



THERAPIE OHNE AKTIVES TRAINING



Abb. 1: Hubert Dinse erforscht am Institut für Neuroinformatik Lernen durch passive Stimulation – unter anderem als Therapiemethode für Schlaganfallpatienten.

HIRNSTIMULATION MIT FINGERSPITZENGEFÜHL

Handschuh für Schlaganfallpatienten
verbessert Tastsinn und Motorik

Hubert R. Dinse und Martin Tegenthoff

Ein Instrument lernen, Ballett tanzen oder Blindenschrift lesen – der Königsweg, um sich solche Fähigkeiten anzueignen, lautet: üben, üben, üben. Aber manche Dinge lernt das Gehirn auch ohne Training. In mehreren Studien haben RUB-Forscher gezeigt, dass sie Wahrnehmung und motorische Fähigkeiten durch wiederholte passive Stimulation verbessern können. Davon profitieren zum Beispiel Patienten mit Hirnschädigungen. In Kooperation mit Industriepartnern entwickelten die Bochumer einen Stimulationshandschuh, der Beeinträchtigungen von Schlaganfallpatienten mildert.

Die Grundlage aller Lernvorgänge sind Veränderungen in der Kommunikation zwischen Nervenzellen, den sogenannten Neuronen. Auf zellulärer Ebene erfolgt der Lernprozess, indem die Signalübermittlung an der Synapse, also der Kontaktstelle zweier Neurone, effizienter oder weniger effizient wird. Diese Modifikation in der Synapsenstärke bezeichnet man als Plastizität. Die molekularen Grundlagen der synaptischen Plastizität sind an Einzelzellen, in der Regel von Nagetieren, inzwischen gut untersucht. Eine Reihe von Modellen beschreibt, wie sich die synaptische Übertragung im Verlauf des Lernens nachhaltig ändert, zum Beispiel durch Langzeitpotenzierung (LTP) und Langzeitdepression (LTD). Hochfrequente elektrische Stimulation von Nervenzellen löst beispielsweise LTP aus, das heißt, die Kommunikation zwischen den stimulierten Zellen verstärkt sich. Niedrigfrequente Stimulation verursacht hingegen LTD; die Effizienz der Kom-

munikation zwischen den Zellen nimmt ab. LTD und LTP sind also zwei exemplarische Mechanismen, die in dem hoch verzweigten synaptischen Netzwerk des Gehirns den Informationsfluss steuern, indem sie für Lernprozesse verantwortlich sind. Wie aber hängt die synaptische Plastizität mit Lernvorgängen zusammen, die für Menschen relevant sind? Spielen LTP und LTD im Alltag überhaupt eine Rolle? Diesen Fragen gehen wir unter anderem im Sonderforschungsbereich 874 (Info 1) auf den Grund.

Generell unterscheidet man zwei Arten des Lernens: prozedurales und deklaratives. Mit dem deklarativen System erlernen wir Fakten und speichern Ereignisse, mit dem prozeduralen erwerben wir motorische Fähigkeiten und können die Wahrnehmung verbessern. Der Königsweg zum Erwerb solcher Fähigkeiten ist Training über lange Zeit; ein Instrument spielen zu lernen dauert zum Beispiel viele Jahre. Auch unsere Wahrnehmung können wir durch kontinuierliches Üben verbessern. Mit wachsender Erfahrung fällt es Ärzten zum Beispiel leichter, Strukturen in Röntgenbildern zu erkennen. Blinde und Musiker haben einen besonders guten Tastsinn, da sie ihre Finger intensiv nutzen. Mithilfe nicht-invasiver bildgebender Verfahren konnte man zeigen, dass eine gesteigerte Wahrnehmung mit spezifischen makroskopischen Veränderungen in der Gehirnorganisation einhergeht: Die für die Finger

■ info 1

SFB 874: SENSORISCHE PROZESSE IM GEHIRN

Der interdisziplinäre Sonderforschungsbereich SFB 874 „Integration und Repräsentation sensorischer Prozesse“ ist am 1. Juli 2010 an der Ruhr-Universität Bochum gestartet. Die Mitglieder des SFB erforschen, wie die Wahrnehmung zu Plastizität führt, wie verschiedene Sinneseindrücke integriert und anschließend im Gehirn repräsentiert werden und wie die Verarbeitung sensorischer Prozesse zur Gedächtnisbildung führt.

und Hände zuständigen Gehirnbereiche zeigen bei Musikern und Blinden erhöhte und räumlich ausgedehntere Aktivität; das heißt, der Tastsinn rekrutiert zuvor ungenutzte Nervenzellen für seine Zwecke. Welche zellulären und molekularen Prozesse dafür verantwortlich sind, ist allerdings bis heute unklar.

Um den Zusammenhang zwischen synaptischer Plastizität und Lernvorgängen beim Menschen zu untersuchen, verfolgen wir in unseren Arbeitsgruppen seit etlichen Jahren einen anderen Weg, der auf folgenden Überlegungen beruht: LTP- und LTD-artige Prozesse sind die Grundlage des Lernens, und Lernen kann auf zellulärer Ebene durch spezielle elektrische Stimulationsprotokolle ausgelöst werden (Abb. 2). Also sollte es möglich sein, plastische Prozesse beim Menschen direkt durch sensorische Stimulation in Gang zu bringen. Mit anderen Worten: Eine Person sollte ihren Tastsinn verbessern können, ohne dass sie aktiv etwas dafür tun muss. Es sollte ausreichen, die Hautoberfläche wiederholt zu stimulieren, entweder taktil, indem man sie wiederholt berührt, oder elektrisch durch schwache Stromimpulse, die eine Art „Kribbeln“ auslösen. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass wir das gleiche Timing anwenden, das zellulär synaptische Plastizität auslöst.

Was auf den ersten Blick unwahrscheinlich erscheint, funktioniert tatsächlich: Wenn wir den Zeigefinger von jüngeren Versuchsteilnehmern über etwa 30 Minuten mit einem LTP-artigen Stimulationsprotokoll taktil reizen, verbessert sich der Tastsinn am stimulierten Finger um circa 15 Prozent, aber nicht am Zeigefinger der anderen Hand. Nutzen wir dagegen für den gleichen Zeitraum ein LTD-artiges Protokoll, so verschlechtert sich der Tastsinn des stimulierten Fingers (Abb. 2). Das heißt, es ist möglich, allein durch die Wahl der Stimulationsart zu bestimmen, ob sich die taktile Wahrnehmung bei einem Menschen verbessert oder verschlechtert. Alle Veränderungen gehen bei einmaliger Stimulation nach etwa 24 Stunden wieder auf ihren Ausgangswert zurück. Führt man die Stimulation allerdings wiederholt durch – beispielsweise fünf Tage pro Woche über mehrere Wochen – bleibt der Effekt zwar gleich stark, aber hält über einen Zeitraum von Wochen an.

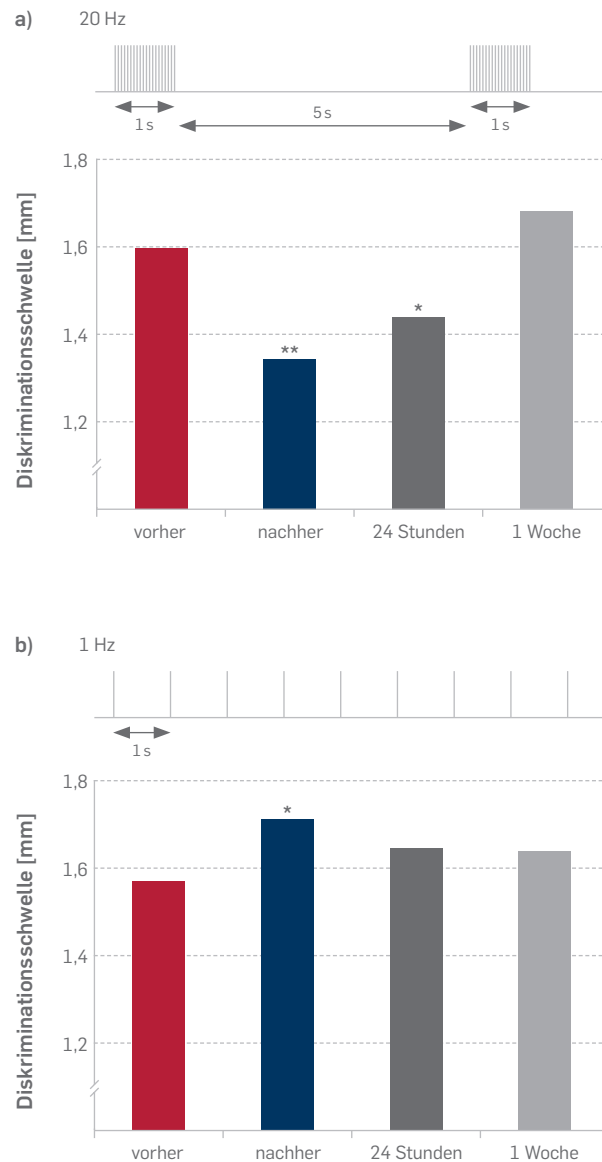


Abb. 2: Den Tastsinn mit repetitiver Stimulation verändern. a) Unmittelbar nach 20 Minuten LTP-artiger Stimulation mit hoher Frequenz verbesserte sich die Diskriminationsschwelle (dunkelblau). Diese gibt an, wie weit zwei Reize voneinander entfernt sein müssen, damit eine Person sie als zwei getrennte Reize wahrnimmt. Der Effekt war auch 24 Stunden nach der Stimulation noch sichtbar, nach einer Woche jedoch verschwunden. b) Nach LTD-artiger Stimulation mit niedriger Frequenz verschlechterte sich der Tastsinn. 24 Stunden nach der Stimulation war die Diskriminationsschwelle auf ihren Ausgangswert zurückgegangen. Diese Effekte traten nur an der stimulierten Hand auf; die zweite Hand diente als Kontrolle. Die Sterne geben an, welche Diskriminationsschwellen statistisch signifikant von dem Wert vor der Stimulation abweichen; zwei Sterne zeigen eine statistisch besonders deutliche Abweichung an. Daten von 14 Probanden sind in die Grafik eingegangen.

Wie gut oder schlecht der Tastsinn ist, messen wir dabei anhand der Diskriminationsschwelle, die man auch als „Unterschiedsschwelle“ bezeichnen könnte. Wir erfassen also, ob ein Proband zwei dicht beieinander liegende taktile Reize als zwei getrennte wahrnehmen kann (Abb. 7). Im oben beschriebenen Versuch veränderten wir die Diskriminationsschwelle um 15 Prozent – ist das viel oder wenig? Zum

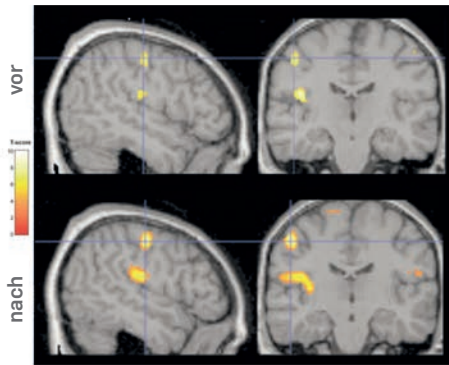


Abb. 3: Repräsentation des Fingerbereichs im somatosensorischen Kortex. Durch repetitive Stimulation der Finger vergrößern sich die zugehörigen kortikalen Karten. Die Abbildung zeigt Schichten des Gehirns aufgenommen mit der funktionellen Kernspintomografie. Links: von der Seite (sagittal), rechts: von vorne (coronal).

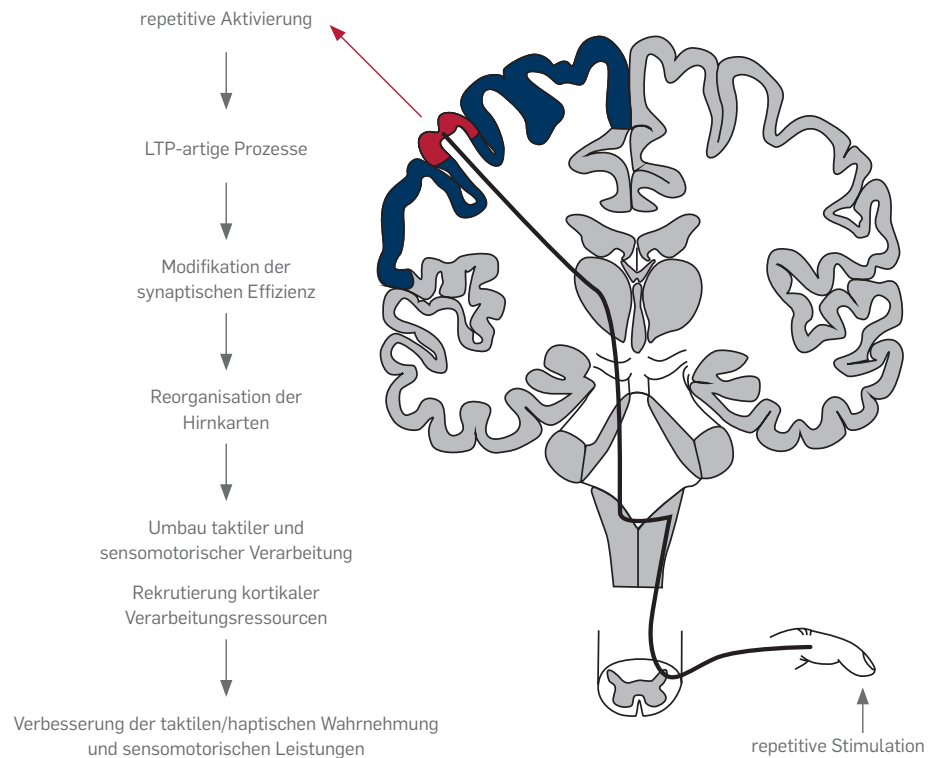


Abb. 4: Repetitive Stimulation der Finger bewirkt eine Reorganisation des somatosensorischen Kortex (blau), in dem der Tastsinn abgebildet ist (rot: Handbereich). Die schwarze Linie repräsentiert den Verarbeitungspfad für den Tastsinn.

Vergleich: Es ist bekannt, dass Blinde einen wesentlich besseren Tastsinn haben als Sehende; der Unterschied in der Diskriminationsschwelle beträgt in diesem Fall bis zu 20 Prozent. Die passive Stimulation bewirkt also höchst signifikante Änderungen der taktilen Wahrnehmung.

Was passiert nun im Gehirn während und nach der Verhaltensmodifikation? Können wir die neuronalen Signaturen der ausgelösten Wahrnehmungseffekte messen? Diese Frage haben wir mittels Kernspintomografie und *High-Density* EEG-Messungen untersucht, bei denen die Teilnehmer Kappen mit bis zu 256 Elektroden tragen, um die Hirnaktivität aufzuzeichnen. In beiden Studien verbesserte sich der Tastsinn durch die wiederholte Stimulation der Finger, und die Hirngebiete, die taktile Informationen im Fingerbereich verarbeiten, waren vergrößert (Abb. 3). Das lässt sich so interpretieren: Die Karten, die sich im Gehirn bilden (kortikale Karten) sind vergrößert, weil das Gehirn zusätzliche Ressourcen rekrutiert, um Signale aus dem Handbereich effektiver zu verarbeiten. Daher nahmen wir an, dass die Modifikation der Hirnkarten kausal mit der ver-

änderten Diskriminationsfähigkeit zusammenhängt. Tatsächlich zeigen Probanden, bei denen sich diese Fähigkeit nur gering verbessert, auch nur eine geringe Veränderung der Hirnkarten. Umgekehrt findet bei den Teilnehmern, bei denen sich die Hirnkarten am stärksten verändern, auch die größte Verbesserung des Tastsinns statt. Diese Befunde zeigen einerseits, dass repetitive Stimulation zu selektiver Reorganisation in somatosensorischen Arealen der Hirnrinde führt, die für den Tastsinn zuständig sind (Abb. 4). Darüber hinaus wird deutlich, dass sich die Hirnkarten von Individuen, die nur wenig durch die repetitive Stimulation profitieren, auch nur gering verändern. Dass sich der Lernerfolg verschiedener Personen unterscheidet, ist eine typische Beobachtung – jeder lernt unterschiedlich. Interessant ist dabei, dass die Unterschiede offensichtlich auf tatsächlichen Unterschieden in der individuellen Hirn-Reorganisation beruhen.

Passive Stimulation führt zu einer gezielten Modifikation der synaptischen Übertragung in neuronalen Netzwerken (Info 2). Vor diesem Hintergrund haben wir die Hypothese aufgestellt, dass man all die neu-

ronalen Prozesse umgestalten kann, die mit taktiler, haptischer und sensomotorischer Informationsverarbeitung zu tun haben. Hinter dieser Aufzählung steckt gewissermaßen eine Hierarchie zunehmender Verhaltenskomplexität: Taktile Verarbeitung kommt beispielsweise ins Spiel, wenn ich am Finger berührt werde. Haptische Verarbeitung erfolgt, wenn ich aktiv die Finger bewege, um etwas zu erkunden, zum Beispiel einen Schlüssel in der Tasche zu ertasten. Sensomotorik schließlich beschreibt all die komplexen Interaktionen zwischen Sensorik und Motorik, wenn ich beispielsweise kleine Gegenstände geschickt manipulieren muss. Wenn unsere Hypothese stimmt, sollte passive Stimulation nicht nur die taktile Diskriminationsfähigkeit verändern, die in den bisherigen Studien im Mittelpunkt stand, sondern die gesamte sensomotorische Verarbeitung und das damit verbundene Verhalten. Und so war es auch: Nach passiver Stimulation konnten die Probanden besser verschiedene Frequenzen unterscheiden, mit denen taktile Reize ausgeübt wurden; leichter verschiedene Blindenschrift-Muster auseinanderhalten; besser Objekte mit dem Tastsinn erkennen; schneller auf taktile Reize reagieren; und waren generell geschickter mit Händen und Fingern. Diese Vielfalt der Verbesserungen steht in völligem Gegensatz zu der hohen Spezifität von Lerneffekten, die man typischerweise nach Training findet. Die Ursache solcher spezialisierter oder generalisierter Effekte beim Lernen ist momentan ein „heißes Thema“ in der Forschung.

Ein breites Spektrum positiver Effekte ist auf jeden Fall eine entscheidende Voraussetzung, wenn wir die passive Stimulation für die Therapie nach Hirnschädigungen einsetzen wollen. Einen ersten Schritt in diese Richtung haben wir zunächst bei älteren Menschen unternommen. Grundsätzlich verschlechtern sich im Alter alle an der Wahrnehmung beteiligten Prozesse. Brillen und Hörgeräte sind übliche Hilfsmittel; etwas Vergleichbares für den Tastsinn gibt es jedoch nicht. Stattdessen verschlechtert sich dieser über die Lebensspanne dramatisch – schleichend und nahezu unbemerkt. Die Folge ist, dass der Tastsinn und seine zentrale Rolle für das Alltagsleben massiv unterschätzt werden. Vor dem Hintergrund des demografischen

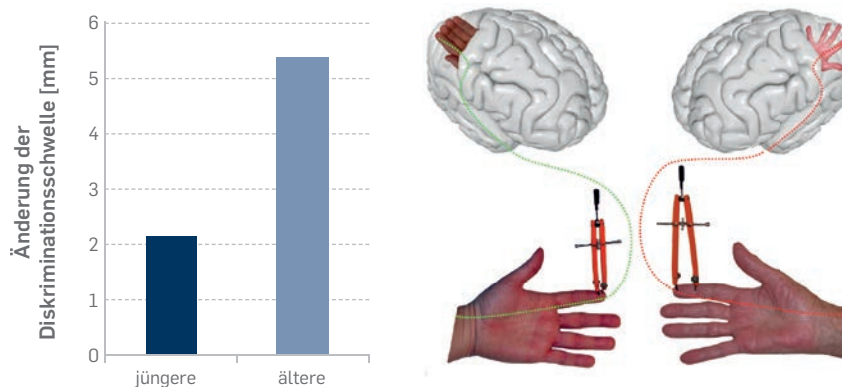


Abb. 5: Ältere Personen haben eine höhere (schlechtere) Diskriminationsschwelle als jüngere, das heißt, zwei Reize (zum Beispiel zwei Zirkelspitzen) müssen weiter voneinander entfernt sein, um als getrennte Reize wahrgenommen zu werden. Die Repräsentation des Handbereichs nimmt bei ihnen entsprechend weniger Raum im Gehirn ein (rechts) als bei jüngeren. Durch repetitive Stimulation verbessert sich die Diskriminationsschwelle älterer Menschen stärker als die jüngerer (links).

Wandels in den Industrienationen gibt es zurzeit große Anstrengungen, einen unabhängigen Lebensstil bis ins hohe Alter zu gewährleisten. Es herrscht Einigkeit darüber, dass ein aktiver Lebensstil, körperliche und geistige Fitness zusammen mit reichhaltigen sensorischen Anreizen eine Grundvoraussetzung für gesundes Altern bilden, weil sie neuroplastische Prozesse fördern.

Um die Wirksamkeit unseres Ansatzes auch bei älteren Menschen zu testen, haben wir in einer Gruppe von 65- bis 89-jährigen die passive Stimulation als neuartige Form der Intervention eingesetzt. Die-

■ info 2

PASSIVE STIMULATION UND SYNAPTISCHE PLASTIZITÄT

Wenn passive Stimulation die Wahrnehmung und das Verhalten ändert, erfolgt das durch Modulation der synaptischen Übertragung, also durch neuroplastische Prozesse. Man geht heute davon aus, dass nur wenige grundlegende Mechanismen die synaptische Übertragung kontrollieren. So wird allgemein angenommen, dass der N-Methyl-D-Aspartat (NMDA)-Rezeptor eine zentrale Rolle bei der Regulation synaptischer Plastizität spielt. Auch die Wirksamkeit der repetitiven Stimulation hängt von solchen plastizitätsvermittelnden Mechanismen ab, nämlich von der Aktivierung der NMDA-Rezeptoren. Um das zu zeigen, haben wir den Probanden einmalig Memantin verabreicht, eine Substanz, die selektiv NMDA-Rezeptoren blockiert. Die Folge: Das stimulationsinduzierte Lernen war vollständig blockiert, sowohl auf der Wahrnehmungsebene als auch auf kortikaler Ebene. Diese Befunde waren ein weiteres Glied in der Beweiskette, dass Lernen durch wiederholte Stimulation und die damit verbundenen kortikalen Veränderungen durch grundlegende synaptische Plastizitätsmechanismen vermittelt werden.

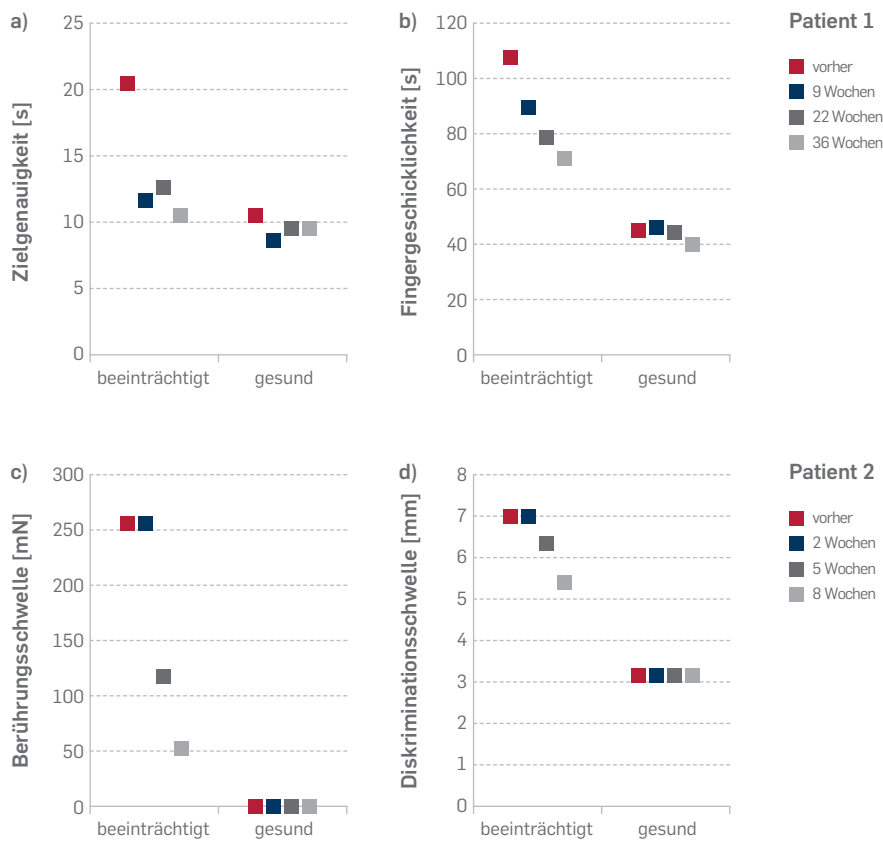


Abb. 6: Passive Stimulation verbessert Motorik und Tastsinn von Schlaganfallpatienten. Die Daten stammen von zwei Patienten, die jeweils vor Beginn der Stimulationstherapie (rot) und an drei Zeitpunkten während der Stimulationstherapie getestet wurden (blau/grau). Die Testabstände waren bei Patient 1 (a und b) größer als bei Patient 2 (c und d). In den Grafiken sind die Daten der gesunden Hand jeweils denen der beeinträchtigten Hand gegenübergestellt. a) Beim „Zielen“ bestand die Aufgabe darin, mit einem Stift möglichst schnell verschiedene kleine Felder zu berühren. Während sich die dafür benötigte Zeit nach neun Wochen passiver Stimulation an der beeinträchtigten Hand etwa halbiert hatte (Unterschied rot zu blau/grau), blieben die mit der gesunden Hand erzielten Zeiten in etwa konstant. b) Bei der „Geschicklichkeitsaufgabe“ sollten die Patienten kleine zylinderförmige Objekte in ein Brett mit Löchern stecken. Die dafür benötigte Zeit im Lauf der passiven Stimulation an der beeinträchtigten Hand. c) Nach fünf Wochen passiver Stimulation sank die Berührungsschwelle an der beeinträchtigten Hand deutlich. Der Schwellenwert gibt an, mit welchem minimalen Druck eine Person berührt werden muss, um gerade die Berührung wahrzunehmen. d) Im Lauf der Stimulation verbesserte sich die Diskriminationsleistung an der beeinträchtigten Hand langsam. Der Schwellenwert gibt an, wie weit zwei Druckreize voneinander entfernt sein müssen, damit sie als getrennt wahrgenommen werden.

se Gruppe verglichen wir mit jüngeren Teilnehmern zwischen 47 und 59 Jahren. Vor der Stimulation war die Diskriminationsleistung des Tastsinns bei Teilnehmern über 60 deutlich schlechter als die bei Teilnehmern unter 60 Jahren. Nach der Stimulation verschwand der Unterschied: Die Leistung der älteren Versuchsteilnehmer erreichte die durchschnittliche Leistung der jüngeren (Abb. 5). Das deutet darauf hin, dass die Abnahme der taktilen Wahrnehmungsleistung im Alter nicht unumkehrbar ist, sondern durch spezifische Stimulationsprotokolle verbessert werden kann.

Können wir diesen Effekt auch bei Menschen mit Hirnschädigungen wie beispielsweise nach Schlaganfall nutzen? Schlaganfälle gehen häufig mit massiven sensomotorischen Beeinträchtigungen einher (Info 3), die trotz intensiver Reha-Maßnahmen oft weitreichende physische, psychologische, finanzielle und soziale Auswirkungen haben. Daher ist es wünschenswert, zusätzliche Therapieansätze zu entwickeln, die Behandlungen auch über längere Zeiträume sowohl unter Aufwands- als auch Kostenaspekten praktikabel machen.

In Kooperation mit verschiedenen neurologischen Rehabilitationskliniken haben wir mehrere Studien initiiert, die die Machbarkeit und Effektivität der passiven Stimulation als Intervention unter die Lupe nahmen – und zwar sowohl an Patienten kurz nach dem Schlaganfall (subakute Phase) als auch an chronischen Patienten unter Langzeitbedingungen. Die Teilnehmer all dieser Studien haben wir sehr genau getestet, um sowohl die Effekte des Schlaganfalls als auch der Therapie möglichst umfangreich zu dokumentieren. Dazu haben wir nicht nur die Sensibilität des Tastsinns und die Motorik untersucht, sondern auch die Propriozeption gemessen, also die Wahrnehmung des eigenen Körpers, zum Beispiel der Körper- und Gelenkstellung. Mit standardisierten Testbatterien haben wir zusätzlich alltagsrelevante Situationen erfasst: etwa kleine Gegenstände aufheben, eine Fütterbewegung nachmachen oder Objekte stapeln – alles Handlungen, die für Schlaganfallpatienten im Alltag zur Hürde werden können.

Der besondere Vorteil der repetitiven Stimulation liegt in ihrer passiven Natur: Sie erfordert keine aktive Teilnahme oder besondere Aufmerksamkeit der Teilnehmer. Es ist daher möglich, die Stimulation während anderer Tätigkeiten – beim Spazieren gehen, Fernsehen oder Lesen – anzuwenden. Das erhöht die Akzeptanz des Verfahrens und hat niedrige Abbruchraten zur Folge. Wir haben begonnen, einzelne Patienten über lange Zeiträume (länger als ein Jahr) zu behandeln, bei denen der Infarkt im Einzelfall mehr als zehn Jahre zurückliegt. Alle sieben Patienten wandten die repetitive Stimulation regelmäßig zu Hause an, 45 bis 60 Minuten pro Tag, fünf Tage pro Woche. Für die Stimulation kamen computergestützte, kommerzielle Ge-

räte zum Einsatz, die auch Zeit und Dauer der Stimulationssitzungen überwachten. Bisher haben wir Patienten so über einen Zeitraum von mehr als zwei Jahren behandelt. In fast allen Fällen konnten wir deutliche positive Effekte auf die taktile, haptische und sensomotorische Leistung beobachten (Abb. 6). Die Patienten berichteten zum Beispiel, dass sie nach der passiven Stimulation die Oberflächenstruktur von Gegenständen wieder wahrnehmen und Objekte wieder besser manipulieren konnten, zum Beispiel die Kappe eines Stifts entfernen. Interessanterweise kann es im Einzelfall mehrere Monate der Stimulation dauern, bis Verbesserungen erkennbar werden, die sich dann während der weiteren Monate der Stimulation weiter verstärken und manifestieren.

Auch den Bereich der subakuten Behandlung haben wir untersucht. Sie beginnt etwa zwei bis drei Wochen nach einem Schlaganfall und dauert je nach Rehabilitationseinrichtung zwei bis drei Wochen. In einer randomisierten Placebo-kontrollierten Studie mit 50 Patienten haben wir analysiert, wie sich eine Kombination der repetitiven Stimulation mit Standardtherapie im Vergleich zur reinen Standardtherapie auswirkt. Letztere umfasst zum Beispiel Ergotherapie, Training von Alltagsaktivitäten und Heilpädagogik. Wie bei chronischen Patienten fanden wir auch bei Patienten in der subakuten Phase deutliche positive Effekte der passiven Stimulation, insbesondere im Bereich der Sensorik und Propriozeption. Die repetitive Stimulation kann jedoch keine Wunder vollbringen; die Beeinträchtigungen ge-



Abb. 7: Diskriminationsschwelle bestimmen: Der Wert gibt an, wie weit zwei Spitzen voneinander entfernt sein müssen, um als getrennte Reize wahrgenommen zu werden.

hen nicht vollständig zurück, aber sie lassen sich deutlich mildern.

Um die Stimulation zu vereinfachen, kam in dieser Studie erstmals ein spezieller Handschuh zum Einsatz, den wir gemeinsam mit Industriepartnern entwickelt haben. Elektrische Kontakte, die in Form von leitfähigem Material in die Handschuhfinger eingearbeitet sind, stimulieren über kurze Stromimpulse die von den Fingern zum Gehirn laufenden Nerven. Die Stärke der Stimulation kann der Anwender selbst einstellen; sie sollte deutlich spürbar sein. Manche Nutzer beschreiben das Gefühl dabei als „Fingermassage“. Das

patentiertere Produkt ist seit Ende September auf dem Markt.

Die Daten legen nahe, dass die repetitive Stimulation ein Instrument ist, das für die zusätzliche oder sogar alleinige Therapie von Hirnschädigungen geeignet ist und dessen Nutzung noch am Anfang steht. Weitere Studien sind nötig, um ein bemerkenswertes Phänomen besser zu verstehen: Elektrische Stimulation der Haut der Finger aktiviert den somatosensorischen Kortex auf unspezifische Weise. Trotzdem führt sie nicht zu unorganisierten Zuständen in den beteiligten Hirnnetzwerken, sondern im Gegenteil zu einem neuen ebenfalls hochorganisierten Zustand, dessen Relevanz sich in verbesserter Wahrnehmung und verbessertem Verhalten ausdrückt. Zurzeit ist nicht klar, welche Eigenschaften es den kortikalen Netzwerken ermöglichen, neue, stabile und strukturierte Zustände einzunehmen, die zu besserer Leistung führen. Daran werden wir weiter forschen.

PD Dr. Hubert R. Dinse, Institut für Neuroinformatik, und Prof. Dr. Martin Tegenthoff, Neurologische Klinik am Berufsgenossenschaftlichen Universitätsklinikum Bergmannsheil

■ info 3

SCHLAGANFALL UND SEINE FOLGEN

Aktuell erleiden in Deutschland jedes Jahr nahezu 270.000 Menschen einen Schlaganfall. Aufgrund der sich ändernden Altersstruktur unserer Gesellschaft wird die Zahl der Betroffenen in den nächsten Jahrzehnten weiter zunehmen. Zwar können viele Patienten im Laufe der Zeit einen Teil ihrer motorischen Fähigkeiten zurückgewinnen, das Ausmaß der Genesung ist aber individuell sehr unterschiedlich. Die Folgen sind häufig Invalidität und enorm hohe sozioökonomische Kosten. Bei 80 Prozent der Patienten mit akutem Schlaganfall ist die halbseitige Lähmung die schwerste Beeinträchtigung. Auch Probleme der Willkürmotorik, etwa beim Greifen, und der Somatosensorik, beispielsweise Taubheitsgefühle, gehören zu häufigen Folgen eines Schlaganfalls, wobei Arme und Beine in etwa gleich stark betroffen sind.

■ Impressum

Herausgeber

Rektorat der Ruhr-Universität Bochum in Verbindung mit dem Dezernat Hochschulkommunikation (Abteilung Wissenschaftskommunikation) der Ruhr-Universität Bochum

Wissenschaftlicher Beirat

Prof. Dr. Astrid Deuber-Mankowsky (Fakultät für Philologie), Prof. Dr. Reinhold Gleis (Fakultät für Philologie), Prof. Dr. Achim von Keudell (Fakultät für Physik und Astronomie), Prof. Dr. Ulrich Kück (Fakultät für Biologie), Prof. Dr.-Ing. Ulrich Kunze (Fakultät für Elektrotechnik u. Informationstechnik), Prof. Dr. Alfred Ludwig (Fakultät für Maschinenbau), Prof. Dr. Denise Manahan-Vaughan (Medizinische Fakultät), Prof. Dr. Käthe Meyer-Drawe (Fakultät für Philosophie und Erziehungswissenschaft), Prof. Dr. Christian Tapp (Katholisch-Theologische Fakultät), Prof. Dr. Klaus T. Übertra (Medizinische Fakultät), Prof. Dr. Jörg Winter (Prorektor für Forschung)

Redaktion

Dr. Julia Weiler, jwe (Redaktionsleitung); Dr. Maren Volkmann, mv; Tabea Steinhauer, tst; Meike Driefßen, md; Dr. Bar-

bara Kruse, bk; Marion Nelle (Bildredaktion); Christian Busche (Webauftritt); Andreas Rohden (Webauftritt)

Bildnachweis

S. 10, Abb. 3: Reprinted (Adapted) from Neuron, 40/3, Pleger, Foerster, Ragert, Dinse, Schwenkreis, Malin, Nicolas, Tegenthoff, Functional Imaging of Perceptual Learning in Human Primary and Secondary Somatosensory Cortex, 643-653, Copyright (2003), with permission from Elsevier; S. 17, Abb. 3: Lars Bog; S. 18, Abb. 4: Primap.com; S. 20, Abb. Info: Dirk Steinhöfel; S. 24, Abb. 3: IKEA-Service Nummer 06192-9399999/Inter IKEA Systems B.V. 2013; S. 28, Abb. 3: iStock; S. 36, Abb. 4 und S. 37, Abb. 5: Adapted with permission from ACS Chemical Biology „Wenzel, Patra, Senges, Ott, Stepanek, Pinto, Prochnow, Vuong, Langklotz, Metzler-Nolte, Bandow: Analysis of the Mechanism of Action of Potent Antibacterial Hetero-tri-organometallic Compounds: A Structurally New Class of Antibiotics“. Copyright (2013) American Chemical Society; S. 39, Abb. 1: iStock; S. 45, Abb. 4 links: Matthias Ibelser, DOTI, 2010; S. 45, Abb. 4 rechts: Offshore-Stiftung, Multibrid, Jan Oelker, 2009; S.46,

Abb. 2: Wikimedia Commons/Public domain, User Matt Crypto; S. 49, Abb. 5: iStock

Die Redaktion hat sich um die Einholung der nötigen Bildrechte mit allen Mitteln bemüht; wo das nicht möglich war, bitten wir eventuelle Rechteinhaber, sich mit der Redaktion in Verbindung zu setzen.

Anschrift

Dezernat Hochschulkommunikation, Abteilung Wissenschaftskommunikation, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Tel. 0234/32-25528, Fax: 0234/32-14136, rubin@rub.de, www.rub.de/rubin

Satz und Layout

Rand und Band GmbH Studio für Kommunikation, Wandastraße 18, 45136 Essen, www.rand-band.de

Druck

AZ Druck und Datentechnik GmbH, 87437 Kempten

Auflage

4000

Anzeigenverwaltung und -herstellung

vmm Wirtschaftsverlag GmbH&Co. KG, Maximilianstraße 9, 86150 Augsburg, Kathrin Reichherzer, Tel. 0821/4405-432, www.vmm-wirtschaftsverlag.de

Bezug der Zeitschrift

RUBIN ist erhältlich im Dezernat Hochschulkommunikation (Abteilung Wissenschaftskommunikation) der Ruhr-Universität Bochum zum Einzelpreis von 4 Euro. Jahresabonnement (zwei Hefte inkl. Porto/Jahr): 7 Euro. Das Wissenschaftsmagazin RUBIN erscheint zweimal im Jahr, ein Teil der Auflage als Beilage zur Universitätszeitschrift RUBENS.

ISSN 0942-6639

Nachdruck bei Quellenangabe und Zusenden von Belegexemplaren

RUBIN ABONNIEREN

Immer das Neueste aus der Forschung der Ruhr-Universität Bochum: Das bietet RUBIN zweimal jährlich. Wir schauen in die Labors und Bibliotheken, besuchen die Werkhallen und nehmen Sie mit allgemeinverständlichen Berichten mit in die Welt der Wissenschaft.

Als RUBIN-Abonent/in verpassen Sie keine Ausgabe. RUBIN kommt jedes Frühjahr und jeden Herbst per Post zu Ihnen nach Hause. Abonnieren Sie RUBIN (Einzelpreis 4 Euro) zum Preis von 7 Euro jährlich (inklusive Porto).

Online-Bestellung: www.rub.de/rubin/rubin-abo

Bestell-Hotline: 0234/32-22830

Bestell-Adresse: Ruhr-Universität Bochum, Dezernat Hochschulkommunikation, 44780 Bochum



ABO-BESTELLUNG RUBIN

Hiermit bestelle ich das Wissenschaftsmagazin RUBIN zum Preis von 7,- Euro jährlich (inklusive Porto).

Lieferadresse

Titel _____ Name _____

Straße _____

PLZ _____ Stadt _____

Datum _____ Unterschrift _____

Abonnementbedingungen

Die Jahresrechnung wird mit dem ersten Heft per Post zugestellt. Das Abonnement ist kündbar zum Ende eines Kalenderjahres. Die Kündigung muss spätestens zwei Wochen vor Ende des Kalenderjahres schriftlich mitgeteilt werden. Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, sofern es nicht bis zum Ende des laufenden Jahres gekündigt wird.

Widerrufsrecht

Mir ist bekannt, dass ich diese Bestellung innerhalb von 14 Tagen schriftlich bei der Ruhr-Universität Bochum, Dezernat Hochschulkommunikation, Redaktion RUBIN, 44780 Bochum, widerrufen kann und dass zur Wahrung der Frist die rechtzeitige Absendung des Widerrufs genügt.

