



- ▶ Ein beträchtlicher Teil der PatientInnen mit **Aphasie nach Schlaganfall** zeigt nach einem Jahr trotz logopädischer Therapie noch eine **relevante Behinderung**.
- ▶ Das **Zweischleifenmodell** ist ein domänenübergreifendes Modell, wie im Gehirn die Analyse von Sequenzen und Strukturen parallel stattfindet. Dieses Modell kann bestimmte Symptome einer Aphasie besser als bis jetzt erklären und bietet die Möglichkeit, auf neurobiologischer Basis **neue und individuelle Therapien** zu entwickeln.



Therapie von Aphasie nach Schlaganfall: Können neue Erkenntnisse helfen?

Aphasie hat einen großen Einfluss auf Lebensqualität, Krankheitsverarbeitung und berufliche Wiedereingliederung. Ungefähr 40 pro 100.000 Einwohner erleiden jährlich eine Aphasie durch Schlaganfall. Ein Jahr danach leiden trotz Behandlung weiterhin noch circa 20 % unter einer relevanten Sprachstörung. Deswegen wird nach Wegen gesucht, die sprachliche Erholung zu verbessern.

In den letzten Jahren hat es Fortschritte gegeben zum Verständnis, wie das sprachliche System im Gehirn organisiert ist und warum eine lokale Schädigung durch einen Schlaganfall bestimmte Defizite verursacht. In dieser Übersicht wird zunächst die Organisation von Sprache in einem Zweischleifenmodell erläutert. Danach wird dargestellt, inwieweit diese neuen Erkenntnisse hilfreich sein könnten, aphasische Symptome zu erklären und die Entwicklung neuer Therapien zu unterstützen.

Klassifikation und Prognose: Lokalisation hilft nicht?

Aus der Läsion kann nicht direkt auf das klinische Bild geschlossen werden. Man würde nach dem klassischen Schema mit dem „Broca-Areal“ im Frontallappen, dem „Wernicke-Areal“ im Temporallappen und deren Verbindung vermuten, dass z. B. eine „nichtflüssige Aphasie“ eher durch eine Läsion im Broca-Areal verursacht wird und bei einer „flüssigen Aphasie“ der Frontallappen intakt ist. Aber sogar bei dieser einfachen Unterscheidung zeigt die Erfahrung, dass eine Läsion im Gyrus frontalis inferior (IFG) nicht gut mit dem Auftreten einer nichtflüs-

sigen Aphasie korreliert¹. In Gruppenstudien korreliert die Prognose von Aphasie grundsätzlich mit dem initialen klinischen Defizit^{2, 3}. Zur Beurteilung der Effektivität einer Therapie sollte diese Information miteinbezogen werden. Trotzdem ist es im Einzelfall nicht einfach, eine Prognose abzugeben. Es gibt neben Ort und Größe der Schädigung eine Reihe von zusätzlichen Faktoren, die sowohl in der Akutphase als auch im weiteren Verlauf eine Rolle spielen. Diese sind je nach Studie Geschlecht, Alter, Bildung und Händigkeit des Patienten/der Patientin⁴⁻⁷. Unter Zuhilfenahme funktioneller Bildgebung ist es möglich, bereits zwei Wochen nach Ereignis eine Prognose abzugeben⁸, und die Genauigkeit der Prognose verbessert sich, wenn zusätzlich noch die Faktoren Alter und Sprachtestergebnisse in die Analyse einbezogen werden.

Das Zweischleifenmodell: ein domänenübergreifendes Prinzip der Verarbeitung

Das Zweischleifenmodell oder „Dual Loop Model“ ist ein anatomisches und funktionelles Modell zur Darstellung von reziproken Verbindungen zwischen post- und prärolandischen Kortextgebieten. Aus dem visuellen System ist seit Jahren bekannt, dass am Okzipitallappen zwei Wege zur Verarbeitung der visuellen Eindrücke entspringen: ein



Dr. Michel
Rijntjes



Dr. rer. nat.
Dorothee Kümmerer



Prof. Dr.
Cornelius Weiller

Klinik für Neurologie, Universitätsklinikum Freiburg, Deutschland

dorsaler Weg über den Parietallappen für das „Wo“ eines Objektes und ein ventraler Weg über den Temporallappen für das „Was“ des Objektes.

Analog dem visuellen System wurde auch für das akustische⁹ und in Extension dazu das sprachliche System^{10, 11} eine ähnliche Aufgabenverteilung vorgeschlagen: Im dorsalen Weg würde die sensomotorische Integration des Sprechens stattfinden, mit Feed-forward- und Feed-back-Prozessen (Prädiktoren und Kontrollen). Der ventrale Weg würde die Verbindung zur Semantik darstellen.

Ein wichtiges Argument für diese These kam aus einer Studie mittels funktioneller Bildgebung¹². Hier wurde eine Kombination von funktioneller Kernspintomografie (fMRT) und Diffusions-Tensor-Bildgebung (Diffusion Tensor Imaging, DTI) genutzt. Mit fMRT wurden in einem ersten Schritt kortikale Areale identifiziert, die bei einer sprachlichen Aufgabe aktiv sind. In einem zweiten Schritt wurde DTI genutzt: Hiermit ist es möglich,

den Verlauf von Faserverbindungen zwischen aktivierten Arealen darzustellen. Diese Studie zeigte, dass kortikale Areale, die bei der Wiederholung von Wörtern aktiv sind, über dorsale Wege miteinander verbunden sind. Kortikale Areale, die bei Satzverständnis aktiv sind, sind durch ventrale Faserverbindungen miteinander verbunden.

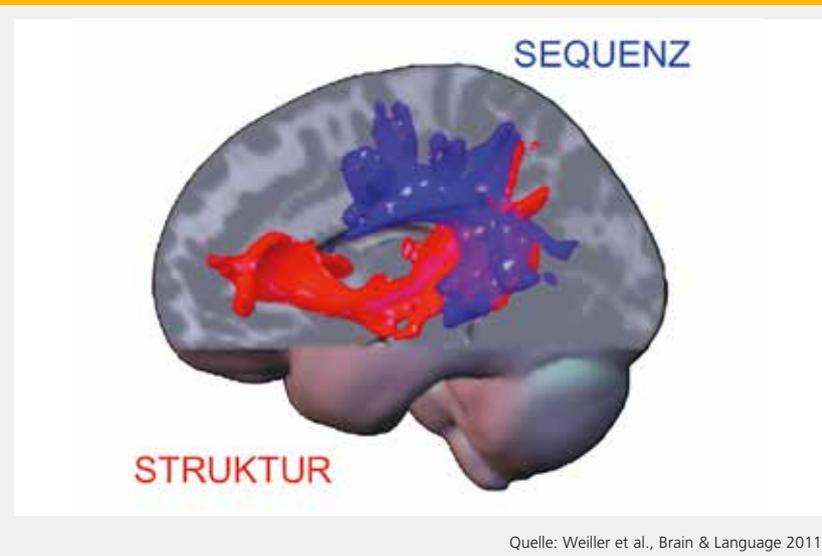
Die dorsale Faserverbindung ist als klassischer Sprachfaszikel gut bekannt: der Fasciculus arcuatus. Dieser wurde lange Zeit als einzige Verbindung zwischen dem Wernicke- und dem Broca-Areal angesehen und stellt in den meisten neurologischen Lehrbüchern noch immer die einzige direkte Verbindung zwischen diesen Spracharealen dar. Die ventrale Faserverbindung ist weniger bekannt und stellt sich aus Fasern dar, die durch die Capsula extrema (EMC), zwischen Inselkortex und Claustrum verlaufen. Interessanterweise hatte Carl Wernicke, unter Einfluss seines Lehrmeisters Theodor Meynert aus Wien, bis zu seinem Tod darauf bestanden, dass die wichtigste Faserverbindung zwischen Broca- und Wernicke-Areal genau hier liege („Fibrae propriae“); sie geriet durch Missverständnis jedoch in Vergessenheit¹³.

Das dorsale System projiziert vorwiegend auf den hinteren Teil (BA 44) und das ventrale System überwiegend auf den vorderen Teil (BA 45/47) des Gyrus frontalis inferior, sodass das Broca-Areal (Area 44 + 45/47) in sich eine deutliche funktionelle Trennung aufweist.

Stimulationsexperimente mit rTMS¹⁴, Ableitungen mit ERP¹⁵ und intraoperative elektrische Stimulation von Faserbündeln bestätigen diese funktionelle Dichotomie in der Sprache, das Studium funktioneller Faserverbindungen wird manchmal „connectomics“ genannt.

Eine ähnliche Dichotomie in einem ventralen und dorsalen Weg findet sich auch im motorischen System: Die Vorstellung einer Bewegung aktiviert sensomotorische Areale, die über die Capsula extrema ventral miteinander verbunden sind, viel stärker als die automa-

Abb. 1: Dorsale (blau) und ventrale (rot) Verbindungen für Sprache, Bewegung und andere Bereiche. Im dorsalen Weg werden Sequenzen in Raum und Zeit analysiert, im ventralen Weg findet die zeitunabhängige Analyse von Strukturen statt.



Quelle: Weiller et al., Brain & Language 2011

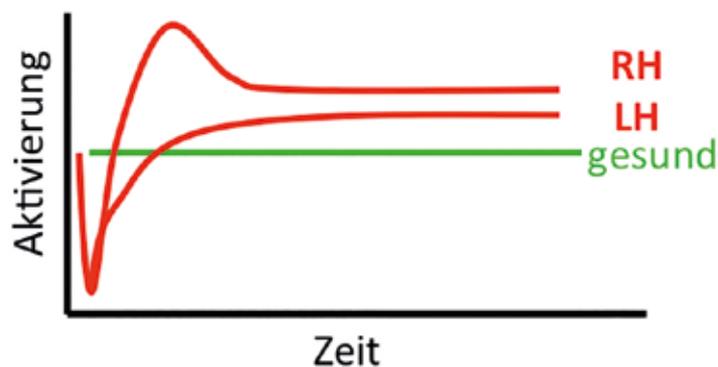
tische Durchführung einer einfachen Bewegung¹⁶. Der dorsale Weg ist aktiv bei der Beobachtung von sinnlosen Handstellungen, der ventrale Weg ist zusätzlich involviert bei der Beobachtung von Pantomime, wenn also der Sinn der Handlung verstanden werden soll¹⁷. Sogar bei der Verarbeitung von Zahlen gibt es je nach Aufgabe unterschiedliche Wege: Die Entscheidung, ob eine Zahl gerade oder ungerade ist, stellt eine semantische Aufgabe dar, und der ventrale Weg wird benutzt. Der Vergleich, welche Zahl größer ist, benutzt Areale, die durch den dorsalen Weg verbunden werden¹⁸.

Es wird daher vermutet, dass das Zweischleifenmodell ein domänenübergreifendes Prinzip der Hirnorganisation ist^{13, 19}. Die gemeinsame Funktion in allen Domänen für den dorsalen Weg wäre die Analyse von Sequenzen (oder, wenn diese abgespeichert sind: „Schablonen“) in Raum und Zeit und für den ventralen Weg die zeitunabhängige Analyse von Strukturen und Bedeutung (**Abb. 1**). Auch Ergebnisse einer Studie zur räumlichen Aufmerksamkeit in der rechten Hemisphäre könnten so gedeutet werden, dass der ven-

trale Weg im rechten Temporallappen in dem Moment aktiviert wird, in dem man sich des globalen Raums bewusst sein muss²⁰. Welche Areale bei welchen Aufgaben eingebunden werden, unterscheidet sich je nach Modalität, aber bei den beiden Wegen handelt es sich um reziproke Verbindungen in allen Domänen. Die Frage, inwieweit im ventralen System Verschaltungen in z. B. Inselkortex oder Claustrum stattfinden, ist noch nicht geklärt. Aber erst die ausgeprägte Interaktion zwischen diesen Wegen beim Menschen macht komplexe Fähigkeiten wie Syntax in Sprache oder Musik möglich²¹. Die Zusammenarbeit der Wege macht auch die „Internalisierung“ von Verhalten möglich. Bei Kindern findet sich zwischen dem 3. und 6. Lebensjahr in der sprachlichen Entwicklung eine Phase, in der Handlungen von Sprache begleitet werden, die sogenannte „egozentrische Sprache“²². Die Sprache wird bis zum 7. Lebensjahr internalisiert, und es wurde postuliert, dass durch die Internalisierung des dorsalen Weges hier die direkte kortikale Verbindung zwischen Denken und Sprechen mit dem Ergebnis der Fähigkeit zur „in- ►



Abb. 2: Schematischer Verlauf der drei Phasen der Aktivierung von sprachrelevanten Arealen in der linken (LH) und rechten (RH) Hemisphäre nach linkshemisphärischer Läsion mit Aphasie. Jede Phase geht mit einer Besserung der Funktion einher.



Quelle: Rijntjes, Curr Op Neurol 2006

neren Sprache“ gebildet wird¹⁹. Die innere Sprache wird als Bedingung für die Fähigkeit gesehen, Sprache als Gerüst für abstraktes Denken zu nutzen²³.

Das Zweischleifenmodell: Lokalisation hilft doch

Der dorsale und ventrale Weg sind im natürlichen Gebrauch gleichzeitig aktiv, aber die Dichotomie kann bei Läsionen in einem dieser Wege erkennbar werden, wie bei einem Schlaganfall, und mit diesem Modell lassen sich bestimmte Aphasiesymptome besser erklären.

In einer voxelbasierten Läsionsstudie wurden die linkshemisphärischen ischämischen Läsionen in der MRT mit den klinischen Symptomen verglichen. Störungen bei der Wortwiederholung waren assoziiert mit Läsionen im dorsalen Weg, Störungen des Sprachverständnisses mit Läsionen im ventralen Weg²⁴. Schädigung des dorsalen Weges (des Fasciculus arcuatus) führt zu einer nichtflüssigen Aphasie^{25, 26}. Man findet jedoch auch einzelne PatientInnen mit intakter Wortwiederholung²⁷, und dann stellt sich die Frage, inwieweit bei ihnen das dorsale System der rechten Hemisphäre diese Funktion übernommen haben könnte²⁸.

Bei ischämischen Läsionen im motorischen System lässt sich erneut eine Analogie zur Sprache finden: Läsionen im dorsalen System waren assoziiert mit Problemen beim Nachahmen von sinnlosen Handpositionen, PatientInnen mit einer Läsion im ventralen System hatten Schwierigkeiten, Werkzeuge richtig zu hantieren, also die Bedeutung einer Bewegung zu verstehen²⁹. Diese letzte Störung war vor allem bei einer Schädigung im anterioren Temporallappen (ATL) ausgeprägt, und auch im sprachlichen System wird diese Region, nicht nur bei PatientInnen mit Schlaganfall^{30, 31}, sondern auch bei PatientInnen mit semantischer Demenz³² mit der Zuordnung von Bedeutung assoziiert. Die Unversehrtheit des anterioren Temporallappens bei PatientInnen mit Aphasie nach Schlaganfall scheint ein wichtiger Faktor für eine gute Prognose zu sein³³.

Aufgrund dieser Beobachtungen wird vermutet, dass der anteriore Temporallappen im ventralen System die wesentliche Stelle für die multimodale, domänenübergreifende semantische Analyse ist. Der anteriore Temporallappen liegt nur scheinbar etwas abseits vom klassischen Broca- und Wernicke-Areal: Strukturell gesehen bildet er eine zentrale Schaltstelle, mit Projektionen vom Wernicke-

Areal und Parietallappen über die Faserverbindungen Fasciculus occipitofrontalis inferior (IFOF) und Capsula extrema (EMC), und ist Ursprung des Fasciculus uncinatus, der diese Region mit den vorderen Teilen des Broca-Areals (BA 47) verbindet.

Reorganisation nach Aphasie: ein dynamischer Prozess

Die Besserung der Aphasie nach Schlaganfall geht einher mit einer Reorganisation der verbleibenden sprachrelevanten Areale. Das ist ein dynamischer Prozess, der drei Phasen durchläuft³⁴. In der ersten Phase, die einige Tage dauert, findet sich wenig Aktivierung des sprachrelevanten Systems, möglicherweise einer Diaschisis entsprechend³⁵. In einer zweiten Phase, die einige Tage später einsetzt und viele Wochen bis Monate dauert, findet eine Reaktivierung des sprachlichen Systems mit Betonung der sprachhomologen Areale der rechten Hemisphäre statt. In einer dritten Phase nach einigen Monaten verschiebt sich der Schwerpunkt der Aktivierung wieder zurück in die linken Hemisphäre, sodass insgesamt ein triphasischer Verlauf auftritt, jede Phase geht jedoch mit einer klinischen Besserung einher (**Abb. 2**).

Es handelte sich hier um eine Querschnittstudie zu Zeitpunkten und um ein Gruppenergebnis, und sehr wahrscheinlich hat jeder Patient/jede Patientin seinen/ihren eigenen Verlauf, auch wegen der unterschiedlichen Läsionen, aber es führt zu folgenden Fragen³⁶: Sollte man versuchen, die rechte Hemisphäre in der zweiten Phase durch geeignete Übungen zu aktivieren, oder sollte man sie eher unterdrücken? Wie erkennt man klinisch, dass ein Patient/eine Patientin in der zweiten oder dritten Phase ist, und welche Übungen wären dann geeignet? In einer Studie, in der eine große Gruppe von Aphasie-PatientInnen über ein Jahr verfolgt wurde, zeigte sich, dass die Besserungen in verschiedenen Tests nicht parallel laufen: Semantik, Syntax und der Token-Test besserten sich in den ersten 3 Wochen, Phonologie zeigte dagegen eine Besserung nach bis zu 3 Monaten. Die verbale Kommunikation,

gemessen mit dem Aphasia Severity Rating Scale (ASRS), besserte sich nach bis zu 6 Monaten³⁷. Es wäre jetzt interessant zu wissen, ob dieser differenzierte klinische Verlauf mit den unterschiedlichen Aktivierungen der Hemisphären korreliert und mit dem Zweischleifenmodell zusammenhängt.

Die Rolle der rechten Hemisphäre

Vor allem die Rolle der rechten Hemisphäre bei der Besserung der Aphasie ist ein Streitthema. Generell wird akzeptiert, dass das Ergebnis besser ist, wenn die sprachliche Aktivierung in der linken Hemisphäre bleibt⁶. PatientInnen, die sich nicht gut bessern, zeigen häufiger eine stärkere Aktivierung von sprachrelevanten homologen Arealen der rechten Hemisphäre als PatientInnen, die sich gut gebessert haben³⁸.

Als Erklärung gibt es zwei Möglichkeiten: Diese PatientInnen hatten eine so schwere Schädigung der linken Hemisphäre, dass die maximale Besserung nur von der rechten Hemisphäre geleistet werden konnte, aber diese war dazu nicht effizient genug. Generell gilt, dass die Aktivierung der rechten Hemisphäre umso ausgeprägter ist, je größer oder strategischer die Läsion der linken Hemisphäre³⁹.

Die andere Erklärung ist, dass die Aktivierung der rechten Hemisphäre ein maladaptiver Prozess sein kann und dass diese PatientInnen in der zweiten Phase „stecken“ bleiben. Hierauf beruht ein Großteil von Studien der letzten Jahre, die versuchen, mit nichtinvasiven Verfahren wie transkranieller Gleichstromstimulation (transcranial direct current stimulation, tDCS) oder repetitiver transkranieller Magnetstimulation (rTMS) die Erholung der Aphasie zu begünstigen oder zu beschleunigen⁴⁰. Mit rTMS können Areale stimuliert oder inhibiert werden. Üblicherweise wird eine Inhibition gewählt, und einige Studien zeigen eine Besserung der Aphasie bei Inhibition sprachrelevanter Areale der rechten Hemisphäre, die über Monate anhalten kann⁴¹. Eine differenzierte Betrachtung zeigt jedoch, dass es sehr genau auf die Stelle ankommt, die inhibiert wird⁴². Es soll

auch bedacht werden, dass die Inhibition eines Areals Effekte auf damit verbundene entfernt gelegene Areale hat. Und es gibt Studien, die zeigen, dass die Beteiligung von rechtshemisphärischen Arealen bei vielen PatientInnen sicherlich nicht maladaptiv ist, sondern essenziell für die Besserung der Aphasie^{43, 44}. Das generelle Problem bei fast allen tDCS- und rTMS-Studien ist, dass keine Information vorliegt, ob das stimulierte oder inhibierte Areal bei diesen untersuchten Aphasie-PatientInnen bei der Sprache überhaupt aktiv ist oder nicht. In einer Studie wurden die beiden Methoden kombiniert, und nur bei den PatientInnen, die eine Aktivierung des Broca-Homologs hatten, konnte mit inhibitorischer rTMS eine transiente Verschlechterung der Aphasie hervorgerufen werden⁴⁵.

Eine andere Frage ist, wie sprachspezifisch Aktivierungen der rechten Hemisphäre sind. Es wird argumentiert, dass sie auch mit unspezifischen Effekten zusammenhängen könnten⁴⁶ und dass PatientInnen mit Aphasie generell eine stärkere Aktivierung des Aufmerksamkeitssystems haben^{47, 48}.

Sprachtherapien auf neurobiologischer Basis

Standardisierte Therapie ist nachweislich effektiv⁴⁹, aber weil ein wesentlicher Teil der PatientInnen mit Aphasie nach Schlaganfall auch mit intensiver Logopädie nach vielen Monaten noch eine relevante Einschränkung hat, ist man bestrebt, mit neuen Therapien ein besseres Ergebnis als mit Standardtherapie zu erreichen. Von den meisten dieser neuen Therapien werden positive Ergebnisse berichtet, allerdings in der Regel in kleineren PatientInnengruppen und mit einer Verlaufskontrolle von meist nur einigen Monaten. Hier wird nicht auf die Effektivität dieser Therapien eingegangen, sondern besprochen, wie diese Therapien eine neurobiologische Basis im Zweischleifenmodell finden.

Action observation: Es ist bekannt, dass es im prämotorischen Kortex Neurone gibt, die sowohl bei der Durchführung einer Bewe-

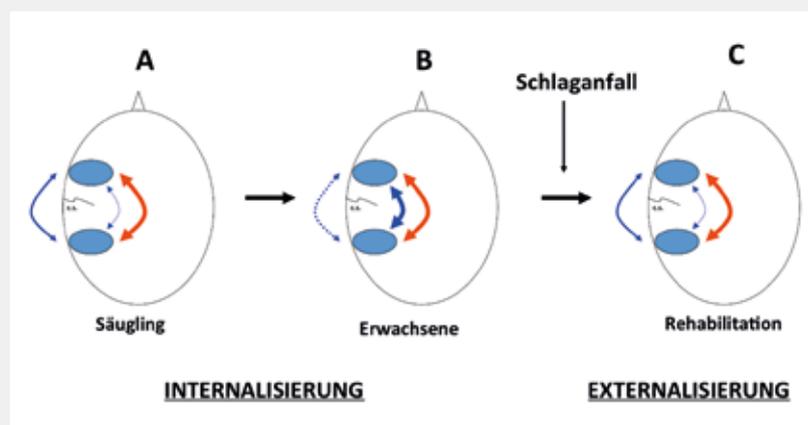
gung als auch bei der Beobachtung, wenn eine andere Person diese Bewegung ausführt, aktiv sind: die sogenannten Spiegelneurone („mirror neurons“). Es wurde gezeigt, dass PatientInnen mit Hemiparese davon profitieren, wenn sie Videosequenzen mit Bewegungen nachmachen⁵⁰. Hieraus entstand die Idee, diese Videotherapie auch zur Besserung der Sprache bei Aphasie-PatientInnen einzusetzen⁵¹. Nach der oben stehenden Beschreibung des Zweischleifenmodells wird hiermit der dorsale Weg stimuliert, und die AutorInnen fokussierten sich dann auch auf eine angestrebte Besserung der Phonologie. Das Sprachverständnis wird mit dieser Therapie vermutlich nicht stimuliert, da Spiegelneurone zum dorsalen System gehören. Für das Verständnis (eines Wortes oder einer Bewegung) muss zusätzlich das ventrale System involviert sein⁵².

Semantic feature analysis: Für Aphasie-PatientInnen, die vordergründig eine Anomie haben, wird die „semantic feature analysis“ vorgeschlagen⁵³. Kann ein Begriff nicht genannt werden, wird mit Fragen rund um den Begriff versucht, den Zugriff auf das Wort wiederherzustellen. Wenn der Begriff z. B. „Tasse“ ist, kann gefragt werden: „Was machst du damit?“, „Kannst du es beschreiben?“, „Wo findest du das?“ In einer Metaanalyse war diese Therapie effektiv für PatientInnen mit Anomie, und hier wird explizit der semantische, ventrale Weg stimuliert.

Mentales Üben: Theoretisch im Rahmen des Zweischleifenmodells sehr interessant ist die Idee des mentalen Übens („mental practice“). Mentales Üben ist z. B. bei SportlerInnen gut bekannt, wird manchmal auch bei Hemiparese eingesetzt, und es wird argumentiert, dass es auch bei Aphasie-PatientInnen eingesetzt werden könnte. In einer Übersichtsarbeit wird vermutet, dass durch mentales Üben die Spiegelneurone angesprochen werden und dass diese Therapie vor allem bei PatientInnen mit phonologischen Störungen sinnvoll wäre⁵⁴. Spiegelneurone gehören ►



Abb. 3: Ansichten von oben (c. s. = Sulcus centralis)



A: Bei der Geburt sind dorsale Verbindungen zwischen prä- und postrolandischen Kortexteilen vorhanden, aber unvollständig (blau, gestrichelt). In den ersten Jahren findet durch externes Feedback von kontinuierlicher sensorischer Wahrnehmung und Antizipation von Verhalten wie Bewegungen und Sprechen (blau, Linie außerhalb) eine Entwicklung von internen Verbindungen statt. **B:** Im Laufe der Jahre wird externes Verhalten (blau, gestrichelt) internalisiert und kann durch interne Repräsentationen reguliert werden, die Interaktion zwischen dorsalen (blau, durchgezogen) und ventralen Wegen (rot) nimmt zu. Hierdurch kann innere Sprache entstehen. Für das Lernen von neuen Aufgaben kann der externe Weg wieder genutzt werden. **C:** Nach einem Schlaganfall kann es hilfreich sein, die verlorene Fähigkeit wieder zu externalisieren (blau, durchgezogen, außerhalb), damit sie kontrolliert geübt werden kann. Das „mentale Üben“ basiert auf der Idee, dass die Bewusstmachung nur durch Aktivierung des ventralen Weges (rot) ausreichend sein könnte.

Quelle: Rijntjes et al., Frontiers Evol Neurosci 2012

jedoch zum dorsalen System⁵², und die Studie von Vry¹⁶ (siehe oben) hat gezeigt, dass die Vorstellung einer Bewegung zusätzlich den ventralen Weg beansprucht. Das heißt aber nicht, dass mentales Üben bei Störungen des dorsalen Weges nicht sinnvoll sein könnte: Es ist nämlich vorstellbar, dass durch Stimulation des ventralen Weges die Effizienz des dorsalen Weges verbessert werden kann. Wie oben beschrieben, ist die Internalisierung des dorsalen Weges – was in der Kindesentwicklung ein natürlicher Vorgang ist – eine Voraussetzung für die gute Zusammenarbeit der zwei Wege. Beim Lernen einer neuen Bewegung, aber auch bei neuem Erlernen nach einer Läsion im dorsalen System gibt es die Möglichkeit, die Bewegung oder das Sprechen erst wieder bewusst zu machen („Verstehen“ über den ventralen Weg), damit sie im Laufe der Zeit durch Übung wieder internalisiert werden

können (Abb. 3). Bei PatientInnen mit Hemiparese wird die explizite Externalisierung gezielt durch die Therapie der „verbalen Selbststeuerung“ und „verbalen Instruktion“ unterstützt⁵⁵. Es ist daher von großem Interesse zu wissen, ob die Bewusstmachung der gewollten Motorik bei Störungen des dorsalen Systems auch rein intern durch mentale Vorstellung stimuliert werden kann.

Musiktherapie: Es ist bekannt, dass Aphasie-PatientInnen, die Schwierigkeiten mit Sätzen haben, manchmal erstaunlich gut altbekannte Lieder singen können. Da die rechte Hemisphäre traditionell mit Prosodie assoziiert wird, war die Vermutung, dass die Melodie eine Stütze für das gesprochene Wort ist. In einer Studie wurden jedoch starke Argumente gefunden, dass der wesentliche Faktor beim Singen nicht die Melodie, sondern der Rhythmus ist und dass vor

allem diejenigen Aphasie-PatientInnen von einer Musiktherapie profitieren, die eine zusätzliche Läsion der Basalganglien haben⁵⁶. Störungen bei der Wahrnehmung oder Durchführung von Rhythmen sind bei Parkinson-PatientInnen gut belegt, und Musiktherapie wird auch bei Parkinson-PatientInnen eingesetzt. Es würde sich möglicherweise lohnen, auch bei Aphasie-PatientInnen systematisch zu untersuchen, welchen Anteil Rhythmusstörungen bei der Aphasie haben. Die Überlappung von Musik und Sprache im Zweischleifenmodell unterstützt diese Hypothese²¹.

Constraint-induced Aphasia Therapy

(CIAT): Bei chronischer Hemiparese hat die Constraint-induced Movement Therapy (CIMT) in den letzten Jahren eine Reihe von positiven Studienergebnissen gezeigt⁵⁷. Bei dieser Therapie wird davon ausgegangen, dass der paretische Arm mehr machen könnte, dass aber durch vermehrtes Einsetzen der nicht betroffenen Seite ein „gelernter Nichtgebrauch“ aufgetreten ist. Bei der Standardtherapie wird über zwei Wochen intensiv mit der paretischen Seite geübt, wobei die nicht betroffene Seite immobilisiert wird. Analog dieser Therapie im motorischen System wurde für die Aphasie die CIAT entwickelt⁵⁸. Hierbei wird über ein bis zwei Wochen intensiv mit PatientInnen geübt, manchmal in Gruppen, mit Schwerpunkt auf der Kommunikation, wobei nichtsprachliche oder sonstige Hilfsmittel so weit wie möglich vermieden werden sollten. Es hat sich gezeigt, dass diese Therapie bei vielen PatientInnen mit chronischer Aphasie effizient ist⁵⁹. Durch diese Übung findet eine intensive Zusammenarbeit von dorsalem und ventralem Weg statt, mit teils bewusster Externalisierung (über andere PatientInnen). Diese Therapie hat sich jedoch noch nicht in der Routine durchgesetzt. Das hat vor allem praktische Gründe, u. a. das Durchhaltevermögen von PatientInnen, fehlende therapeutische Res-

sourcen und die Frage der Vergütung⁶⁰. Bei CIAT steht, wie auch bei manchen anderen Therapien, z. B. PACE (Promoting Aphasics' Communicative Effectiveness) oder Rollenspielen, die Verbesserung der Kommunikation im Vordergrund, die z. B. mit dem

Scenario-Test gemessen werden kann⁶¹. Während eine standardisierte Sprachtherapie sich häufig zunächst sinnvollerweise auf die Defizite konzentriert, soll das letztendliche Ziel jeder Therapie eine Verbesserung der Kommunikation und damit die Teilhabe im

Alltag sein. Im Zweischleifenmodell bedeutet das eine effiziente Interaktion des dorsalen und ventralen Weges. Die Hoffnung ist, dass mit diesen neuen Erkenntnissen neue Therapien auf neurobiologischer Basis entwickelt werden können. ■

- 1 Kasselimis D et al., The dichotomous view on IFG lesion and non-fluent aphasia. *Neurol Sci* 2015; 36(9):1687–90
- 2 Lazar RM et al., Improvement in aphasia scores after stroke is well predicted by initial severity. *Stroke* 2010; 41(7):1485–8
- 3 El Hachoui H et al., Long-term prognosis of aphasia after stroke. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2013; 84(3):310–5
- 4 Lazar RM et al., Variability in language recovery after first-time stroke. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2008; 79(5):530–4
- 5 Plowman E et al., Post-stroke aphasia prognosis: a review of patient-related and stroke-related factors. *J Eval Clin Pract* 2012; 18(3):689–94
- 6 Jarso S et al., Distinct mechanisms and timing of language recovery after stroke. *Cogn Neuropsychol* 2013; 30(7–8):454–75
- 7 Watila MM et al., Factors predicting post-stroke aphasia recovery. *J Neurol Sci* 2015; 352(1–2):12–8
- 8 Saur D et al., Early functional magnetic resonance imaging activations predict language outcome after stroke. *Brain* 2010; 133(Pt 4):1252–64
- 9 Romanski LM et al., Dual streams of auditory afferents target multiple domains in the primate prefrontal cortex. *Nat Neurosci* 1999; 2(12):1131–6
- 10 Hickok G & Poeppel D, The cortical organization of speech processing. *Nat Rev Neurosci* 2007; 8(5):393–402
- 11 Rauschecker JP & Scott SK, Maps and streams in the auditory cortex: nonhuman primates illuminate human speech processing. *Nat Neurosci* 2009; 12(6):718–24
- 12 Saur D et al., Ventral and dorsal pathways for language. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2008; 105(46):18035–40
- 13 Weiller C et al., How the ventral pathway got lost: and what its recovery might mean. *Brain Lang* 2011; 118(1–2):29–39
- 14 Hartwigsen G et al., Dissociating Parieto-Frontal Networks for Phonological and Semantic Word Decisions: A Condition-and-Perturb TMS Study. *Cereb Cortex* 2015
- 15 Trebuchon A et al., Ventral and dorsal pathways of speech perception: an intracerebral ERP study. *Brain Lang* 2013; 127(2):273–83
- 16 Vry MS et al., Ventral and dorsal fiber systems for imagined and executed movement. *Exp Brain Res* 2012; 219(2): 203–16
- 17 Vry MS et al., The ventral fiber pathway for pantomime of object use. *Neuroimage* 2015; 106:252–63
- 18 Willmes K et al., Where numbers meet words: a common ventral network for semantic classification. *Scand J Psychol* 2014; 55(3):202–11
- 19 Rijntjes M et al., The dual loop model: its relation to language and other modalities. *Front Evol Neurosci* 2012; 4:9
- 20 Beume LA et al., Processing of bilateral versus unilateral conditions: evidence for the functional contribution of the ventral attention network. *Cortex* 2015; 66:91–102
- 21 Musso M et al., A single dual-stream framework for syntactic computations in music and language. *Neuroimage* 2015; 117:267–83
- 22 Vygotzky LS, *Thought and Language*. 1934, Cambridge: MIT Press
- 23 Jackendoff R, *The architecture of the language faculty*. 1997, Cambridge: The MIT Press
- 24 Kummerer D et al., Damage to ventral and dorsal language pathways in acute aphasia. *Brain* 2013; 136(Pt 2):619–29
- 25 Marchina S et al., Impairment of speech production predicted by lesion load of the left arcuate fasciculus. *Stroke* 2011; 42(8):2251–6
- 26 Fridriksson J et al., Damage to the anterior arcuate fasciculus predicts non-fluent speech production in aphasia. *Brain* 2013; 136(Pt 11):3451–60
- 27 Epstein-Peterson Z et al., Relatively normal repetition performance despite severe disruption of the left arcuate fasciculus. *Neurocase* 2012; 18(6):521–6
- 28 Forkel SJ et al., Anatomical predictors of aphasia recovery: a tractography study of bilateral perisylvian language networks. *Brain* 2014; 137(Pt 7):2027–39
- 29 Martin M et al., Differential Roles of Ventral and Dorsal Streams for Conceptual and Production-Related Components of Tool Use in Acute Stroke Patients. *Cereb Cortex* 2015
- 30 Robson H et al., The anterior temporal lobes support residual comprehension in Wernicke's aphasia. *Brain* 2014; 137(Pt 3):931–43
- 31 Harvey DY & Schnur TT, Distinct loci of lexical and semantic access deficits in aphasia: Evidence from voxel-based lesion-symptom mapping and diffusion tensor imaging. *Cortex* 2015; 67:37–58
- 32 Noonan KA et al., Demonstrating the qualitative differences between semantic aphasia and semantic dementia: a novel exploration of nonverbal semantic processing. *Behav Neurol* 2013; 26(1–2):7–20
- 33 Warren JE et al., Anterior temporal lobe connectivity correlates with functional outcome after aphasic stroke. *Brain* 2009; 132(Pt 12):3428–42
- 34 Saur D et al., Dynamics of language reorganization after stroke. *Brain* 2006; 129(Pt 6):1371–84
- 35 Weiller C et al., Remote Dysfunction, in *Brain Mapping: An Encyclopedic Reference*, A. W. Toga, Editor. 2015, Academic Press: Cambridge, USA. 813–20
- 36 Rijntjes M, Mechanisms of recovery in stroke patients with hemiparesis or aphasia: new insights, old questions and the meaning of therapies. *Curr Opin Neurol* 2006; 19(1):76–83
- 37 El Hachoui H et al., Recovery of aphasia after stroke: a 1-year follow-up study. *J Neurol* 2013; 260(1):166–71
- 38 Weiller C et al., Recovery from Wernicke's aphasia: a positron emission tomographic study. *Ann Neurol* 1995; 37(6):723–32
- 39 Szafarski JP et al., Recovered vs. not-recovered from post-stroke aphasia: the contributions from the dominant and non-dominant hemispheres. *Restor Neurol Neurosci* 2013; 31(4):347–60
- 40 Chryssikou EG & Hamilton RH, Noninvasive brain stimulation in the treatment of aphasia: exploring interhemispheric relationships and their implications for neurorehabilitation. *Restor Neurol Neurosci* 2011; 29(6):375–94
- 41 Thiel A et al., Effects of noninvasive brain stimulation on language networks and recovery in early poststroke aphasia. *Stroke* 2013; 44(8):2240–6
- 42 Torres J et al., TMS and tDCS in post-stroke aphasia: Integrating novel treatment approaches with mechanisms of plasticity. *Restor Neurol Neurosci* 2013; 31(4):501–15
- 43 Musso M et al., Training-induced brain plasticity in aphasia. *Brain* 1999; 122 (Pt 9):1781–90
- 44 Hartwigsen G & Siebner HR, Novel methods to study aphasia recovery after stroke. *Front Neurol Neurosci* 2013; 32:101–11
- 45 Winhuisen L et al., The right inferior frontal gyrus and poststroke aphasia: a follow-up investigation. *Stroke* 2007; 38(4):1286–92
- 46 Baumgaertner A et al., Right-hemispheric processing of non-linguistic word features: implications for mapping language recovery after stroke. *Hum Brain Mapp* 2013; 34(6):1293–305
- 47 Brownsett SL et al., Cognitive control and its impact on recovery from aphasic stroke. *Brain* 2014; 137(Pt 1):242–54
- 48 Geranmayeh F et al., Task-induced brain activity in aphasic stroke patients: what is driving recovery? *Brain* 2014; 137(Pt 10):2632–48
- 49 Brady MC et al., Speech and language therapy for aphasia following stroke. *Cochrane Database Syst Rev* 2012; 5:CD000425
- 50 Ertelt D et al., Observation and execution of upper-limb movements as a tool for rehabilitation of motor deficits in paretic stroke patients: protocol of a randomized clinical trial. *BMC Neurol* 2012; 12:42
- 51 Ertelt D & Binkofski F, Action observation as a tool for neurorehabilitation to moderate motor deficits and aphasia following stroke. *Neural Regen Res* 2012; 7(26):2063–74
- 52 Hamzei F et al., The Dual-Loop Model and the Human Mirror Neuron System: an Exploratory Combined fMRI and DTI Study of the Inferior Frontal Gyrus. *Cereb Cortex* 2015
- 53 Maddy KM et al., The effectiveness of semantic feature analysis: an evidence-based systematic review. *Ann Phys Rehabil Med* 2014; 57(4):254–67
- 54 Page SJ & Harnish S, Thinking About Better Speech: Mental Practice for Stroke-Induced Motor Speech Impairments. *Aphasiology* 2012; 26(2):127–42
- 55 Sabini RC et al., Stroke survivors talk while doing: development of a therapeutic framework for continued rehabilitation of hand function post stroke. *J Hand Ther* 2013; 26(2):124–30; quiz 131
- 56 Stahl B et al., Rhythm in disguise: why singing may not hold the key to recovery from aphasia. *Brain* 2011; 134(Pt 10):3083–93
- 57 Wolf SL et al., Retention of upper limb function in stroke survivors who have received constraint-induced movement therapy: the EXCITE randomised trial. *Lancet Neurol* 2008; 7(1):33–40
- 58 Pulvermuller F et al., Constraint-induced therapy of chronic aphasia after stroke. *Stroke* 2001; 32(7):1621–6
- 59 Cherney LR et al., Evidence-based systematic review: effects of intensity of treatment and constraint-induced language therapy for individuals with stroke-induced aphasia. *J Speech Lang Hear Res* 2008; 51(5):1282–99
- 60 Page SJ & Wallace SE, Speech language pathologists' opinions of constraint-induced language therapy. *Top Stroke Rehabil* 2014; 21(4):332–8
- 61 van der Meulen I et al., Measuring verbal and non-verbal communication in aphasia: reliability, validity, and sensitivity to change of the Scenario Test. *Int J Lang Commun Disord* 2010; 45(4):424–35