima, K., Ushiba, J., Ota, N., Ito, M., Ota, T., Kimura, A. & Liu, M. (2011). Effects of neurofeedback training with electroencephalogram-based brain-computer interface for hand paralysis in patients with chronic stroke: a preliminary case series study. <i>Journal of Rehabilitation Medicine</i>, Oct2011; 43(10): 951-957</p>

	Limit to last 10 years			
PEDro	Brain-machine interface	3	3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carvalho, R., Dias, N. & Cerqueira, J. J. (2019). Brain-machine interface of upper limb recovery in stroke patients rehabilitation: A systematic review. <i>Physiotherapy Research International</i>. 24(2) 2. Ramos-Murguialday, A., Broetz, D., Rea, M., Laer, L., Yilmaz, O., Brasil, F. L., Liberati, G., Curado, M. R., Garcia-Cossio, E., Vyziotis, A., Cho, W., Agostini, M., Soares, E., Soekadar, S., Caria, A., Chohen, L. G. & Birbaumer, N. (2013). Brain-machine interface in stroke rehabilitation: a controlled study. <i>Annals of Neurology</i>, Jul2013;74(1):100-108 3. Curado, M. R., Cossio, E. G., Broetz, D., Agostini, M., Cho, W., Brasil, F. L., Yilmaz, O., Liberati, G., Lepski, G., Birbaumer, N. & Ramos-Murguialday, A. (2015). Residual upper arm function primes innervation of paretic forearm muscle in chronic stroke after brain-machine interface (BMI) training. <i>PLoS ONE</i>, Oct2015;10(10)
PEDro	Brain computer interface	10	4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carvalho, R., Dias, N. & Cerqueira, J. J. (2019). Brain-machine interface of upper limb recovery in stroke patients rehabilitation: A systematic review. <i>Physiotherapy Research International</i>. 24(2) 2. Ang, K. K., Chua, K. S., Phua, K. S., Wang, C., Chin, Z. Y., Kuah, C. W., Low, W. & Guan, C. (2015). A Randomized Controlled Trial of EEG-Based Motor Imagery Brain-Computer Interface Robotic Rehabilitation for Stroke. <i>Clinical EEG & Neuroscience</i>. 46(4):310-320, Oct2015 3. Ang, K. K., Guan, C., Phua, K. S., Wang, C., Zhou, L., Tang, K. Y., Joseph, G. J. E., Kuah, C. W. K. & Chua, K. S. G. (2014). Brain-computer interface-based robotic end effector system for wrist and hand rehabilitation: results of a three-armed randomized controlled trial for chronic stroke. <i>Frontiers in Neuroengineering</i>, Jul2014, 29(7) 4. Frolov, A. A., Mokienco, O., Lyukmanov, R., Biryukova, E., Kotov, S., Turbina, L., Nadareyshvily, G. & Bushkova, Y. (2017). Post-stroke rehabilitation training with a motor-imagery-based brain-computer interface (BCI)-controlled hand exoskeleton: a randomized controlled multicenter trial. <i>Frontiers of Neuroscience</i>, Jul2017;11
PubMed	Upper extremity (MeSH) AND Stroke(MeSH) AND brain-computer interface OR brain-machine interface OR Neuro feedback AND motor* OR function* AND motor imager* Limit to last 10 years	15	10	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carvalho, R., Dias, N. & Cerqueira, J. J. (2019). Brain-machine interface of upper limb recovery in stroke patients rehabilitation: A systematic review. <i>Physiotherapy Research International</i>. 24(2) 2. Irimia D. C., Cho, W., Ortner, R., Allison, B. Z., Ignat, B. E., Edlinger, G. & Guger, C. (2017). Brain-Computer Interfaces With Multi-Sensory Feedback for Stroke Rehabilitation: A Case Study. <i>Artificial Organs</i>. Nov2017; 41(11): 178-184 3. Belardinelli, P., Laer, L., Ortiz, E., Braun, C., & Gharabaghi, A. (2017). Plasticity of premotor cortico-muscular coherence in severely impaired stroke patients with hand paralysis. <i>Neuroimage Clinical</i>. 14(1):726-733 4. Vourvopoulos A & Bermudez I. B. S. (2016). Motor priming in virtual reality can augment motor-imagery training efficacy in restorative brain-computer interaction: a within-subject analysis. <i>Journal of Neuroengineering & Rehabilitation</i>. Sep2016; 13(1): 69 5. Kasashima-Shindo, Y., Fujiwara, T., Ushia, J., Matsushika, Y., Kamatani, D., Oto, M., Ono, T., Nishimoto, A., Shindo, K., Kawakami, M., Tsuji, T. & Lui, M. (2015). Brain-Computer Interface training combined with transcranial direct current stimulation in patients with chronic severe hemiparesis: proof of a concept study. <i>Journal of Rehabilitation Medicine</i>, Apr2015; 47(4): 318-324

				<ol style="list-style-type: none"> 6. Tung, S. W., Guan, C., Ang, K. K., Phua, K. S., Wang, C., Zhao, L., Teo, W. P. & Chew, E. (2013). Motor imagery BCI for upper limb stroke rehabilitation: An evaluation of the EEG recordings using coherence analysis. <i>Conference Proceedings: ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society</i>. 2013:261-4, 2013. 7. Li, M., Lui, Y., Wu, Y, Lui, S., Jia, J. & Zhang, L. (2014). Neurophysiological substrates of stroke patients with motor imagery-based Brain-Computer Interface training. <i>Internal Journal of Neuroscience</i>. 124(6): 403-415, Jun2014 8. Cincotti, F., Pichiorri, F., Arico, P., Aloise, F., Leotta, F., de Vico Fallani, F., Millan Jdel, R., Molinari, M. & Mattia, D. (2012). EEG-based Brain-Computer Interface to support post-stroke motor rehabilitation of the upper limb. <i>Conference Proceedings: ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society</i>. 2012: 4112-4115 9. Varkuti, B., Guan, C., Pan, Y., Phua, K. S., Ang, K. K., Keong Kuah, C. W., Chua, K., Ang, B. T., Birbaumer, N. & Sitaram, R. (2013). Resting state changes in functional connectivity correlate with movement recovery for BCI and robot-assisted upper extremity training after stroke. <i>Neurorehabilitation and Neural Repair</i>, Jan2013; 27(1): 53-62 10. Shindo, K., Kawashima, K., Ushiba, J., Ota, N., Ito, M., Ota, T., Kimura, A. & Liu, M. (2011). Effects of neurofeedback training with an electroencephalogram-based brain-computer interface for hand paralysis in patients with chronic stroke: a preliminary case series study. <i>Journal of Rehabilitation Medicine</i>. Oct2011; 43(10): 951-957
OTSeeker	Brain-computer interface	3	0	-
OTSeeker	Brain-machine interface	1	1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ramos-Murguilday, A., Broetz, D., Rea, M., Laer, L., Yilmaz, O., Brasil, F. L., Liberati, G., Curado, M. R., Garcia-Cossio, E., Vyziotis, A., Cho, W., Agostini, M., Soares, E., Soekadar, S., Caria, A., Chohen, L. G. & Birbaumer, N. (2013). Brain-machine interface in stroke rehabilitation: a controlled study. <i>Annals of Neurology</i>, Jul2013;74(1):100-108
OTSeeker	Neurofeedback	21	1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rayegani, S. M., Raeissadat, S. A., Sedighipour, L., Rezazadeh, I. M., Baharami, M. H., Eliaspour, D. & Khosrawi, S. (2014). Effects of Neurofeedback and Electromyographic-Biofeedback Therapy on Improving Hand Function in Stroke Patients. <i>Topics in Stroke Rehabilitation</i>, Mar/Apr2014; 21(2): 137-151
Cochrane Library	Brain-computer interface OR brain-machine interfafe OR neurofeedback AND motor* OR function* AND motor imager* AND stroke AND upper extremit* OR hand OR arm	32	22	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vukelic, M., Belardinelli, P., Guggenberger, R., Royter, V. & Gharabaghi, A. (2019). Different oscillatory entrainment of cortical networks during motor imagery and neurofeedback in right and left handers. <i>Neuroimage</i>. Jul2019; 195:190-202 2. Cheng, N., Phua, K. S., Lai, H. S, Cheng, K. K., Tang, K. Y., Lim, J. H., Yeow, C. H. & Ang, K. K. (2019). Assistive Soft Robotic Glove Intervention Using Brain-Computer Interface for Elderly Stroke Patients. 17th international Conference on Biomedical Engineering 3. Frolov, A. A., Mokienco, O., Lyukmanov, R., Biryukova, E., Kotov, S., Turbina, L., Nadareyshvily, G. & Bushkova, Y. (2017). Post-stroke rehabilitation training with a motor-imagery-based brain-computer interface (BCI)-controlled hand exoskeleton: a randomized controlled multicenter trial. <i>Frontiers of Neuroscience</i>, Jul2017;11

4. Naros, G. & Gharabaghi, A. (2017). Physiological and behavioral effects of β -tACS on brain self-regulation in chronic stroke. *Brain Stimulation*. Mar2017; 10(2):251-259
5. Ang, K. K., Guan, C., Phua, K. S., Wang, C., Zhou, L., Tang, K. Y., Joseph, G. J. E., Kuah, C. W. K. & Chua, K. S. G. (2014). Brain-computer interface-based robotic end effector system for wrist and hand rehabilitation: results of a three-armed randomized controlled trial for chronic stroke. *Frontiers in Neuroengineering*, Jul2014, 29(7)
6. Pichiorri, F., Morone, G., Petti, M., Toppi, J., Pisotta, I., Molinari, M., Paolucci, S., Inghilleri, M., Inghilleri, M., Astolfi, L., Cincotti, F. & Mattia, D. (2015). Brain-computer interface boosts motor imagery practice during stroke recovery. *Annals of Neurology*, Oct2015, 77(5):851-865
7. Ang, K. K., Chua, K. S., Phua, K. S., Wang, C., Chin, Z. Y., Kuah, C. W., Low, W. & Guan, C. (2015). A Randomized Controlled Trial of EEG-Based Motor Imagery Brain-Computer Interface Robotic Rehabilitation for Stroke. *Clinical EEG & Neuroscience*. 46(4):310-320, Oct2015
8. Mihara, M., Hattori, N., Hatakenajka, M., Yagura, H., Kawano, T., Hino, T. & Mayai, I. (2013). Near-infrared spectroscopy-mediated neurofeedback enhances efficacy of motor imagery-based training in poststroke victims: a pilot study. *Stroke*. 44(4):1091-1098, Apr2013
9. Li, M., Lui, Y., Wu, Y., Liu, S., Jia, J. & Zhang, L. (2014). Neurophysiological substrates of stroke patients with motor imagery-based Brain-Computer Interface training. *International Journal of Neuroscience*, 124(6):403-415
10. Shu, X., Yao, L., Sheng, X., Zhang, D. & Zhu, X. (2017). Enhanced motor imagery-based BCI performance via tactile stimulation on unilateral hand. *Frontiers in human neuroscience*, 2017,11
11. Kondur, A., Kotov, S., Turbina, L., Biruykova, E., Frolox, A., Bobrov, P., Bushkova, Y., Mokienko, O. & Lyukmanov, R. (2019). Brain computer interface for post-stroke rehabilitation of upper-limb function: results of randomized control trial. *European journal of neurology*, 2019, 26(9)
12. Wang, X., Wong, W. W., Sun, R., Chu W. C. W. & Tong K. Y. (2018). Differentiated effects of robot hand training with and without neural guidance on neuroplasticity patterns in chronic stroke. *Frontiers in neurology*, Oct2018.
13. Varkuti, B., Guan, C., Pan, Y., Phua, K. S., Ang, K. K., Keong Kuah, C. W., Chua, K., Ang, B. T., Birbaumer, N. & Sitaram, R. (2013). Resting state changes in functional connectivity correlate with movement recovery for BCI and robot-assisted upper extremity training after stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, Jan2013; 27(1): 53-62
14. Guger, G., Cao, F., Mayr, K. & Edlinger, G. (2018). Chronic stroke patients using a brain- computer interface for motor rehabilitation: a group study. *Neurorehabilitation and neural repair*, 2018, 32(12):1081
15. Ang, K. K., Guan, C., Chua, K. S., Ang, B. T., Kuah, C., Wang, C., Phua, K. S., Chin, Z. Y. & Zhang, H. (2010). Clinical study of neurorehabilitation in stroke using EEG-based motor imagery brain-computer interface with robotic feedback. *Conference proceedings : ... Annual international conference of the IEEE engineering in medicine and biology society. IEEE engineering in medicine and biology society. Annual conference, 2010, 2010, 5549-5552*
16. Ang, K. K., Guan, C., Phua, K. S., Wang, C., Zhao, L., Teo, W. P., Chen, C., Ng, Y. A. & Chew, E. (2015). Facilitating effects of transcranial direct current stimulation on motor imagery brain-computer interface with robotic feedback for stroke rehabilitation. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation*. 96(3):79-87. Mar2015

				<p>17. Rayegani, S. M., Raeissadat, S. A., Sedighipour, L., Rezazadeh, I. M., Baharami, M. H., Eliaspour, D. & Khosrawi, S. (2014). Effects of Neurofeedback and Electromyographic-Biofeedback Therapy on Improving Hand Function in Stroke Patients. <i>Topics in Stroke Rehabilitation</i>, Mar/Apr2014; 21(2): 137-151</p> <p>18. Bai, O., Huang, D., Fei, D. Y. & Kunz, R. (2014). Effect of real-time cortical feedback in motor imagery-based mental practice training. <i>Neurorehabilitation</i>, 2014, 34(2):355-363</p> <p>19. Pichiorri, F., Morone, G., Petti, M., Toppi, J., Pisotta, I., Molinari, M., Paolucci, S., Inghilleri, M., Inghilleri, M., Astolfi, L., Cincotti, F. & Mattia, D. (2015). Brain-computer interface boosts motor imagery practice during stroke recovery. <i>Annals of Neurology</i>, Oct2015, 77(5):851-865</p> <p>20. Mihara, M., Hattori, N., Hatakenajka, M., Yagura, H., Kawano, T., Hino, T. & Mayai, I. (2013). Near-infrared spectroscopy-mediated neurofeedback enhances efficacy of motor imagery-based training in poststroke victims: a pilot study. <i>Stroke</i>. 44(4):1091-1098, Apr2013</p> <p>21. Mihara, M., Fujimoto, H., Otomune, H., Hattori, N., Watanabe, Y., Kawano, T., Hatakenaka, M., Yagura, H., Miyai, I. & Mochizuki, H. (2018). Effect of the gait imagery related supplementary motor area facilitation using functional near-infrared spectroscopy mediated neurofeedback on poststroke balance and upper limb function. <i>Neurorehabilitation and neural repair</i>, 2018, 32(12):1091-1092</p> <p>22. Chua, K. S. G. (2010). Brain computer interface based robotic rehabilitation for upper limb hemiplegia following stroke. <i>Annals of the academy of medicine singapore</i>, 2010, 39(11): 338</p>
LIVIO	Brain-computer interface motor imagery stroke upper extremity	23	2	<p>1. Lu, R. R., Zheng, M. X., Li, J., Gao, T. H., Hua, C. Y., Liu, G, Huang, S. H., Xu, J. G. & Wu, Y. (2019). Motor imagery based brain-computer interface control of continuous passive motion for wrist extension recovery in chronic stroke patients. <i>Neuroscience letters</i>, 718</p> <p>2. Cincotti, F., Pichiorri, F., Arico, P., Aloise, F., Leotta, F., de Vico Fallani, F., Millan Jdel, R., Molinari, M. & Mattia, D. (2012). EEG-based Brain-Computer Interface to support post-stroke motor rehabilitation of the upper limb. <i>Conference Proceedings: ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society</i>. 2012: 4112-4115</p>

ANHANG G: DARSTELLUNG DER PERSONENBEZOGENEN FAKTOREN UND KÖRPERFUNKTIONEN AUS DEM OTIPM VON A. FISHER (2014, S.199)

Internationalen Klassifikation von Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit ICF (WHO, 2001) (fett)

Personbezogene Faktoren, Körperfunktionen und Körperstrukturen (Klientenfaktoren)			Kontextfaktoren
Personbezogene Faktoren und Körperfunktionen		Körperstrukturen	Kontext
Zugrunde liegende Fähigkeit	Performanzkomponente		
Sich erinnern	Mental, Kap. 1 ■ Gedächtnis	Hirn und Rückenmark	Personbezogene Faktoren ■ Persönlich ■ Alter und Lebensabschnitt (zeitlich) ■ Rasse/Ethnizität ■ Geschlecht ■ Soziokultureller Hintergrund ■ Bildungshintergrund ■ Persönlichkeit/Charakter ■ Gewohnheiten und Rollen
Einen Plan entwickeln	■ Kognition		
Aufmerksamkeit beibehalten	■ Wahrnehmung ■ Aufmerksamkeit halten		
Sich seiner Fähigkeiten bewusst sein	■ Selbstvertrauen ■ Einsicht		
Eigene Stimmung regulieren	■ Motivation ■ Gefühle		
Ausdauernd sein	Kardiovaskulär und respiratorisch, Kap. 4 ■ Übungstoleranz	Herz, Lunge	Umweltfaktoren ■ Produkte und Technologien □ Physisch: Gegenstände, Werkzeug, Geräte
Den Arm heben und nach etwas langen	■ Aerobic-Kapazität		
Die Faust schließen	Neuro-muskulo-skelettal /Bewegung, Kap. 7 ■ Beweglichkeit der Gelenke	Knochen, Gelenke, Muskeln und Bänder	■ Natürliche Umwelt und Veränderungen durch Menschen □ Physisch: Gebäude und natürliches Gelände □ Raum und Settings □ Umweltmerkmale □ Tag/Nacht-Rhythmus (zeitlich)
Koordinierte Bewegungen ausführen	■ Muskelkraft		
In normalem Gangmuster gehen	■ Muskeltonus (Spannung) ■ Steuerung bewusster Bewegungen ■ Gangmuster		
Sehen	Sensorisch/Schmerz, Kap. 2 ■ Sehschärfe	Auge und Ohr	■ Unterstützung und Beziehungen □ Sozial □ Familie □ Gesundheitsberufe
Schmecken	■ Geräuschunterscheidung		
Fließende Sprache produzieren	Sprache und Sprechen, Kap. 3 ■ Stimme produzieren	Nase, Mund, Rachen und Kehlkopf	■ Ansichten, Systeme und Regeln □ kulturell
Beißen	■ Flüssigkeit des Sprechens		
Kauen	Andere Körpersysteme und Haut, Kap. 5, 6, 8	Magen, Drüsen, Nieren, Haar	