Network-oriented Neurorehabilitation after Stroke: A Paradigmatic Approach

Einführung in das Paradigma der network-orientierten Neurorehabilitation

Autor: Fabio M. Conti

Diese Darstellung ist eine autorisierte didaktische Zusammenfassung der Originalpublikation und dient der klinischen Weiterbildung. Sie ersetzt nicht die wissenschaftliche Originalarbeit.

Der vorliegende Text basiert auf einer Vorlesung, die am 31. Oktober 2026 in der Praxis von Birgit Rauchfuß in Recklinghausen gehalten wurde. Er verzichtet bewusst auf ausführliche Literaturangaben und verweist für die wissenschaftliche Dokumentation auf die Originalpublikation, auf der diese Darstellung beruht:

Conti, F.M., Gassert, R., Doganci, N., Guggisberg, A.G. Network-oriented neurorehabilitation after stroke: a paradigmatic approach. *J NeuroEngineering Rehabil* 23, 240 (2026). https://doi.org/10.1186/s12984-026-02052-0

Der Titel dieser Publikation bringt bereits den zentralen Gedanken zum Ausdruck: Heute verstehen wir den Schlaganfall nicht mehr ausschließlich als eine fokale Hirnläsion, sondern zunehmend als eine Störung dynamisch miteinander verbundener neuronaler Netzwerke.

Diese veränderte Sichtweise führt zwangsläufig zu einer neuen Frage: Wie lassen sich die Erkenntnisse der modernen *Network Neuroscience* in die tägliche neurorehabilitative Praxis übersetzen?

Viele therapeutische Verfahren beschreiben zum Teil mit großer Präzision, was der Patient tun soll. Deutlich seltener wird jedoch erklärt, welche neurokognitiven Prozesse durch die therapeutische Übung tatsächlich organisiert und aktiviert werden. Gerade hier liegt nach unserer Auffassung eine der wesentlichen Herausforderungen der heutigen Neurorehabilitation.

In diesem Zusammenhang besitzt die *Cognitive Multisensory Rehabilitation* nach Carlo Perfetti eine besondere Bedeutung. Sie hat den Blick von der isolierten Bewegung auf den handelnden und denkenden Menschen gelenkt und gezeigt, dass Wahrnehmung, Kognition, Motivation und Handlung innerhalb einer zielgerichteten therapeutischen Aufgabe eine funktionelle Einheit bilden können.

Das Ziel unserer Arbeit bestand jedoch nicht darin, die CMR zu ersetzen. Vielmehr wollten wir ihre grundlegenden Prinzipien innerhalb eines network-orientierten theoretischen Rahmens neu formulieren. Wir schlagen deshalb keine neue Therapiemethode vor, sondern eine gemeinsame Sprache, welche die therapeutische Übung als Architektur neurokognitiver Prozesse beschreibt.

Diese Architektur findet ihren Ausdruck in einem operativen *Fünf-Phasen-Modell*, das therapeutische Übungen als strukturierte, zielgerichtete und adaptive Prozesse versteht. Es bildet

© Dr. med. MSc ETHZ Fabio Mario Conti

die Grundlage einer *Guided Network Modulation*, bei der Wahrnehmung, Kognition, sensomotorische Integration und Neuroplastizität systematisch miteinander verbunden werden.

Teil I – Grundlagen des network-orientierten Paradigmas

Schlaganfall als Netzwerkerkrankung

Von der Lokalisation zur Konnektivität - Neuroplastizität als Systemphänomen

Der Ausgangspunkt unseres Paradigmenwechsels ist eine grundlegende Erkenntnis der modernen Neurowissenschaft: Ein Schlaganfall ist nicht nur eine fokale Hirnläsion, sondern eine Erkrankung neuronaler Netzwerke.

Über viele Jahrzehnte wurden Hirnfunktionen vor allem lokalisiert. Sprache, Bewegung und Wahrnehmung galten als Leistungen einzelner Hirnareale. Heute wissen wir jedoch, dass diese Funktionen aus der dynamischen Zusammenarbeit verteilter kortikaler und subkortikaler Netzwerke entstehen. Ein Schlaganfall schädigt daher nicht nur Gewebe, sondern verändert die funktionelle Kommunikation des gesamten Systems.

Aus dieser Sicht ergibt sich eine zentrale Voraussetzung unseres Modells: Motorische Funktion und Kognition sind keine getrennten Systeme. Wahrnehmung, Aufmerksamkeit, Planung, Entscheidungsfindung und Handlung beruhen auf weitgehend gemeinsamen neuronalen Netzwerken und bilden funktionell eine Einheit. „Motorische Rehabilitation“ kann deshalb niemals ausschließlich motorisch verstanden werden.

Damit verändert sich auch unser Verständnis der Neuroplastizität. Erholung bedeutet nicht einfach die Wiederherstellung einer einzelnen Funktion, sondern die adaptive Reorganisation der Verbindungen zwischen kortikalen, subkortikalen und spinalen Netzwerken. Neuroplastizität ist somit kein lokales Ereignis, sondern ein dynamischer Prozess des gesamten Nervensystems.

Die entscheidende therapeutische Frage lautet deshalb nicht mehr: Welchen Muskel oder welche Muskelgruppe trainieren wir? Sondern: Welche neuronalen Netzwerke reorganisieren wir durch die therapeutische Übung?

Therapeutische Übungen schaffen genau jene Bedingungen, unter denen neue funktionelle Beziehungen entstehen, stabilisiert und für zielgerichtetes Verhalten nutzbar werden können. Damit wird Neurorehabilitation zur gezielten Modulation adaptiver Netzwerkplastizität.

Warum brauchen wir ein neues Paradigma?

Therapeutische Prozesse sind bislang nur unzureichend beschrieben - Es gibt zahlreiche Therapieverfahren, die jedoch schwer vergleichbar sind - Es fehlt eine gemeinsame Sprache, um zu beschreiben, wie therapeutische Übungen wirken

Die Frage nach einem neuen Paradigma entsteht aus der Notwendigkeit, die therapeutischen Prozesse selbst besser zu verstehen und zu beschreiben.

Unser wichtigster Ausgangspunkt ist dabei das Werk von Carlo Perfetti, insbesondere die *Cognitive Multisensory Rehabilitation*. Perfetti vollzog bereits in den 1970er Jahren einen grundlegenden Perspektivwechsel: Bewegung sollte nicht länger als isolierte motorische Leistung betrachtet werden, die lediglich trainiert wird. Im Mittelpunkt steht vielmehr der Patient als handelndes und denkendes Subjekt, das durch Wahrnehmung, Hypothesenbildung, sensorische Verarbeitung und Problemlösen, Wissen über den eigenen Körper und die Umwelt konstruiert. Bewegung entsteht in diesem Verständnis als Folge eines kognitiv-perzeptiven Prozesses.

Die moderne *Network Neuroscience* eröffnet heute die Möglichkeit, diese grundlegende Intuition auf einer neuen wissenschaftlichen Ebene zu betrachten. Die entscheidende Frage lautet nicht mehr allein, welche Funktion trainiert wird, sondern welche verteilten neuronalen Netzwerke durch eine therapeutische Aufgabe aktiviert, integriert und reorganisiert werden.

Gleichzeitig stehen wir vor einer neuen Herausforderung. Die heutige Neurorehabilitation verfügt über zahlreiche Therapieverfahren, die unterschiedliche Schwerpunkte setzen: Manche betonen Wahrnehmung und Körperrepräsentation, andere Aufmerksamkeit, exekutive Kontrolle, Handlungsauswahl oder motorische Adaptation. Diese Verfahren sind jedoch häufig nur schwer miteinander vergleichbar, weil ihnen eine gemeinsame Beschreibungsebene fehlt.

Genau hier sehen wir die Notwendigkeit eines neuen Paradigmas. Wir benötigen eine gemeinsame Sprache, mit der wir beschreiben können, welche neurokognitiven Prozesse eine therapeutische Übung organisiert, welche funktionellen Netzwerke dabei angesprochen werden und wie diese Prozesse zur Erholung nach Schlaganfall beitragen.

Unser Ziel besteht deshalb nicht darin, die CMR neu zu definieren, sondern ihre grundlegenden Einsichten in einen network-orientierten theoretischen Rahmen einzuordnen.

Daraus entsteht unser eigentlicher Vorschlag: die therapeutische Übung als Architektur von Prozessen.

Ziel unserer JNER-Publikation

Die therapeutische Übung als Architektur von Prozessen - Neurorehabilitation als Guided Network Modulation

Das zentrale Anliegen unserer Publikation bestand darin, die therapeutische Übung nicht länger als bloße Abfolge von Bewegungen zu verstehen, sondern als Architektur neurokognitiver und sensomotorischer Prozesse. Der eigentliche therapeutische Wirkmechanismus liegt nicht in der Bewegung selbst, sondern in der gezielten Organisation jener Prozesse, die Wahrnehmung, Planung, Entscheidung, Handlung und Lernen miteinander verbinden.

Ausgehend von der *Cognitive Multisensory Rehabilitation* haben wir diese Prozesse innerhalb einer network-orientierten Perspektive neu strukturiert. Dabei war es ausdrücklich nicht unser Ziel, einzelnen Phasen bestimmte Hirnnetzwerke direkt zuzuordnen. Das Modell beschreibt vielmehr funktionell unterscheidbare therapeutische Prozesse, die während einer komplexen, zielgerichteten Übung beobachtbar und systematisch gestaltet werden können.

Aus dieser Überlegung entstand unser operatives *Fünf-Phasen-Modell*. Es versteht therapeutische Übungen als strukturierte und adaptive Prozesse, deren Gestaltung sich kontinuierlich am neuropsychologischen und sensomotorischen Profil sowie an den individuellen Zielen des Patienten orientiert. In diesem Sinn verstehen wir Neurorehabilitation als *Guided Network Modulation*: Therapeutische Aufgaben schaffen die Bedingungen, unter denen verteilte kognitive und sensomotorische Netzwerke gezielt aktiviert, koordiniert und im Verlauf der Rehabilitation adaptiv reorganisiert werden können.

Unser Modell ist ein Metamodell

Über den Methoden – nicht gegen die Methoden

Eine häufig gestellte Frage lautet, ob dieses Modell eine neue Therapiemethode darstellt. Die Antwort ist bewusst nein.

Unser Modell ist ein Metamodell. Es beschreibt nicht, welche Methode angewendet wird, sondern welche Prozesse eine therapeutische Übung organisiert. Dadurch entsteht eine gemeinsame Beschreibungsebene, auf der unterschiedliche neurorehabilitative Ansätze vergleichbar werden.

Die fünf Phasen bilden ein gemeinsames strukturelles Gerüst für bestehende und zukünftige therapeutische Verfahren. Sie sollen helfen, therapeutische Übungen präziser zu analysieren, systematischer zu planen und besser an die individuellen Voraussetzungen des Patienten anzupassen – und dies innerhalb der konzeptuellen Architektur des Modells.

Das Fünf-Phasen-Modell ist nicht als abgeschlossenes Schema gedacht. Es ist eine offene Plattform für Weiterentwicklung.

Jede der fünf Phasen kann – abhängig von den klinischen Anforderungen des einzelnen Patienten, von den jeweiligen therapeutischen Fragestellungen sowie von den Interessen und Kompetenzen des Therapeuten – weiter differenziert, vertieft und erweitert werden. Neue therapeutische Konzepte, wissenschaftliche Erkenntnisse und technologische Entwicklungen können innerhalb dieser Struktur aufgegriffen und weiterentwickelt werden.

Gerade darin sehen wir ein wesentliches Potenzial des Modells: *Die fünf Phasen definieren nicht die Grenzen der therapeutischen Übung, sondern eröffnen einen strukturellen Raum für ihre weitere Entwicklung.*

Das Metamodell liefert damit nicht die fertige Antwort auf die Frage, wie Neurorehabilitation in Zukunft gestaltet werden soll. Es bietet vielmehr eine *klare gemeinsame Architektur, innerhalb derer neue Antworten entwickelt werden können.*

Mit diesem theoretischen Fundament können wir uns nun dem operativen Kern unseres Modells zuwenden: den fünf Phasen des therapeutischen Prozesses.

© Dr. med. MSc ETHZ Fabio Mario Conti

Teil II – Das operative Fünf-Phasen-Modell

Phase 1 — Task Encoding

Konstruktion der Bedeutung der Aufgabe

Die erste Phase bildet den eigentlichen Ausgangspunkt jeder therapeutischen Übung. Bevor eine Handlung geplant oder ausgeführt werden kann, muss der Patient die Bedeutung der Aufgabe verstehen und eine innere Repräsentation ihres Ziels aufbauen.

Dieser Prozess entsteht durch das Zusammenwirken mehrerer Informationsquellen. Verbale Instruktionen, Gesten, der situative Kontext und alle aufgabenrelevanten sensorischen Informationen werden integriert und ermöglichen dem Patienten, Ziel und Bedeutung der Handlung zu erfassen. *Task Encoding* bedeutet daher weit mehr als das Verstehen einer Anweisung: Es ist die Konstruktion einer handlungsrelevanten mentalen Repräsentation.

Gerade bei neurologischen Patienten kann dieser erste Schritt erheblich beeinträchtigt sein. Aphasie kann das Sprachverständnis erschweren, während Apraxie die Interpretation von Gesten und die Repräsentation zielgerichteter Handlungen beeinträchtigen kann. In solchen Situationen wird die Aufgabe prinzipiell nicht vereinfacht, sondern soweit möglich über alternative Zugänge vermittelt – beispielsweise durch Sprache, Objekt-Demonstrationen, Umweltreize oder gezielte taktile Führung.

Aus network-orientierter Sicht ist diese Phase von grundlegender Bedeutung: Die Qualität der gesamten therapeutischen Übung hängt wesentlich davon ab, wie präzise der Patient das Ziel der Handlung intern konstruieren kann.

Task Encoding bezeichnet somit die Bildung einer handlungsrelevanten Repräsentation der Aufgabe aus Sprache, Kontext und multisensorischer Information.

Phase 2 — Mental Simulation & Action Planning

Mentale Konstruktion und Simulation der Handlung

In der zweiten Phase wird die geplante Handlung mental simuliert und vorbereitet. Auf der Grundlage der zuvor aufgebauten Aufgabenrepräsentation entwickelt der Patient eine innere Vorstellung davon, wie die Handlung ausgeführt werden soll.

Dabei werden frühere Erfahrungen und gespeicherte motorische Muster herangezogen. Mentale Simulation bedeutet jedoch nicht lediglich das Abrufen bereits bekannter Bewegungsmuster. Vielmehr werden Handlungsrepräsentationen aktiv konstruiert, organisiert und im Hinblick auf das angestrebte Ziel angepasst.

Ein wesentlicher Bestandteil dieses Prozesses ist die Antizipation. Der Patient stellt sich nicht nur die Handlung selbst vor, sondern auch deren erwartete Ergebnisse und sensorischen Konsequenzen. Diese Vorwegnahme unterstützt die Planung und schafft zugleich eine Grundlage für die spätere Kontrolle und Anpassung der Bewegung.

© Dr. med. MSc ETHZ Fabio Mario Conti

Motorische Imagination ist damit nicht nur eine Vorbereitung auf die Bewegung. Sie ist ein aktiver Prozess der inneren Konstruktion, Organisation und Antizipation zielgerichteten Handelns.

In diesem Sinne verbindet die zweite Phase die Bedeutung der Aufgabe mit der Vorbereitung ihrer konkreten Umsetzung.

Phase 3 — Strategy Selection & Decision Making

Auswahl und Planung der Handlungsstrategie

In der dritten Phase geht es um die Auswahl und Planung einer Handlungsstrategie. Der Patient entscheidet, *wie* er das gestellte Problem lösen will. Dabei greift er auf bereits erworbene Strategien und Erfahrungen zurück und berücksichtigt gleichzeitig seine aktuellen kognitiven, motorischen und situativen Möglichkeiten.

Die Strategieauswahl schafft zunächst den Rahmen für die möglichen Handlungen. Innerhalb dieses Rahmens werden konkrete Handlungen ausgewählt und entsprechend den jeweiligen Anforderungen der Aufgabe geplant und angepasst. Strategieentscheidung und Handlungsplanung sind damit eng miteinander verbunden: Die gewählte Strategie bestimmt den Handlungsspielraum, während die konkrete Planung die Umsetzung dieser Strategie vorbereitet.

Diese Prozesse werden wesentlich durch Motivation und die Fokussierung der Aufmerksamkeit moduliert.

Motivation beeinflusst dabei nicht nur die Bereitschaft, sich mit der Aufgabe auseinanderzusetzen, sondern auch die Aufrechterhaltung der zielgerichteten Handlung. Die Aufmerksamkeitsfokussierung ermöglicht es, relevante Informationen und Anforderungen der Aufgabe gezielt zu berücksichtigen.

Eine klare Verbindung zwischen Ziel, gewählter Strategie und konkreter Handlung kann dabei nicht nur die aktuelle Ausführung unterstützen, sondern auch die Bedingungen für das Lernen verbessern. Jede Entscheidung innerhalb der Aufgabe wird damit zugleich zu einer Möglichkeit, Erfahrungen zu sammeln und die gewählte Strategie weiterzuentwickeln.

Phase 3 bildet somit die Schnittstelle zwischen der inneren Konstruktion und Simulation der Handlung und ihrer konkreten Umsetzung. Aus der Frage, wie die Handlung ausgeführt werden könnte, wird die Entscheidung, welche Strategie unter den aktuellen Bedingungen tatsächlich verfolgt werden soll.

Damit kommen wir zum entscheidenden Übergang: von der inneren Strategie zur konkreten Umsetzung der Handlung.

Phase 4 — Motor (or Imagined) Execution

Umsetzung der Strategie und dynamische sensomotorische Kontrolle

In der vierten Phase wird die zuvor gewählte Strategie motorisch umgesetzt – oder, wenn die Situation es erfordert, zunächst mental ausgeführt. Die Handlung entsteht dabei nicht einfach aus einem motorischen Befehl. Bereits zu Beginn der Bewegung werden die verfügbaren

sensorischen Informationen mit dem Handlungsziel und den zuvor aufgebauten Repräsentationen integriert.

Während der Ausführung werden diese Informationen kontinuierlich weiterverarbeitet. Die Bewegung wird dadurch nicht nur ausgeführt, sondern fortlaufend kontrolliert und an die aktuellen Anforderungen der Aufgabe angepasst. Wahrnehmung, motorische Kontrolle und kognitive Verarbeitung bilden dabei einen dynamischen Regelkreis.

Die Ausführung ist deshalb als ein dynamischer sensomotorischer Prozess zu verstehen. Je nach Aufgabe und Lernstand kann sie stärker durch bewusste kognitive Kontrolle gesteuert werden oder zunehmend auf bereits etablierten und automatisierten motorischen Prozessen beruhen. Der Grad der bewussten Kontrolle kann sich dabei im Verlauf des Lernens verändern.

Eine besondere Bedeutung hat die kontinuierliche sensorische Informationsintegration. Visuelle und somatosensorische Informationen, einschließlich der Propriozeption, werden fortlaufend mit den erwarteten und den tatsächlich eintretenden Konsequenzen der Handlung in Beziehung gesetzt. Dadurch können Abweichungen erkannt und die laufende Handlung angepasst werden.

Das kognitive Monitoring begleitet diesen Prozess. Der Patient beobachtet und bewertet – bewusst oder zunehmend automatisiert – die eigene Handlung im Hinblick auf das angestrebte Ziel. Die Ausführung wird damit zu einem kontinuierlichen Prozess von Handlung, Wahrnehmung, Kontrolle und Anpassung.

Für die Neurorehabilitation bedeutet dies: Die Bewegung ist nicht das Ende des therapeutischen Prozesses. Sie bildet vielmehr eine zentrale Schnittstelle zwischen Strategie, motorischer Kontrolle und kontinuierlicher sensorischer Informationsintegration.

Damit entsteht unmittelbar die Verbindung zur fünften Phase: Die während der Ausführung gewonnenen Informationen können anschließend kognitiv verarbeitet und zur Anpassung der weiteren therapeutischen Aufgabe genutzt werden.

Phase 5 — Reflection & Adaptation

Kognitiv verarbeitete sensorische Informationen verändern das therapeutische Übungsdesign

In der fünften Phase werden die Ausführung und ihre Ergebnisse gemeinsam von Patienten und Therapeut reflektiert. Dabei geht es nicht lediglich darum festzustellen, ob eine Bewegung erfolgreich war. Entscheidend ist vielmehr die kognitive Verarbeitung der während der Ausführung gewonnenen Informationen.

Der Patient und der Therapeut können gemeinsam analysieren: Was hat funktioniert? Welche Strategie war hilfreich? Wo sind Schwierigkeiten aufgetreten? Welche Informationen aus der Ausführung können für die nächste Handlung genutzt werden?

Auf dieser Grundlage können erfolgreiche Strategien verstärkt, Schwierigkeiten gezielt bearbeitet und Veränderungen für die nächste Aufgabe abgeleitet werden. Reflexion wird damit zu

© Dr. med. MSc ETHZ Fabio Mario Conti

einem aktiven Bestandteil des Lernprozesses und nicht lediglich zu einer nachträglichen Bewertung der Leistung.

Die therapeutische Interaktion spielt dabei eine zentrale Rolle. Sprache, Feedback, gemeinsame Zielsetzung und die Förderung von Autonomie können solche Lernmomente schaffen und damit Motivation, Selbstbeobachtung und motorisches Lernen unterstützen. Patient und Therapeut werden dabei zu Partnern in einem fortlaufenden Prozess der Beobachtung, Interpretation und Anpassung.

Entscheidend ist schließlich die Anpassung der nächsten therapeutischen Aufgabe an die aktuellen Fähigkeiten und den jeweiligen Lernstand des Patienten. Die Anforderungen werden deshalb nicht als konstant betrachtet, sondern können dynamisch verändert werden, um die weitere Lern- und Anpassungsfähigkeit des Patienten gezielt zu unterstützen.

Damit schließt sich der Kreis unseres Modells:

Kognitiv verarbeitete sensorische Informationen werden im Kontext des aktuellen motorischen und neuropsychologischen Profils des Patienten interpretiert und führen zur Anpassung des therapeutischen Übungsdesigns.

Aus der Ausführung entsteht somit neue Information; aus der kognitiven Verarbeitung dieser Information entsteht eine veränderte therapeutische Aufgabe. Der therapeutische Prozess wird dadurch zu einem adaptiven Kreislauf, in dem jede Handlung zugleich Ausgangspunkt für die nächste Handlung und für die weitere Gestaltung der Rehabilitation wird.

Teil III — Neurowissenschaftliche Grundlagen

Wir haben nun die fünf Phasen unseres Modells als therapeutischen Prozess kennengelernt.

Die nächste Frage ist eine andere:

Auf welchen neurowissenschaftlichen Prinzipien beruht diese Struktur?

Wir werden deshalb die fünf Phasen nicht noch einmal durchgehen. Vielmehr betrachten wir einige grundlegende Konzepte der modernen Neurowissenschaft, die erklären, warum wir therapeutische Übungen als kognitive, sensomotorische und adaptive Prozesse verstehen.

Embodied Cognition - Wahrnehmung und Handlung bilden ein eng verbundenes funktionelles System

Ein erster Grundpfeiler unseres Modells ist die enge Verbindung zwischen Wahrnehmung, Kognition und Handlung.

Das Konzept der *Embodied Cognition* beschreibt die funktionelle Einbettung kognitiver Prozesse in die Interaktion zwischen Körper, Gehirn und Umwelt. Wahrnehmung und Handlung sind dabei nicht als voneinander unabhängige Prozesse zu verstehen, sondern als eng miteinander verbundene Bestandteile zielgerichteten Verhaltens.

Eine wichtige Ergänzung hierzu bildet die *Motor Imagery*. Die motorische Imagination ermöglicht es, handlungsbezogene Prozesse auch ohne sichtbare Bewegung zu aktivieren. Dabei können teilweise ähnliche neuronale Netzwerke und Prozesse beteiligt sein wie bei der tatsächlichen Bewegungsausführung.

Damit wird verständlich, warum die innere Vorbereitung und Simulation einer Handlung in unserem Modell einen eigenständigen Platz erhält. Eine Handlung beginnt nicht erst mit der sichtbaren Bewegung, sondern bereits mit ihrer kognitiven und motorischen Vorbereitung.

Die Rolle sprachlicher Prozesse

Sprache und Handlung - Interne und externe sprachliche Prozesse können zur Bildung der motorischen Intention und zur Repräsentation der Aufgabe beitragen

Warum betrachten wir Sprache überhaupt als Bestandteil eines motorischen Rehabilitationsprozesses?

Sprache ist für uns nicht nur ein Mittel zur Instruktion. Interne und externe sprachliche Prozesse können dazu beitragen, die Aufgabe zu repräsentieren, ihre Bedeutung zu strukturieren und die Bildung einer zielgerichteten Handlungsintention zu unterstützen.

Sprache kann damit Teil des Handlungsprozesses werden – nicht nur seine Beschreibung.

Gerade in der Neurorehabilitation ist diese Perspektive relevant, weil sprachliche Prozesse und motorisches Handeln nicht unabhängig voneinander betrachtet werden müssen. Je nach neurologischem Profil des Patienten können sprachliche Prozesse dabei unterschiedliche Funktionen innerhalb der therapeutischen Interaktion übernehmen.

Multisensorische Integration

Die koordinierte Verarbeitung aufgabenrelevanter sensorischer Informationen - Die Qualität einer Handlung beruht auf der koordinierten Integration aller aufgabenrelevanten sensorischen Informationen, insbesondere visueller und somatosensorischer Informationen einschließlich der Propriozeption

Warum ist die Integration verschiedener sensorischer Informationen für zielgerichtetes Handeln grundlegend?

Keine komplexe zielgerichtete Handlung basiert auf einer einzigen Sinnesinformation. Das Gehirn muss kontinuierlich unterschiedliche, aufgabenrelevante sensorische Informationen zusammenführen, um den eigenen Körper, die Umwelt und die erwarteten beziehungsweise tatsächlich eintretenden Konsequenzen einer Handlung zu repräsentieren.

Visuelle und somatosensorische Informationen, einschließlich der Propriozeption, liefern dabei komplementäre Informationen über die Beziehung zwischen Körper, Handlung und Umwelt.

© Dr. med. MSc ETHZ Fabio Mario Conti

Genau diese multisensorische Integration bildet deshalb eine wesentliche Grundlage adaptiven Handelns. Sie ermöglicht es, eine Handlung nicht nur auszuführen, sondern ihre laufenden sensorischen Konsequenzen zu erfassen und die weitere Handlung entsprechend anzupassen.

Aufgabenorientierte Neuroplastizität

Lernen durch erfahrungsabhängige Anpassung zielgerichteten Handelns - Lernen wird insbesondere dann unterstützt, wenn die therapeutische Übung ein klares Ziel besitzt und relevante Erfahrungen für den Patienten erzeugt

Was verändert sich durch die wiederholte therapeutische Erfahrung?

Wenn Wahrnehmung, Kognition und Handlung in verteilten Netzwerken zusammenwirken, dann ist auch Neuroplastizität nicht einfach mit der Wiederholung einer Bewegung gleichzusetzen.

Entscheidend ist vielmehr die wiederholte Organisation bedeutungsvoller und zielgerichteter Handlungen, möglichst unter Bedingungen, die eine aktive Auseinandersetzung mit der Aufgabe und ihren Konsequenzen ermöglichen.

Lernen bedeutet dabei nicht nur, eine Bewegung besser auszuführen. Es kann auch bedeuten, die funktionellen Beziehungen zwischen Wahrnehmung, Kognition, Entscheidung und Handlung zunehmend adaptiv zu reorganisieren.

Neuroplastizität ist deshalb für uns nicht das Ergebnis von Wiederholung allein, sondern von erfahrungsabhängiger Anpassung innerhalb eines funktionellen Systems.

Damit wird auch die Verbindung zu unserem *Fünf-Phasen-Modell* deutlich: Die therapeutische Übung schafft einen strukturierten Erfahrungsraum, in dem Wahrnehmung, kognitive Verarbeitung und Handlung wiederholt miteinander verbunden und an die jeweiligen Anforderungen angepasst werden können.

Teil IV — Technologie und Evaluation

Technologie als therapeutischer Partner

Robot-assisted Rehabilitation - Robotik kann die therapeutische Interaktion mit dem Nervensystem erweitern – sie unterstützt nicht nur Bewegung

Der erste Grundsatz lautet: Der Roboter ersetzt weder den Therapeuten noch den Patienten. Er erweitert vielmehr die Möglichkeiten therapeutischer Gestaltung und Anpassung.

Der zweite Grundsatz lautet: Der Patient ist niemals lediglich Objekt der Technologie. Er bleibt das handelnde Subjekt der Rehabilitation, während der Therapeut den klinischen und kognitiven Prozess gestaltet und die Interaktion zwischen Patient und Technologie therapeutisch nutzt.

Ein therapeutischer Roboter trainiert dabei nicht einfach eine Bewegung. Er kann dem Patienten ein sensomotorisches Problem stellen, das innerhalb einer konkreten Aufgabe gelöst

werden muss. Die bidirektionale Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine ermöglicht einen kontinuierlichen Austausch zwischen Handlung und sensorischer Information.

Die besondere Stärke robotischer Systeme liegt dabei in ihrer Fähigkeit zur kontinuierlichen Adaptation.

Unterstützung, Widerstand, Bewegungsanforderungen oder andere Parameter der Aufgabe können fortlaufend an die aktuellen kognitiven und sensomotorischen Fähigkeiten des Patienten angepasst werden. Dadurch kann die therapeutische Herausforderung innerhalb eines für den jeweiligen Lernprozess geeigneten Bereichs gehalten werden.

Entscheidend ist jedoch, dass die Technologie nicht selbst den therapeutischen Prozess definiert. Ihre Funktion besteht vielmehr darin, Informationen über die Interaktion zu erfassen, die Aufgabe präzise zu dosieren und ihre Anforderungen dynamisch anzupassen. Die klinische Interpretation dieser Informationen und die Gestaltung des therapeutischen Prozesses bleiben Teil der Zusammenarbeit zwischen Patient und Therapeut.

Eine prägnante Formulierung dafür lautet:

Der Algorithmus speichert die Geschichte der Interaktion – das Gehirn konstruiert die Geschichte des Lernens.

Genau diese Verbindung von adaptiver Technologie, kontinuierlicher sensomotorischer Interaktion und klinisch-kognitiver Steuerung macht aus einem mechanischen Gerät ein mögliches Instrument der *Network-Oriented Neurorehabilitation*.

Technologie wird damit nicht zum Ersatz für die therapeutische Beziehung, sondern zu einem Partner, der deren Möglichkeiten erweitert.

Network-orientierte Personalisierung

Vom Defizit zur Architektur der Übung

Die network-orientierte Perspektive führt konsequent zur Frage der Personalisierung.

Rehabilitation sollte nicht ausschließlich an einem einzelnen Defizit ansetzen, sondern die individuellen Voraussetzungen des Patienten als Ganzes berücksichtigen. Dazu gehören unter anderem Läsion und Schweregrad, das individuelle kognitiv-motorische Profil, Wahrnehmung und Aufmerksamkeit sowie Motivation und emotionale und soziale Faktoren.

Entscheidend ist dabei, die therapeutischen Anforderungen an die jeweils vorhandenen Fähigkeiten und an das aktuelle Lernpotenzial des Patienten anzupassen. Diese Anpassung betrifft nicht nur die Schwierigkeit der Aufgabe, sondern kann grundsätzlich alle fünf Phasen unseres Modells betreffen.

Ein Patient mit einer ausgeprägten Aphasie benötigt beispielsweise andere Zugänge zur Repräsentation und zum Verständnis einer Aufgabe als ein Patient mit intakter Sprachverarbeitung. Bei beeinträchtigter motorischer Imagination können externe visuelle, taktile oder

kinästhetische Informationen stärker genutzt werden. Bei exekutiven Störungen können strukturierte Aufgaben, gezielte Hinweise und Strategien zur Selbstkontrolle erforderlich sein.

Damit wird deutlich, dass Personalisierung nicht einfach bedeutet, eine Übung leichter oder schwieriger zu machen:

Personalisierung bedeutet vielmehr, die Architektur der therapeutischen Prozesse an das individuelle neuropsychologische und sensomotorische Profil des Patienten anzupassen.

Das *Fünf-Phasen-Modell* bietet hierfür einen strukturellen Rahmen. Je nachdem, wo innerhalb des therapeutischen Prozesses die individuellen Schwierigkeiten liegen, können unterschiedliche Elemente der Übung verändert, unterstützt oder gezielt stärker aktiviert werden.

Die Personalisierung wird damit zu einem dynamischen Prozess. Die therapeutische Aufgabe wird nicht einmalig an den Patienten angepasst, sondern verändert sich entsprechend den Erfahrungen, die während der Ausführung und Reflexion entstehen.

Damit wird aus unserem *Fünf-Phasen-Modell* nicht nur eine Beschreibung therapeutischer Prozesse, sondern auch ein möglicher Rahmen für eine flexible, zielgerichtete und adaptive Rehabilitation.

Der entscheidende Perspektivwechsel lautet somit:

Nicht nur: Wie schwierig ist die Übung für diesen Patienten?
Sondern: Wie muss die Übung für diesen Patienten aufgebaut sein?

Teil V — Implikationen des Paradigmas

Eine gemeinsame Sprache für unterschiedliche Therapiemethoden

Eine zentrale Implikation unseres Paradigmas ist die Möglichkeit, unterschiedliche neurorehabilitative Therapiemethoden auf einer gemeinsamen funktionellen Ebene zu beschreiben.

Dabei geht es nicht darum, die einzelnen Methoden auf eine gemeinsame Technik zu reduzieren. Vielmehr können wir untersuchen, welche neurokognitiven und sensomotorischen Prozesse eine therapeutische Übung organisiert, welche funktionellen Netzwerke dabei angesprochen werden und wie diese Prozesse miteinander verbunden sind.

Eine solche gemeinsame Sprache könnte dazu beitragen, therapeutische Übungen präziser zu beschreiben und ihre unterschiedlichen Wirkprinzipien besser zu verstehen. Sie könnte außerdem eine Brücke zwischen klinischer Praxis und wissenschaftlicher Evaluation schaffen.

Damit entsteht langfristig die Möglichkeit, therapeutische Übungen nicht nur nach ihrer Methode zu benennen, sondern nach der Architektur der Prozesse, die sie beim Patienten organisieren.

Dies könnte die Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen therapeutischen Ansätzen und zwischen klinischer Praxis und wissenschaftlichen Studien verbessern – ohne die Eigenständigkeit der einzelnen Methoden aufzugeben.

© Dr. med. MSc ETHZ Fabio Mario Conti

Das ist letztlich der Anspruch unseres Paradigmas:

nicht eine neue Therapiemethode zu schaffen, sondern eine gemeinsame Sprache, mit der wir verstehen und beschreiben können, was unterschiedliche therapeutische Methoden tatsächlich organisieren.

Teil VI — Schlussfolgerungen

Die fünf Kernideen unserer JNER-Publikation

Aus den vorangegangenen Überlegungen lassen sich fünf zentrale Gedanken zusammenfassen.

Erstens: *Ein Schlaganfall ist nicht nur eine fokale Läsion, sondern eine Erkrankung neuronaler Netzwerke.*

Zweitens: *Die therapeutische Übung ist ein Prozess und nicht lediglich eine Bewegung.* Entscheidend ist die Organisation kognitiver, sensomotorischer und adaptiver Prozesse, die mit der Handlung verbunden sind.

Drittens: *Das Fünf-Phasen-Modell ist ein Metamodell.* Es soll eine gemeinsame funktionelle Beschreibungsebene für unterschiedliche therapeutische Ansätze anbieten.

Viertens: *Technologie kann zu einem Instrument der Netzwerkmodulation werden.* Ihre Bedeutung liegt nicht allein in der Unterstützung oder Wiederholung von Bewegung, sondern in der Möglichkeit, therapeutische Interaktionen präzise zu gestalten und adaptiv zu verändern.

Fünftens: *Personalisierung betrifft nicht nur den Schwierigkeitsgrad einer Übung, sondern die Architektur ihrer therapeutischen Prozesse*. Die Übung sollte an das individuelle neuropsychologische und sensomotorische Profil des Patienten, an seine persönlichen Ziele sowie an das funktionelle und psychosoziale Umfeld, in dem er lebt und handelt, angepasst werden.

Die zentrale Botschaft unserer JNER-Publikation

Mit unserer Publikation haben wir ein therapeutisches *Fünf-Phasen-Modell* und eine beschreibende Sprache für die Prozesse vorgeschlagen, die innerhalb einer therapeutischen Übung organisiert werden können.

Unser Vorschlag ist damit nicht als neue Therapiemethode gedacht, sondern als ein möglicher konzeptioneller Rahmen, der unterschiedliche neurorehabilitative Ansätze auf einer gemeinsamen funktionellen Ebene beschreibbar machen könnte.

Eine solche gemeinsame Sprache könnte eine Grundlage für zukünftige Entwicklungen einer network-orientierten Neurorehabilitation bilden – für die klinische Praxis ebenso wie für die wissenschaftliche Evaluation und die Weiterentwicklung technologischer Unterstützungssysteme.

© Dr. med. MSc ETHZ Fabio Mario Conti

Die zentrale Idee lässt sich damit in einem Satz zusammenfassen:

Nicht Bewegung oder Handlung allein stehen im Mittelpunkt der Neurorehabilitation, sondern die Organisation jener Prozesse, durch die zielgerichtete Handlung, Bewegung, Kognition, Wahrnehmung und Lernen zu einer funktionellen Einheit werden.

© 2026 Fabio M. Conti. Veröffentlichung auf der Website von Birgit Rauchfuß mit Genehmigung des Autors. Alle weiteren Rechte verbleiben beim Autor.