

Auch Sprache ist Bewegung

Birgit Jackel

Zusammenfassung

Sprache – Bewegung – Musik bilden eine Dreierbeziehung, deren Funktionszusammenhänge und -abläufe mit den bildgebenden Verfahren der modernen Gehirnforschung sichtbar gemacht werden können. Aus diesen Erkenntnissen ergeben sich andere und mitunter weiter reichende Funktionszuweisungen bezüglich der beteiligten Hirnstrukturen als bislang angenommen. Vorläufig und vorsichtig interpretiert kristallisieren sich im Gehirn gemeinsam benutzte neuronale Felder und Verknüpfungswege mit Schnittarealen heraus für das Sprechen, Bewegen und Musizieren, die in der praktischen Arbeit von LogopädInnen mit Kindern in frühem Alter bedenkenswert sind.

SCHLÜSSELWÖRTER: Sprache – Bewegung – Musik – Neuroplastizität – neuronale Korrelate – Overflow

Einblicke in das kindliche Gehirn mit bildgebenden Verfahren

In den 1990er Jahren wurde nicht zuletzt deshalb die Dekade des Gehirns ausgerufen, weil den empirisch arbeitenden Neurowissenschaften mit den bildgebenden Verfahren, dem „funktionellen Neuroimaging“, mittlerweile Methoden zur Verfügung stehen, um Funktionszusammenhänge im Gehirn zu visualisieren. Die Frage ist, inwiefern deren Erkenntnisse für andere Forschungs- und Arbeitsgebiete (auch logopädische) nutzbringend sein können. Zur Arbeitsweise einiger bildgebender Verfahren sowie zu einigen Schwierigkeiten in ihrem Einsatz bei Kindern kurz gefasste Ausführungen:

PET (Positronenemissionstomografie) und fMRT (funktionelle Magnetfeldresonanztomografie) messen indirekt die Aktivität der Neuronen über den Sauerstoffverbrauch im

Blutstrom, der mit der Aktivität der Hirnerneuzellen ansteigt. Beide Verfahren liefern Aktivitätsaufzeichnungen (= funktionelle Bilder) und haben die biochemische Ebene im Visier, nicht den Inhalt selbst, auf diesen lässt sich nur schließen. Ihre Bilder gleichen einander: Hoch aktive Areale erscheinen im Scan rot, orange oder gelb; normale Hirnfunktion blau; niedrige Aktivität dunkelblau; schwarze Areale sind ohne Nerventätigkeit. PET und fMRT arbeiten auf verschiedene Weise, was für den Einsatz bei Kindern nicht unerheblich ist.

Beim PET muss vorab eine schwach radioaktive Substanz ins Blut injiziert werden, damit die aktiven Hirnareale als diejenigen mit hohem Sauerstoffverbrauch angezeigt werden. Folglich ist das PET bei Kindern nur eingeschränkt anwendbar. Die meisten entwicklungsbezogenen PET-Daten stammen von Kindern, deren Gehirne ohnehin aus diagnostischen Gründen gescannt werden mussten.



Dr. phil. Birgit Jackel

war 30 Jahre Grund- und Hauptschullehrerin und zeitgleich von 1997 bis 2001 an der Universität Frankfurt/M. Lehrbeauftragte. Seit 1989 arbeitet sie aktiv in der Fortbildung von ErzieherInnen, LehrerInnen, PolizeibeamtInnen und TherapeutInnen

in den Bereichen Motopädagogik, Ergotherapie, Neurophysiologie, Sprachheilkunde, Verkehrspädagogik u.a. Sie hat mehrere Bücher verfasst, u.a. „Kinder orientieren sich. Spiele zur Entfaltung psychomotorischer Handlungskompetenz“ (2001).

Bei der fMRT wird beim Scannen die Veränderung der Blutmagnetisierung in den einzelnen Arealen, abhängig vom Sauerstoffverbrauch, in einem Computerbild dargestellt. Dabei kann nur alle 2 bis 3 Sekunden ein Scan erfolgen. Das ist oftmals für die Erfassung neuronaler Prozesse, die im Millisekundenbereich ablaufen können, zu langsam. Als spezielle Nachteile zeigen sich bei Forschungsvorhaben mit Kindern die Lautstärke des Gerätes, die Enge der Röhre und die Notwendigkeit der Bewegungslosigkeit während des Scan-Vorgangs. Sogar der Kopf muss fixiert werden. Somit ist die fMRT erst ca. ab dem 6. Lebensjahr einsetzbar.

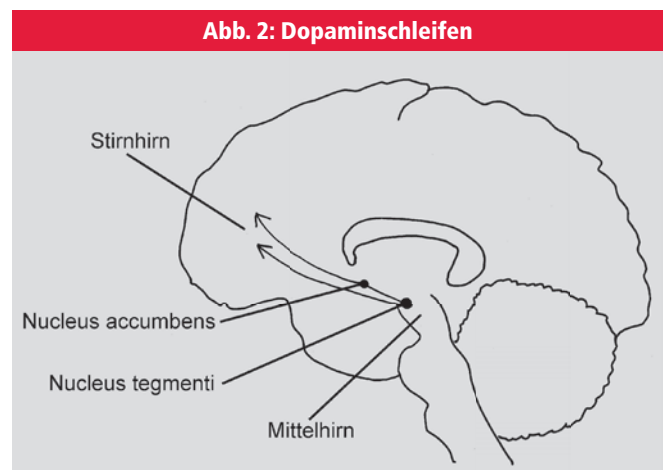
Das EEG, die Elektroenzephalografie, zeichnet die elektrische Aktivität nur großer Neuronenverbände des Gehirns auf; oszillatorische Potentialschwankungen im Alpha-, Beta-, Gamma-, Delta- und Theta-Frequenzbereich. Das Anlegen von Elektroden auf der Kopfhaut ist selbst für Säuglinge nicht unangenehm. Nachteilig wirkt sich aus, dass es nur bei hohem Massenpotential zu einem Messergebnis

kommt und zudem die besonders aktiven Bereiche vom Grundrauschen des ständig arbeitenden Gehirns häufig nur schwer zu unterscheiden sind. Von Vorteil erscheint die Zeitnähe zum neuronalen Geschehen (im Millisekundenbereich). Damit kann die zeitliche Abfolge von Hirnprozessen erfasst werden. Z.B. ist beim Sprechablauf visualisierbar, welche beteiligten Areale nacheinander aktiv werden. So erscheint das EEG beispielsweise in Hirnforschung und Kognitionspsychologie häufig in Kombination mit der fMRT als probates Messinstrument für Säuglinge und Kinder (Abb. 1).

Die NIRS (Transcraniale Nahe Infrarot-Spektroskopie), ein ganz neues Verfahren, arbeitet unter Anwendung von Infrarot-Licht für ihre funktionelle Bildgebung. Hier stören keine Muskelbewegungen. Selbst Messungen beim Laufen werden künftig möglich sein. Klingt das nicht vielversprechend für die neurophysiologische Diagnostik bei Kindern? Vielleicht wird die NIRS in ihrer Weiterentwicklung zur wichtigsten Messmethode für den wissenschaftlichen Abgleich im Bereich kindlicher Bewegungsabläufe – inklusive ihrer Sprechabläufe. Derzeit sind viele Daten aus dem funktionellen Neuroimaging nicht leicht und nicht eindeutig zu interpretieren. Es bedarf der Routine. Außerdem: Bestimmt damit nicht auch die Sichtweise der jeweiligen Forschungsrichtung beziehungsweise

des einzelnen Wissenschaftlers dessen Forschungsergebnis? Aber das kommt auch in anderen Disziplinen vor (vgl. Krämer, 1994).

LogopädInnen fällt zudem als Einschränkung des Aussagewertes solch bildgebender Verfahren ein, dass bekanntlich nicht alle Gehirne nach dem gleichen Muster arbeiten, wie beispielsweise die Sprachareale bei Linkshändern gezeigt haben. Wie groß also sind individuelle Unterschiede oder auch Geschlechterdifferenzen beim Denken (Cahill, 2006), ohne ins Pathologische abzugleiten? Solch kritische Fragen dürfen nicht den Blick verstellen auf die enormen Vorteile, die es für alle Personen mit sich bringt, die in der Prävention wie in der Rehabilitation mit Kindern arbeiten, wenn sie dem Gehirn bei dessen Arbeit zuschauen und die funktionellen Zusammenhänge im Denkorgan für ein verständnisvolles Lernen dieser Kinder nutzen können.

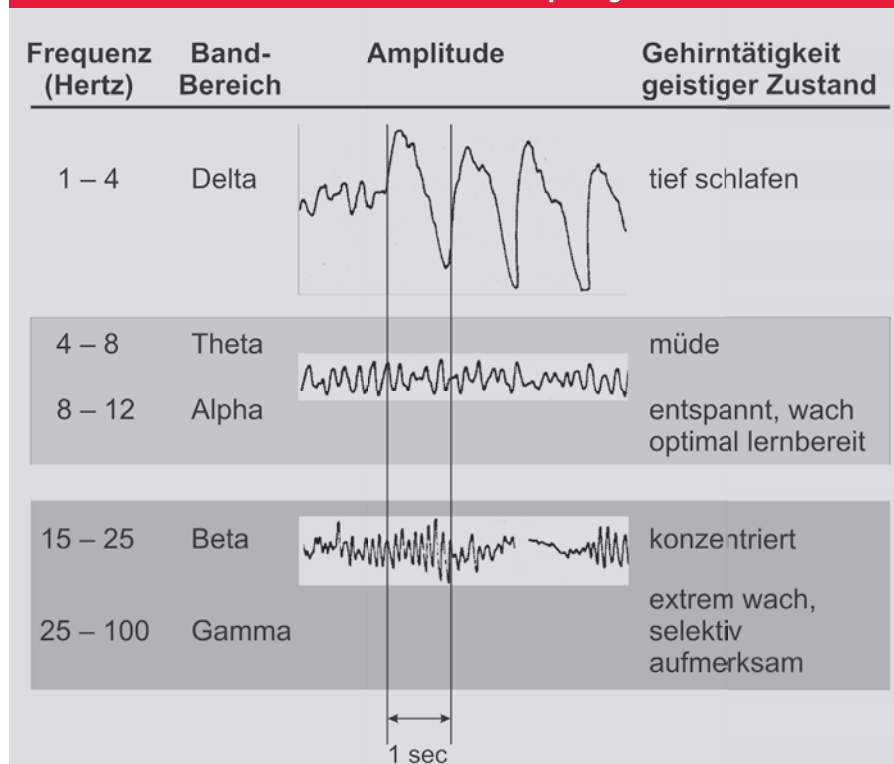


Freudvolles Lernen beim Rhythmikspiel

Das Spiel ist die ureigenste Lernform für Kinder, weil es – wie keine andere Vorgehensweise – die Bedürfnisse der Kleinen einbezieht (Jackel, 2005). Sind sie explorationsfreudig, gehen sie neugierig mit sich selbst und ihrer Mitwelt um. Sie erscheinen motiviert um der Sache willen, die sie fasziniert, ihnen Handlungserfolg bringt und mitunter besser gelingt als erwartet (Spitzer, 2002): selbst-motiviert oder intrinsisch motiviert. Dabei springt ihr körpereigenes Belohnungssystem an. Es kommt zur Dopaminflutung im Frontalhirn. Diese wiederum führt dort zum Ausschütten von Opioiden, welche Hochgefühl, Antriebskraft und Energie hervorbringen und positive Vernetzungen im Frontalhirn entstehen lassen. Derartige mentale Repräsentationen durch freudvolle, eigenständig gewonnene Erfahrungen im Denkhirn sind nötig für eine förderliche kindliche Entwicklung und hirngerechtes Lernen.

Für Belohnung und Lernen über dopaminerge Funktionskreise sind zwei neuronale Verläufe bekannt (Abb. 2): Beide starten mit einer Dopaminausschüttung im Nucleus tegmenti im ventralen oberen Mittelhirn. Beim einen Funktionskreis wird das Stirnhirn direkt innerviert. Bei dem anderen kommt es zu einer meso-limbischen Dopaminschleife über den Nucleus accumbens, der bekanntlich bei jeder Art von Lust beteiligt ist. Es bildet sich derzeit ein Konsens unter Wissenschaftlern darüber, dass das Dopaminsystem bei Belohnung, Lernen und Suchtverhalten eine wichtige Rolle spielt. Müsste die Dopaminschleife nicht auch bei freudvoller Bewegung anspringen? Sicher, aber solches ist über fMRT – reglos in einer

Abb. 1: Hirnströme im Elektroenzephalogramm EEG



engen Röhre gelagert – nicht messbar, vielleicht in Zukunft mittels NIRS.

Die gelungene Bewegung wird mental abgespeichert. Der selbst erarbeitete Bewegungserfolg ermutigt zu weiteren Bewegungsvarianten, fördert neben vielfältigen Bewegungsmustern Selbstvertrauen und Wohlfühl. Schokolade macht nur für kurze Zeit glücklich. Bewegungsfreude aber ist das Tor zu glücklichem Lernen auf lange Zeit (Abb. 3).

Darin liegt auch begründet, weshalb Rhythmikspiele als basale Orientierungshilfen auf der Bewegungs-Freude-Achse wirken: „Motion is Emotion.“ Als psychomotorische Fördermittel helfen sie, die Ressourcen der Kleinen zu mobilisieren (anstatt Defizitorientierung). Diese liegen im Elementarbereich vorwiegend im Explorationsdrang und in der Freude an großräumiger Bewegung. In der Rehabilitation, so auch in logopädischen Settings mit jungen Kindern, können Rhythmikspiele allerdings nur ergänzend zu individuell abgestimmter Therapie z. B. bei Kindern mit Sprachentwicklungsstörungen zum Einsatz kommen. Pathologische Muster bedürfen immer auch spezieller Therapien.

Ontogenetisch erfolgt die Persönlichkeitsentfaltung der Kleinen von Sensorik und Motorik aus. Zuerst entwickelt sich die Sensorik über die körpernahen Sinne:

Tast-, Muskel-, Gleichgewichts- und Geschmackssinn. Sie bilden die körpereigene Basis, die das Kind braucht, um sich dann erkundungsfreudig seiner Mitwelt zuzuwenden und sich überhaupt erst auf derartige Erfahrungen einlassen zu können. Später kommen die Fernsinne hinzu wie Seh-, Hör- und Riechsinn. Hier liegen die Reize in der Umwelt und werden mit den entsprechenden Rezeptoren von dort „eingefangen“ (afferenter Funktionskreis) – im Gehirn verarbeitet, sortiert, bewertet, mental gespeichert (intermediärer Funktionskreis mit Konsolidierungsprozessen) – und es wird eine Bewegungsantwort bis hin zu bestimmten Muskeln als Endorganen generiert (efferenter Funktionskreis).

Wahrnehmen ist ein aktiver Prozess aus multisensorischer Reizerfassung, mehr oder weniger kreativem Querdenken und einer daraus resultierenden Bewegungsantwort, auch gedanklichem Handeln.

Über Rhythmikspiele lässt sich

- Sinnesintegration erfahren; d. h. dass die Nervenzellen üben, im Verbund untereinander auf verschiedene Reizmodalitäten aus dem taktilen, dem propriozeptiven, dem vestibulären sowie dem visuellen und auditiven Sinnessystem gleichzeitig angemessen zu reagieren, als multisensorisches Lernen;

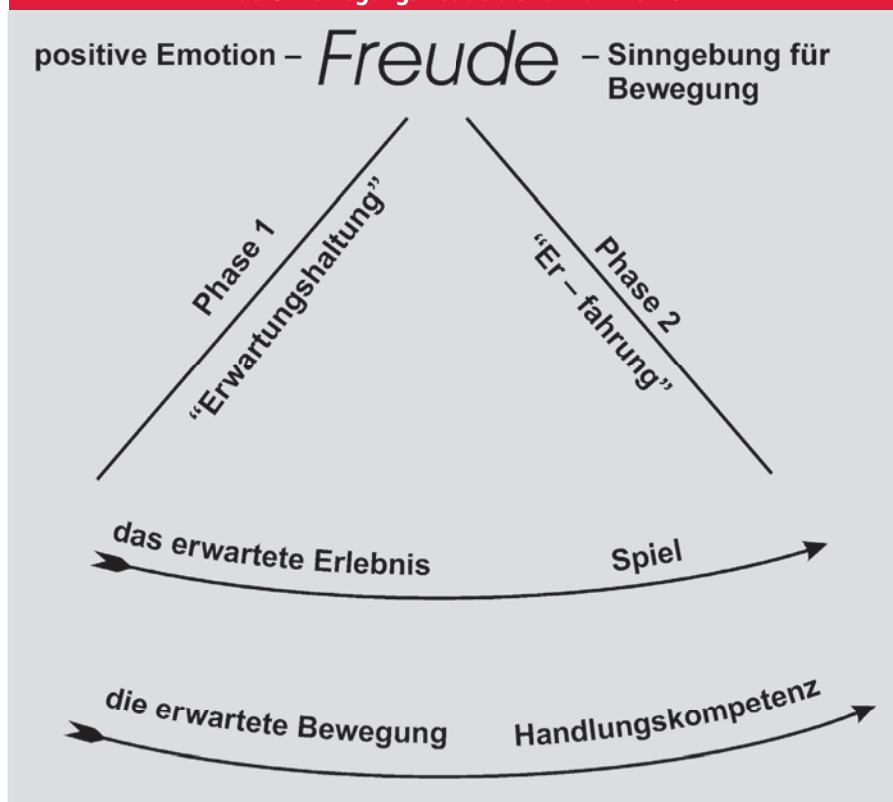
- dabei sich selbst erleben als „sinn-voll“ im Sinne von „voll von sinnlichem Erleben“, akustische Strukturen inbegriffen, die aus Ton, Melodie, Klang, Klangfarbe, Harmonie und Takt gebildet sind;
- verständnisvolles Lernen (begrifflich gefasst als Bedeutungen und Zusammenhänge begreifendes Lernen) ankurbeln, weil die vielfältigen Einzelerfahrungen zu einem Objekt/Ablauf dabei in verschiedenen Großhirnarealen als mentale Repräsentationen abgespeichert werden und das Gelernte vielfältig abrufbar und damit besser erinnert wird.

Das Mit-Lernen von Bewegen und Sprechen nutzen

Die bereits erlebten Selbst- und Umwelterfahrungen werden vom Individuum immer ganzheitlich erlebt (denn der Mensch ist ein holistisches Wesen) und setzen im Neokortex stets sich gegenseitig beeinflussende und befruchtende Lernprozesse in Gang wie beispielsweise das „Vokabeltraining im Laufschrift“. Hierbei macht das Kleinkind in den letzten Wochen seines ersten oder spätestens zu Beginn seines zweiten Lebensjahres ganz wesentliche und von seinen Eltern hocheifrig beobachtete Fortschritte: Es beginnt zu laufen und zu sprechen. Dieser Zusammenhang von Sprech- und Bewegungsfortschritt als einander wechselseitig positiv beeinflussende Prozesse wird in den Fachbereichen Psychomotorik, Neuropädagogik und Logopädie als wichtiges Prinzip für Wahrnehmungsentfaltung, das Lernen und die motorische Expression gesehen und genutzt – in der Prävention wie in der Rehabilitation (Jackel, 2004).

Overflow – neurophysiologisch betrachtet einerseits als das Mit-Lernen in angrenzenden Hirnregionen aufgrund der Nervenverknüpfungen subkortikaler Areale untereinander und andererseits als der häufige Gebrauch von Schnittarealen und gemeinsamen möglichen Hirnnervenbahnen – ist besonders bei manuellen Tätigkeiten und Sprechen möglich und förderbar (Knoll, 2006; Neuweiler, 2005). Jedoch sind solche simultanen Reifungsprozesse nicht zwingend. So muss eine Apraxie nicht unbedingt mit einer sprachlichen Retardierung einhergehen oder umgekehrt, kommt aber häufig vor, wie von MotopädInnen und LogopädInnen in der Praxis nicht selten beobachtet.

Abb. 3: Bewegungsfreude als Tor zum Lernen



Overflows von Bewegungs- und Sprachentwicklung als kreuzmodale Prozesse ergeben sich aus neurophysiologischer Sicht, weil Sprechen auch Bewegen bedeutet und der Sprechvorgang (muskulär/Myofunktion) wie auch die Bewegung neuronale Schnittareale haben.

Die Scans bildgebender Verfahren können das sichtbar machen. Bislang gab es durchaus schon Autoren, die auf diese Overflows hinwiesen (*Nijokiktjen, 2003*) und deren Bedeutung für die logopädische Arbeit sahen und sehen (*Grohnfeldt, 2000*), jedoch benannten sie keine konkreten Schnittareale, die für Sprache bzw. Sprechen und Bewegung zugleich zuständig sind. Solches können jetzt Neurobiologen aufgrund modernster bildgebender Verfahren tun, weil die beim Sprechen und bei Handbewegungen aktiven Hirnareale in PET- und fMRT-Scans visualisierbar sind.

Obgleich es verschiedene funktionelle Systeme der Senso-Motorik gibt, sei zumindest ein Beispiel für Kreuzmodalität bereits auf Reflexebene angesprochen, das auf gemeinsame Hirnverschaltungswege bei Mund- und Handgeschicklichkeit hinweist: der Palmar-Reflex (*Goddard, 2004*). Dabei handelt es sich um die Koppelung eines Hand-Reflexes an die Myofunktion: Saugen und Faustschluss. In späteren Jahren sind beim Kind häufig Reste dieses Palmar-Reflexes beispielsweise beim Malen, Schreiben oder Trommeln zusammen mit Zungenbewegungen beobachtbar. Vermutlich auch dadurch bedingt, dass im sensorischen Kortex die Areale für Hand, Mimik und Sprechmuskeln nahe beieinander liegen (s. o.: Mit-Lernen in angrenzenden Arealen und Abbildung 4). Nach *Goddard* kann bei fehlender Hemmung des Palmar-Reflexes (ab 2.-3. Monat) das Sprechen in Mitleidenschaft gezogen sein, da die fortgesetzte Beziehung zwischen Hand- und Mundbewegungen die Entwicklung der unabhängigen Kontrolle über die Muskeln an der Vorderseite des Mundes verhindern kann, mit undeutlicher Aussprache als Folge.

In unserem Kontext sollen Eigen- und Fremdreiflexapparat ausgeklammert werden. Nur die neurophysiologischen Schaltstellen der Willkürmotorik gilt es darzustellen.

Auf der Suche nach eindeutigen neuronalen Korrelaten für Sprache

Die ersten Hinweise auf sprachverarbeitende Areale beruhten auf Läsionsdaten von Patienten mit Sprachdefiziten, post mortem. So galt als bisherige Annahme, dass das Broca-Areal im vorderen Schläfenlappen der linken Hemisphäre nur für die Lautproduktion und für das Artikulieren von Wörtern zuständig sei. Dem Wernicke-Areal wurde vorrangig Sprachverständnis/Sinnentnahme zugeschrieben. Hierzu und zu anderen an Sprache mitbeteiligten Arealen gibt es eine ganze Reihe neuer Erkenntnisse aufgrund bildgebender Verfahren.

So sind aus Sicht der Hirnforscher durch bestimmte experimentelle Untersuchungen einschließlich fMRT- und PET-Scans unter anderem auch die Funktionszuschreibungen für Broca- und Wernicke-Areal neu zu überdenken. Denn dem sprechenden Gehirn zugeschaut, entdeckten Neurobiologen vor kurzem eine neuronale Verbindung zwischen beiden Gebieten über die Nervenbahn des Fasciculus arcuatus. Das bedeutet, beide Areale arbeiten enger zusammen als bisher angenommen; und das Broca-Areal zeigt sich bei Sinnentnahme sogar aktiver als das Wernicke-Areal (*Jürgens, 2002; Neuweiler, 2005*). Zudem können nach neuesten Erkenntnissen dem

Broca-Areal weitere Funktionen zugeordnet werden (siehe unten).

Wenn Herrmann & Fiebach (2004) moderne Untersuchungsdesigns zur Lokalisation von Sprachfunktionen im Gehirn vorstellen, zeigen die von ihnen angeführten Studien eine sehr hohe Variabilität zwischen Individuen in der Organisation von Sprache in deren Gehirnen. Deshalb halten die Autoren den experimentellen neurowissenschaftlichen Zugang zum Auffinden neuronaler Korrelate für Sprache mit seiner Möglichkeit einer direkten Introspektion in die Biochemie des Denkorgans für eine bedeutsame Forschungsrichtung. Nach ihrer Ansicht stellen die neuesten Befunde eine strikte Lokalisation von Sprachfunktionen, wie sie beispielsweise im Wernicke-Geschwind-Modell vertreten wird, in Frage.

Ein Wermutstropfen bei den derzeit verfügbaren bildgebenden Verfahren bleibt: Die Interpretation der so gewonnenen Forschungsergebnisse ist nicht leicht, nicht immer eindeutig und erfordert ein gewisses Maß an Routine. Hirnforscher sprechen daher vorsichtig von ihren Forschungsergebnissen als „Hinweisen“, selten von eindeutigen „Nachweisen“. Blakemore & Frith (2006) verweisen ganz allgemein bezüglich der Hirnforschung gar auf Befunde und ebenso viele Gegenbefunde. Aber gehört solches nicht zum normalen Fortschritt der Wissenschaft?

Also seien wir derzeit mit stringenten Funktionszuweisungen an bestimmte Hirnareale bezüglich der Sprache vorsichtig und halten uns stets vor Augen, dass mit jeder Verfeinerung und jedem Fortschritt im Neuroimaging unsere heutigen Erkenntnisse möglicherweise umgeschrieben werden müssen (Koch, 2005). Somit sind auch die folgenden Aussagen bezüglich neuronaler Korrelate für Sprache als vorläufig zu betrachten und eventuell revidierungsbedürftig.

Gemeinsame neuronale Wege für Sprache und Motorik

Neue Erkenntnisse aufgrund fMRT, PET und EEG erlauben die Skizzierung gemeinsamer neuronaler Wege bei Sprache und Motorik. Für beides geht der Impetus vom Stirnhirn in Form eines Impulses aus. Der Frontalkortex gibt die Bewegungsbefehle für absichtsvolle Tätigkeiten generell. Im prämotorischen Kortex (linke Schläfen-

gend) laufen Informationen aus den Sinnesorganen, der Muskulatur und von Assoziationszentren zusammen. Hier entstehen auch die Absichten für willkürliche Sprech- und Bewegungsaktionen, die dann der motorischen Hirnrinde vermittelt werden. Prämotorische Areale generieren die konkreten Bewegungsabsichten und liefern dem motorischen Kortex die passenden neuronalen Programme. Prämotorischer und motorischer Kortex initiieren gemeinsam die konkrete Muskelabsicht: Sie setzen die Impulse für die Muskelarbeit, auch für kontrollierte Gesichts- und Artikulationsmuskeln.

Jetzt kommt der Scheitellappen hinzu. Er stellt sich dar als ein Schnittareal von Sprechen und manuellen Bewegungen, ein Schlüsselareal! Er ist generell an der Programmerstellung von absichtsvollen Aktionsmustern beteiligt (Vorbereitung und Ausführung von Handlungen), auch an spontanem Sprechablauf. Er ist oberhalb des Broca-Areals gelegen, wird auch als supplementäre, ergänzende Motorrinde bezeichnet und in der Literatur oft dem prämotorischen Kortex zugerechnet. Obgleich er für spontanes Sprechen bedeutsam zu sein scheint, indem er den Sprechimpuls gibt, ist er nicht der zentrale Sitz von Sprache. Erst seine Zusammenarbeit mit dem Broca-Areal generiert Wörter und Sätze. Bezüglich der Motorik ist erkannt, dass er erinnerte Handbewegungen initiiert. So ruft er gelernte Fingerfertigkeit wie auch Sprechbewegungen aus dem Gedächtnis ab. Aus neurobiologischen Untersuchungen (Neuweiler, 2005) geht derzeit noch nicht hervor, wie Scheitellappen und Broca-Areal zusammenarbeiten und welche Teilfunktionen jedem der beiden zukommen.

Broca stellt ein weiteres, ganz wichtiges Schnittareal von Sprechen und manuellen Bewegungen dar, ebenfalls ein Schlüsselareal! Es lässt sich nicht wirklich scharf abgrenzen von anderen prämotorischen Gebieten, da es individuell unterschiedlich ausfällt (Blakemore & Frith, 2006). Es bildet schläfenwärts den Ausläufer der prämotorischen Areale. In diesen Rindengebieten fand erstmals Rizzolatti von der Universität Parma 1990 in einem Tierversuch mit Makaken Spiegelneuronen. Sie sind als Handlungsneuronen im prämotorischen Kortex (1.) beim Bewegungshandeln, (2.) beim Vorstellen und (3.) Beobachten von Bewegungen anderer Menschen beteiligt. Sie haben die Aufgabe, das eigene Denken, Handeln und Fühlen zu verarbeiten

und zugleich die Gefühle und das Tun anderer zu spiegeln. Damit stellen sie auch Schlüsselneuronen dar für Empathie und zwischenmenschliche Kommunikationsfähigkeit (Bauer, 2006; Sebanz, 2006). Nebenbei bemerkt: Autisten fehlen diese Spiegelneuronen. Wie zahlreich Spiegelneuronen im Broca-Areal vorhanden sind, ist derzeit noch unklar, aber dass sie sich auch dort befinden, ist unstrittig.

Mit Spiegelneuronen können aufgrund reiner Handlungsbeobachtung eines Individuums die eigenen Nachahmungshandlungen sofort korrekt ausgeführt werden, ohne den betreffenden Ablauf vorher selbst auch nur einmal ausprobiert zu haben. Rein mit-gedachte Aktivitäten werden auf diese Weise ungeübt perfekt ausgeführt – natürlich unter Beteiligung visueller Areale mit guter optischer Differenzierungsfähigkeit. Dies wird beispielsweise im Leistungssport bei TurnerInnen als mentales Bewegungstraining durch Video-Beobachtung von Bewegungsabläufen genutzt. Selbst 3-jährige Kinder verfügen bereits über dieses besondere, auf Antrieb korrekt ablaufende Nachahmungstalent aufgrund von Spiegelneuronen: Essbesteck halten, Eierschale anschlagen, ohne dass der Inhalt herausplatscht, Bälle mit nachgeahmter Wurfhaltung zielgenau in eine Box werfen.

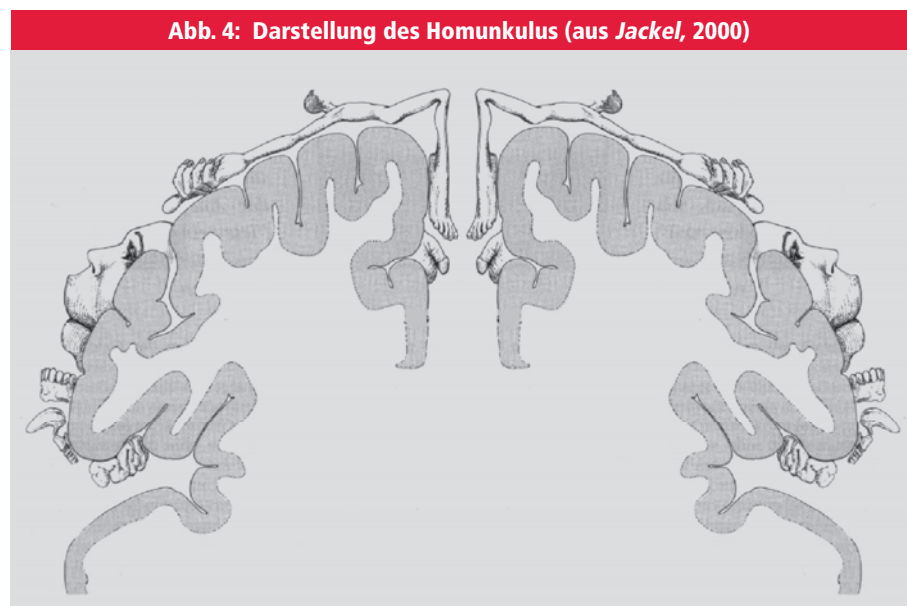
Die Handlungsneuronen im Broca-Areal bewirken zudem, dass die einzelnen motorischen Anweisungen in beliebiger, immer anderer Reihenfolge zusammengeknüpft werden können – gelernte Regeln befolgend, wie bei der Grammatik; als feste Algorithmen / Kinemusterfolgen / sequentielle Reihenfolgebewegungen (Jackel, 2005; Nijokiktijen, 2003) z.B. als Ergreifen und Abstellen sowie Ergreifen und Zum-Mund-Führen eines Glases. Dass das Broca-Areal bei Hand- und Fingeraktivitäten involviert ist, stellte sich erst in jüngster Zeit heraus und macht es so spannend für kreuzmodales Fördern von Sprechen und Bewegungen.

Bei Sprache ist das Broca-Areal eher zuständig für Sinnerfassung als für die Lautproduktion, wie man früher glaubte. Nach Neuweiler (2005) und Spitzer (2006) erwerben wir Sprache und Musik vornehmlich über Hören und Nachahmen: „sprachliches und musikalisches Plappern“. So dürften die Spiegelneuronen im Broca-Areal auch wesentlich daran beteiligt sein, dass dieses Gebiet als unser Sprechzentrum gilt. Außerdem ist das Broca-Areal nach neuesten Erkenntnissen an der Rhythmikwahrneh-

mung und dem visuell-räumlichen Erfassen beteiligt. Damit erscheinen Klatsch- und Fingerspiele als vortreffliche Übungen, dieses Areal vielfältig zu stimulieren und hinsichtlich kreuzmodaler Förderung von manuellen Fertigkeiten, Sprechen und Musizieren zu nutzen.

Ab hier nehmen Sprechen und die übrige Motorik unterschiedliche Verläufe. Oder aber der neuronale Weg für den sprachlichen Output verläuft bei direkter Sprechmuskel-Innervierung direkt in Richtung Pyramidenbahn. Denn von Vorderhirn und Scheitellappen in Richtung Rückenmark existiert eine Direktverbindung zur Mund-/Rachenmuskulatur entlang des Rückenmarks, die cerebro-spinale Bahnung.

Die neuronalen Fasern dieser „Schnellstraße“ kommen etwa zur Hälfte aus der motorischen Rinde, zu einem anderen Teil aus dem prämotorischen Kortex und vom Scheitellappen – auch solche, die zum Gesicht ziehen. Bezüglich der Sprache innervieren sie nur die Myofunktion und sorgen für schnelle Reihenfolgebewegungen. Im Rückenmark steuern die Fasern der Pyramidenbahn auch Motoneuronen an, welche die Muskeln der Hände, Finger, Arme und Schultern kontrollieren. Für *Neuweiler* ist es



gut vorstellbar, dass gerade die Handlungsneuronen im Broca-Areal das Fundament bilden, um über die Pyramidenbahn präzise abgestimmte und kleinste Bewegungen anzuweisen und so komplexe Bewegungsabläufe zu erlernen.

Bereits ausgeführt wurde: Sprechen wird überwiegend durch Bewegungen der oberen Extremitäten gefördert. Unsere

Beine sind über die Direktbefehle aus dem motorischen Kortex wesentlich sparsamer versorgt. Das wird auch deutlich aus der räumlichen Nähe und besonderen Größe der neuronalen Repräsentationsfelder für Handsensorik und Myofunktion ebendort (Abb. 4):

Bei der Motorik geht der neuronale Verlauf außer über die Pyramidenbahn auch in



Abb. 5: Hüpf-, Klatsch- und Reiterspiele in einer Eltern-Kind-Gruppe des Musikgartens „Musik total“ (Knoll, 2006)

Richtung Kleinhirn mit einer Rückkopplungsschleife zum prämotorischen und motorischen Kortex, besonders beim Erlernen neuer Aktionen. Das Kleinhirn sorgt bei motorischer Fehlhandlung für Bewegungspräzision; d. h. es fungiert als Trainer, der aufpasst, dass die neuen Bewegungsprogramme völlig korrekt gelernt werden.

Ist der Mensch ein Manipulations- und ein Artikulationswesen, so können Rhythmikspiele auf der Bewegungs-Freude-Achse (psycho-motorisch positiv) und der Sprech-Freude-Achse (kognitiv und sozial-kommunikativ positiv, auch über Nonsens) basale Orientierungshilfen geben.

Gemeinsame neuronale Verbindungswege bei Sprache – Bewegung – Musik

Wenn wir Musik hören oder selbst musizieren, sind etliche weit verteilte Hirnareale aktiv – auch solche, die sich normalerweise mit anderen kognitiven Prozessen befassen. Nach derzeitigem Erkenntnisstand existiert in unserem Denkorgan kein spezielles Musikzentrum (Schaller, 2006): „Das gesamte Gehirn macht Musik“ (Spitzer, 2006, S. 209). Sprache und Musik wollen beide etwas mitteilen, haben eine Syntax an Regeln für die passende Kombination ihrer Elemente. Für ihre Syntax sind in beiden Fällen anscheinend Broca- und Wernicke-Areal zuständig (Schaller, 2006). Für andere Schritte der Verarbeitung von Sprache und Musik gilt Ähnliches: Auch hier gibt es

Schnittareale! So sind beim Musizieren u. a. motorischer Kortex und Kleinhirn angeregt, grenzt doch die motorische Hirnrinde an die Hörinde, dorsal im Schläfenlappenbereich gelegen. Zudem assoziieren bei Musik aktive Areale mit dem dopaminergen Funktionssystem und stimulieren den rechten Orbitallappen; beide gehören zum neuronalen Belohnungssystem. Besonders bei Kindern ist Musik in der Regel nicht mit negativen Assoziationen belastet (schimpfende Eltern singen nicht).

Rhythmus im Zusammenhang von Musik, Bewegung und Sprache meint die einer musikalischen Komposition zugrunde liegende Gliederung des Zeitmaßes, die sich aus dem Metrum des thematischen Materials, aus der Tondauer und dem Wechsel der Tonstärke ergibt (Stabe, 1996). Nach Stabe ist Rhythmik ein ganzheitlicher Handlungs- und Förderansatz, der in Pädagogik, Therapie und Freizeit angewandt wird unter Benutzung der Mittel (1.) Musik, (2.) Bewegung, (3.) Sprache und (4.) Medien. Diese vier Mittel können Erlebnissituationen, Gestaltungs- und Lernprozesse in Gang setzen – besonders im Elementar- und Primärbereich. Dabei kann das Mittel „Musik/Klang“ auch auf einen Sprech-Rhythmus mit Tondauer und -wechsel reduziert sein.

Aufgabe der Rhythmik ist es, den Kleinen die Wechselbeziehung zwischen Bewegung, Klang und Sprache/Sprechen durch den Rhythmus als verbindendes Grundelement erfahr- und verfügbar zu machen. Selbst eine gewisse Bewusstmachung ist in diesem frühen Alter bereits möglich, wie die praktische Arbeit mit Kindern zeigt.

Hier ist kein festgeschriebenes Übungsprogramm angezeigt, sondern sach- und situationsvariable Betätigungsformen für ganzheitliche Persönlichkeitsentfaltung. Variationen im Spielverlauf, in Melodie- und Medieneinsatz sind nicht nur möglich, sondern erwünscht. Denn im Praxisalltag mit Kindern ist sowohl in präventiver wie in rehabilitativer Arbeit stets notwendig, das für die Kleinen Förderliche zu erkennen, es spielerisch aufzugreifen, um mehr oder minder kreativ umdenkend zu einem situationsadäquaten Spielarrangement zu kommen (Abb. 5). Das bedeutet: Jedes Kreisspiel kann in Einzel- und Partnerarbeit umgestaltet werden, wenn das betreffende Kind noch nicht für Kreisspiele mit anderen bereit ist. Jeden Klatschrhythmus kann man auch mit sich selbst spielen unter Benutzung der eigenen Hände oder eines Klangholzes und der Wand, dem Fußboden oder einem umgedrehten Kochtopf. Kinder sind dabei besonders findig. Lassen wir es zu!

Ohne speziellem therapeutischen Setting im logopädischen Bereich in irgendeiner Form vorgreifen zu wollen, bieten sich für den Elementarbereich besonders Fingerspiele, Hoppe-Reiter-Spiele und Klatsch- und Klopfspiele an. Ideen hierzu finden sich u. a. bei Jackel (1999, 2001, 2005) oder im Internet unter www.kleinkinderturnen.de/lieder.htm und www.birgit-jackel.de.

Literatur

- Bauer, J. (2006). *Warum ich fühle, was du fühlst. Intuitive Kommunikation und das Geheimnis der Spiegelneurone*. Hamburg: Hoffmann & Campe
- Blakemore, S.-J. & Frith, U. (2006). *Wie wir lernen. Was die Hirnforschung darüber weiß*. München: Deutsche Verlags-Anstalt
- Cahill, L. (2006). Sein Gehirn, ihr Gehirn. *Spektrum der Wissenschaft* 3, 28-35
- Goddard, S. (2004). *Greifen und Be-Greifen. Wie Lernen und Verhalten mit frühkindlichen Reflexen zusammenhängen* (5. Auflage). Kirchzarten: VAK
- Grohnfeldt, M. (Hrsg.) (2000). *Grundlagen der Sprachheilpädagogik und Logopädie*. Stuttgart: Kohlhammer
- Herrmann, Chr. & Fiebach, Chr. (2004). *Gehirn & Sprache*. Frankfurt: Fischer
- Jackel, B. (1999). *Rituale als Helfer im Grundschulalltag*. Dortmund: Borgmann
- Jackel, B. (2000). *Das Netzwerk des Lernens aus neurophysiologischer Sicht*. Dortmund: Borgmann
- Jackel, B. (2001). *Kinder orientieren sich. Spiele zur Entfaltung psychomotorischer Handlungskompetenz*. Dortmund: Borgmann
- Jackel, B. (2004). Sprache spielen mit allen Sinnen. In: Mehr Zeit für Kinder e.V. (Hrsg.). *Spricht mit mir!* (116-121) (2. überarb. Auflage). Frechen: Deutscher Bundesverband für Logopädie e.V. (dbI)

- Jackel, B. (2005). Vom Spielsinn des Sinnesspiels in der logopädischen Arbeit mit Kindern. *Forum Logopädie* 2 (19), 18-23
- Jackel, B. : <http://www.birgit-jackel.de> vom 20.5.2006
Kongressbeiträge Sophie Scholl Berufskolleg, Duisburg
- Jürgens, U. (2002). Neural pathways underlying vocal control. *Neuroscience and Biobehavioral Review*. Bd. 26, 235.; zitiert nach Neuweiler
- Knoll, S. (2006). *Förderung durch Musik und Bewegung bei Kleinkindern – dargestellt am Beispiel einer Eltern-Kind-Gruppe*. Diplomarbeit Fachhochschule Fulda, Fachbereich Sozialwesen
- Koch, Chr. (2005). *Bewusstsein – ein neurobiologisches Rätsel*. München: Elsevier
- Krämer, W. (1994). *So lügt man mit Statistik*. Frankfurt: Campus
- Neuweiler, G. (2005). Der Ursprung unseres Verstandes. *Spektrum der Wissenschaft* 1, 24-27
- Njiokiktijen, Ch. (2003). Neurobiologische Prozesse der normalen Entwicklung als Basis für Vorbeugung und Behandlung. In: Flehmig, I. (Hrsg.). *Kindheit heute* (87-98). Dortmund: Bergmann
- Schaller, K. (2006). Gesunde Paukenschläge. *Gehirn & Geist* Dossier 1, 66-70
- Sebanz, N. (2006). Kooperation. Eins und eins macht mehr als zwei. *Gehirn & Geist* 7-8, 22-27
- Spitzer, M. (2002). *Lernen. Gehirnforschung und die Schule des Lebens*. Berlin: Spektrum
- Spitzer, M. (2006). *Musik im Kopf* (6. Nachdruck der Auflage 2002). Stuttgart: Schattauer
- Stabe, E. R. (1996). *Rhythmik im Elementar-, Primär- und Sonderschulbereich*. Stuttgart: Haupt

Summary

Language, too, is movement

Language, movement and music form a triangle of functional correlations and processes that can be made visible through imaging in modern neuroscience. Findings indicate there are different functional attributions of brain structures that reach farther than those functions described in the past. Provisional and tentative interpretation suggests the existence of shared brain areas and connections with intersections for speech, movement and the ability to make music. These intersections may be considered relevant to speech-language pathologists in their work with children in early intervention.

KEYWORDS: language – movement – neuronal plasticity – neuronal correlations – overflow

Grafiken: Manfred Jackel

Autorin

Dr. phil. Birgit Jackel
Wächtersbacher Str. 25
63599 Biebergemünd
birgit.jackel@birgit-jackel.de
www.birgit-jackel.de