



Sie glauben, dass Sie TANZEN? können

Wie bewegen wir uns beim Tanz durch den Raum?
Wie steuern wir die Schritte? Neuere bildgebende
Analysen enthüllen die komplexen Vorgänge, die
während des Tanzens im Gehirn ablaufen.

Von Steven Brown
und Lawrence M. Parsons

In Kürze

- Der Tanz ist eine **grundlegende Ausdrucksform** des Menschen. Vermutlich hat sie sich neben der Musik als eine Möglichkeit entwickelt, Rhythmus zu erzeugen.
- Tanzen erfordert **besondere geistige Fähigkeiten**. Ein bestimmter Hirnbe- reich prozessiert Informa- tionen über unsere Körper- lage, die für jede Bewe- gung benötigt werden; ein weiteres Hirnareal fun- giert als Zeitmesser.
- Häufig setzen sich unsere Füße beim Klang von Musik instinktiv **rhythmisch in Bewegung**. Höhere Zentren des Hörsystems werden um- gangen, und nur subkortik- ale Hirnregionen kommu- nizieren miteinander.

Unsere Rhythmusgefühl betrachten wir in der Regel als selbstver- ständlich. Beim Klang von Musik klopfen wir mit den Füßen den Takt oder wiegen und schwingen hin und her. Dabei merken wir häufig gar nicht, dass wir uns bewegen. In der Evolution hat sich dieser Instinkt aber im Wesentlichen erst beim Menschen entwickelt. Kein anderes Säugetier und wahrscheinlich auch kein anderes Lebewesen besitzt vergleichbare Fähigkeiten. Das Talent, uns unbewusst zu bewegen, stellt den Kern des Tanzens dar. Tanzen vereint Bewegung, Rhythmus und gestische Darbietung. Darüber hinaus ist es eine gruppenspezifische Übung, bei der sich die Teilnehmer intensiv aufeinander einstellen müssen, um sich synchron durch Raum und Zeit zu bewegen. Für andere zwischen- menschliche Kontakte ist dies zumeist nicht in der Weise erforderlich.

Obwohl der Tanz eine grundlegende Ausdrucksform des Menschen darstellt, haben sich Neurowissenschaftler für dieses Phänomen bisher wenig interessiert. Vor einiger Zeit allerdings haben Forscher bildgebende Verfahren eingesetzt, um die Gehirne sowohl von

professionellen Tänzern als auch von Laien zu untersuchen. Dabei stellten sie folgende Fragen: Wie bewegen sich Tänzer durch den Raum? Wie setzen sie ihre Schritte? Wie merken sich Menschen komplizierte Bewegungsabläufe? Die Resultate liefern einen faszinierenden Einblick in die komplexen Vorgänge, die im Gehirn ablaufen, wenn Menschen selbst einfachste Tanzschritte ausführen.

Isolierte Bewegungen, wie die Drehung eines Gelenks oder das Klopfen mit dem Finger, haben Neurowissenschaftler bereits früher ausführlich untersucht. Aus diesen Arbeiten wissen wir, wie das Gehirn einfache Handlungen anstößt. Schon allein, um auf einem Bein zu hüpfen, geschweige denn gleichzeitig noch den Kopf zu berühren, berechnet das sensomotorische System des Gehirns Daten bezüglich der räumlichen Wahrnehmung, des Gleichgewichts, der geplanten Bewegung, der Zeitmessung und anderer Dinge. Grob gesagt werden visuelle Informationen im hinteren Scheitellappen in Bewegungsbefehle umgewandelt. Die Befehle gelangen zu den so genannten motorischen Gebieten im prämotorischen Kortex (prämotorische Rinde) und supplementären motorischen Arealen. Dann gehen sie zur primären motorischen Hirnrinde. Diese sendet Nervenimpulse über das Rückenmark an die Muskeln zur Steuerung



AURORA

ihrer Kontraktion (siehe Kasten auf S. 62). Zeitgleich zu diesem Prozess laufen von den sensorischen Organen der Muskeln Nervensignale über das Rückenmark zur Großhirnrinde, um die genaue Position des Körpers innerhalb des Raums zu übermitteln.

Subkortikale, also unbewusste Erregungskreisläufe des Kleinhirns und der Basalganglien im Inneren des Gehirns helfen dabei mit, die motorischen Befehle zu aktualisieren und für die Feinabstimmung unserer Bewegungen zu sorgen. Trotz all dieses Wissens war bisher nicht bekannt, ob die beschriebenen neuronalen Mechanismen genauso auch bei graziösen Bewegungen wie beispielsweise einer Pirouette ablaufen.

Wie dreht man eine Pirouette?

Dieser Frage gingen wir nach. Zusammen mit unserem Kollegen Michael J. Martinez von der University of Texas in San Antonio untersuchten wir erstmals das Gehirn mit bildgebenden Verfahren, während die Versuchspersonen Tanzbewegungen ausführten. Als Testpersonen wählten wir Amateur-Tangotänzer. Mit Hilfe der Positronenemissionstomografie (PET) zeichneten wir die Hirnsignale von je fünf Männern und Frauen auf. Bei dieser Methode misst man Unterschiede des Blutflusses, der sich als Folge variabler Hirnaktivität lau-

fend verändert. Wird ein bestimmter Bereich stärker durchblutet, nehmen die Forscher an, dass dort auch mehr Nervenzellen aktiviert wurden.

Unsere Versuchspersonen lagen flach in der Röhre des Scanners. Ihr Kopf war fixiert, sie konnten jedoch ihre Beine bewegen und die Füße an einer geneigten Oberfläche entlangschieben (siehe Kasten auf S. 63). Über Kopfhörer hörten die Probanden Tangomusik. Wir baten sie, zunächst im Rhythmus der Musik einen so genannten Box-Schritt auszuführen, der im argentinischen Tango auf den Salida-Grundschrift zurückgeht. Danach folgte ein Versuch, in dem die Tänzer zur Musik die Beinmuskeln zwar an- und entspannen, sie aber nicht tatsächlich bewegen sollten. Bei der Analyse subtrahierten wir diese Daten von den vorherigen, bei der die Testpersonen »richtig« getanzt hatten. Dadurch konnten wir die Hirnbereiche lokalisieren, welche beim Tanzen die Beine durch den Raum dirigieren, und dafür die spezifischen Bewegungsmuster erstellen.

Wie erwartet, schieden durch dieses Verfahren viele der grundlegenden motorischen Hirnareale bereits aus. Übrig blieb der Teil des Scheitellappens, der bei Menschen und Säugtieren bei der räumlichen Wahrnehmung und der Orientierung eine besondere Rolle spielt.

Der Tanz ist eine der am stärksten synchronisierten Bewegungsformen des Menschen. Neurowissenschaftler wollen enträtseln, wie und vor allem warum wir tanzen.

► Diesen Artikel können Sie als Audiodatei beziehen; siehe www.spektrum.de/audio

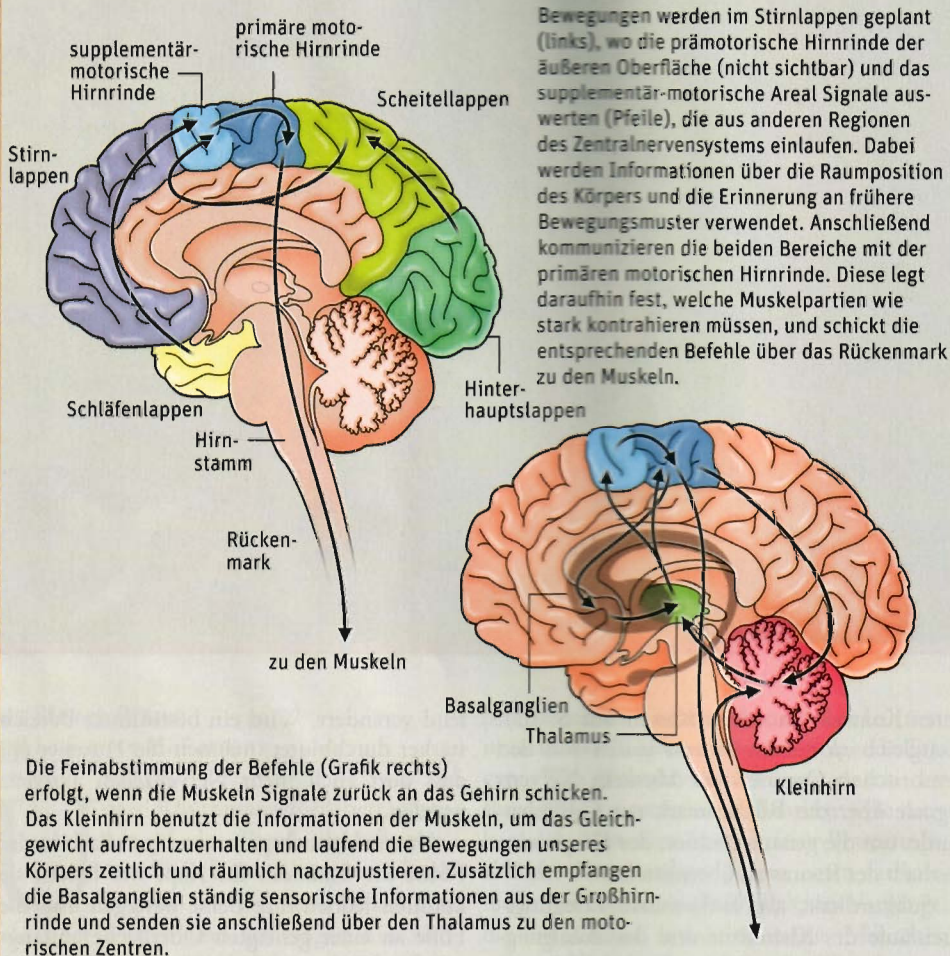
AUFREIZENDER TANGO

Die Physiotherapeuten Gammon M. Earhart und Madeleine E. Hackney von der Washington University School of Medicine in St. Louis entdeckten 2007, wie Parkinsonpatienten durch Tangotänzen ihr Bewegungsvermögen verbessern können. Bei der Parkinsonkrankheit sterben in einer bestimmten subkortikalen Struktur, den Basalganglien, Nervenzellen ab. Das unterbricht bestimmte Informationswege zur motorischen Großhirnrinde. Als Folge leiden die Betroffenen unter **Zittern und Unbeweglichkeit** und haben Schwierigkeiten, geplante Bewegungen auszuführen. Die Forscher fanden heraus, dass die Versuchspersonen nach 20 Tangostunden weniger oft in der Bewegung »einfroren«. Im Gegensatz zu Testpersonen, die stattdessen 20 konventionelle Gymnastikstunden absolviert hatten, zeigten die »Tangotänzer« eine bessere Gleichgewichtskontrolle. Darüber hinaus erreichten sie mehr Punkte beim sogenannten Steh-auf-und-Geh-Test, ein Maß für das Stolperisiko einer Person.



[DIE GRUNDLAGEN] BEWEGUNGSZENTREN DES GEHIRNS

Um Hirnbereiche zu identifizieren, die beim Tanzen beteiligt sind, hilft es, zunächst die Areele zu erkennen, die für sonstige willkürliche Bewegungen verantwortlich sind. Die Grafiken zeigen ein vereinfachtes Schema der zuständigen Nervenbahnen.



Beim Tanzen erfahren wir den Raum hauptsächlich über den Bewegungssinn: Selbst mit geschlossenen Augen kennen wir immer die Lage des Rumpfes und unserer Gliedmaßen. Verantwortlich dafür sind die sensorischen Organe unserer Muskeln. Sie übermitteln dem Gehirn die Drehung jedes Gelenks und die Spannung jedes einzelnen Muskels. Aus diesen Informationen erzeugt das Hirn eine strukturierte Darstellung des Körpers. Mit unseren Experimenten konnten wir zeigen, dass dabei vor allem der Praecuneus stark aktiviert wird, ein bestimmter Bereich des Scheitellappens. Er liegt dicht neben der Kortexzone, welche die Bewegung der Beine koordiniert. Unserer Ansicht nach enthält der Praecuneus eine kinästhetische Karte, anhand derer jeder die Raumposition seiner Körperteile erfasst, während er sich durch die Umgebung bewegt. Diese Hirnregion ist daran beteiligt, den Weg aufzuzeich-

nen, egal, ob man nun einen Walzer tanzt oder einfach nur eine gerade Linie entlanggeht. Die Sichtweise dabei ist körperbezogen oder auch »egozentrisch«.

In weiteren Versuchen ließen wir unsere Testpersonen Tangoschritte ausführen, ohne ihnen Musik vorzuspielen. Anschließend verglichen wir diese Ergebnisse mit den »richtigen« Tanzaufnahmen. Diesmal wollten wir diejenigen Hirnbereiche ausschließen, die bei beiden Aufgaben aktiv waren. Dadurch hofften wir, Areele zu identifizieren, die verantwortlich dafür sind, die Bewegung auf die Musik abzustimmen, also Musik und Muskelbewegungen zu synchronisieren. Wiederum ließen sich durch diese Subtraktion fast alle motorischen Hirnareale eliminieren. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden Versuchsreihen lag im hinteren Wurm (Vermis), dem Teil des Kleinhirns, der die Signale vom

Rückenmark empfängt. Zwar war der hintere Wurm mit und ohne Musik aktiviert, jedoch in Anwesenheit von Musik deutlich stärker, als wenn die Tanzschritte allein selbstbestimmt ausgeführt wurden.

Trotz der Vorläufigkeit unserer Ergebnisse stützen sie doch unsere Hypothese, dass der hintere Wurm als Zeitmesser fungieren könnte. Darauf deuten auch andere Studien zu rhythmischem Klopfen mit den Fingern hin. Tatsächlich besitzt die besagte Region alle notwendigen Voraussetzungen eines guten neuronalen Metronoms: Viele Eingangssignale des auditorischen, visuellen und somatosensorischen Systems treffen hier ein. (Das ist notwendig, um die Bewegungen auf eine Vielzahl von verschiedenen Reizen wie Töne, Lichtblitze oder Berührungen abstimmen zu können.) Dieser Bereich bündelt Repräsentationen aller Bewegungen des Körpers. So kann sich die Aktivität der Nervenzellen unterschiedlichen Geschwindigkeiten anpassen.

Unerwartet lieferte die zweite Versuchsreihe auch eine Erklärung für unsere natürliche Neigung, die Füße unbewusst im Takt mit der Musik zu bewegen. Beim Vergleich der Test-

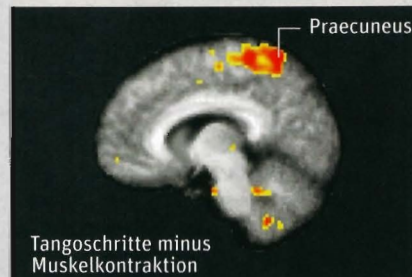
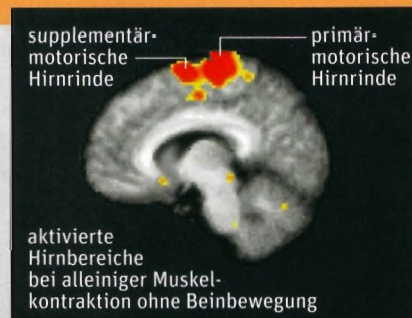
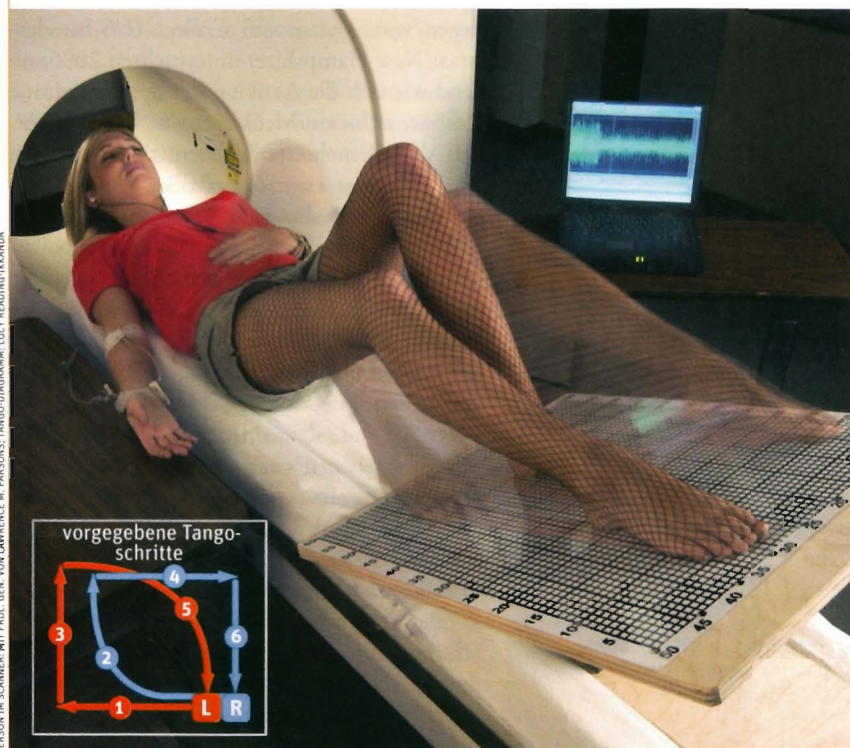
ergebnisse mit und ohne Musik stießen wir auf eine untergeordnete Struktur innerhalb des auditorischen Signalwegs, den mittleren Kniehöcker (Corpus geniculatum mediale, kurz CGM). Die subkortikale Struktur leuchtete in unseren PET-Bildern nur bei den Tanzaufnahmen mit Musik auf. Zunächst dachten wir, das läge eben am auditiven Reiz der Musik. Das konnten wir jedoch durch eine zweite Serie von Kontrollaufnahmen ausschließen. Hörten die Versuchspersonen lediglich Musik, ohne ihre Füße zu bewegen, beobachteten wir im mittleren Kniehöcker keine Änderung der Durchblutung.

Der unbewusste Weg zum Tanz

Wir folgerten, dass die Aktivität im CGM nicht bei einfachem Zuhören entsteht, sondern dass sie mit dem Synchronisieren von Musik und Bewegung zusammenhängt. Daraus entwickelten wir die Theorie des »unbewussten Wegs«: Wird ein Höreindruck von den Nervenzellen direkt an den potenziellen Zeitgeber im Kleinhirn geleitet und umgeht er dabei höhere Hörzentren, bewegen sich die Menschen, ohne es zu merken.

[VERSUCHSAUFBAU] RAFFINIERT BEINARBEIT

Für die Analyse der Hirnareale, die das Tanzen steuern, wurden mehrere Amateur-Tangotänzer gebeten, sich flach in einen PET(Positronenemissionstomografie)-Scanner zu legen. Die Köpfe der Probanden waren fixiert, sie konnten Tango-Musik über Kopfhörer hören und ihre Beine auf einer geeigneten Oberfläche frei bewegen.



In einem der Experimente wurde das Gehirn unter zwei verschiedenen Bedingungen gescannt. Einmal spannten die Versuchspersonen ihre Muskeln zwar im Rhythmus der Musik an, jedoch ohne die Beine tatsächlich zu bewegen. Zum anderen vollführten sie einen Tango-Grundschritt, den Box-Schritt (kleines Bild links unten). Dann subtrahierten die Forscher die Hirnaktivität bei der reinen Muskelkontraktion (kleines Bild oben) von der Aktivität beim Tangotanz. Übrig blieb ein leuchtender Bereich des Scheitellappens, fachlich Praecuneus genannt (kleines Bild unten).

HINSCANS AUS: STEVEN BROWN ET AL., THE NEURAL BASIS OF DANCE, IN: CEREBRAL CORTEX, 2006, BD. 16, NR. 8



GETTY

MIT BALLET BESSER IM GLEICHGEWICHT?

Roger W. Simmons der San Diego State University entdeckte, dass sich klassisch ausgebildete Balletttänzer nach dem Verlust des Gleichgewichts deutlich schneller wieder aufrichten als ungeübte Menschen. Ihre Muskeln und Nervenbahnen reagieren schneller auf die Störung.

Während wir Tanzbewegungen verfolgen und erleben, sind auch andere Teile des Gehirns beteiligt. Beatriz Calvo-Merino und Patrick Haggard vom University College London und ihre Kollegen haben untersucht, ob bestimmte Hirnareale vor allem dann aktiviert werden, wenn Menschen bei einem Tanz zusehen, den sie bereits selbst beherrschen. Sind also andere Gehirnbereiche beteiligt, wenn ein Balletttänzer sich einen Balletttanz anschaut, als wenn er zum Beispiel einer Capoeira-Darbietung zusieht (einer afrobrasilianischen Kampfkunst in Form eines Tanzes, die zu Musik aufgeführt wird)?

Um dies herauszufinden, führte die Arbeitsgruppe in London Versuche mit Balletttänzern, Capoeira-Tänzern und Laien durch. Die Probanden schauten sich einen dreisekündigen lautlosen Videofilm einer Ballett- oder einer Capoeira-Aufführung an. Gleichzeitig wurde ihre Hirnaktivität per Kernspintomografie aufgezeichnet. Die britischen Forscher konnten zeigen, dass Fachkenntnis einen wesentlichen Einfluss auf die Aktivität der prämotorischen Großhirnrinde hat. Die

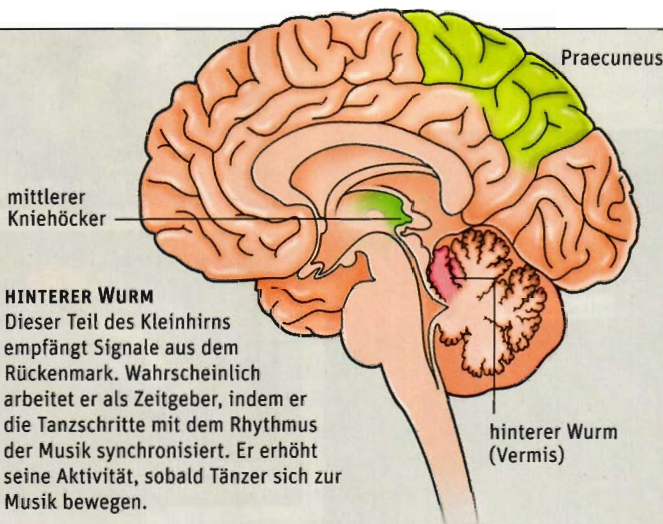
Nervenzellen wurden nur dann aktiviert, wenn die Versuchspersonen einem Tanz zusahen, den sie auch selbst beherrschten.

Andere Forschungsergebnisse liefern dafür eine mögliche Erklärung. Es gibt Hinweise, dass in der prämotorischen Hirnrinde so genannte Spiegelneurone vorkommen. Diese Nervenzellen feuern nicht nur, wenn wir eine bestimmte Handlung ausführen, sondern auch, wenn wir die gleiche Handlung bei jemand anderem beobachten. Den Spiegelneuronen wird eine bedeutende Funktion zugesprochen. Möglicherweise sind sie verantwortlich dafür, dass wir uns bestimmte Dinge vorstellen und dadurch Handlungen, aber auch Gefühle und Absichten anderer Menschen nachvollziehen können.

In weiteren Experimenten untersuchten Calvo-Merino und ihre Kollegen, ob sich in der Hirnaktivität auch die geschlechtsspezifische Rolle beim Tanzen widerspiegelt. Dazu betrachteten weibliche und männliche Balletttänzer Videoaufnahmen von Frauen oder Männern, die lediglich ihre geschlechtsbezogenen Schritte tanzten. Auch in diesem Fall war die prämotorische Hirnaktivität immer dann am stärksten ausgeprägt, wenn Männer und Frauen jeweils die Tänzer ihres eigenen Geschlechts bei den rollenzugehörigen Schritten beobachteten.

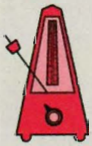
[ERGEBNISSE] GEISTIGE CHOREOGRAFIE

Folgende Hirnregionen übernehmen beim Tanzen Funktionen, die mehr sind als einfach Bewegungsabläufe.



HINTERER WURM

Dieser Teil des Kleinhirns empfängt Signale aus dem Rückenmark. Wahrscheinlich arbeitet er als Zeitgeber, indem er die Tanzschritte mit dem Rhythmus der Musik synchronisiert. Er erhöht seine Aktivität, sobald Tänzer sich zur Musik bewegen.



CORPUS GENICULATUM MEDIALE (MITTLERER KNIEHÖCKER)

Als eine Station der Nervenbahnen unseres Hörsystems ist es für unsere Neigung verantwortlich, uns zur Musik unbewusst hin- und herzuwiegen oder mit den Füßen den Takt zu klopfen. Das ist der Kern unseres Instinkts zu tanzen. Diese Bewegungen werden unbewusst gesteuert, da der mittlere Kniehöcker die Signale direkt zum hinteren Wurm weiterleitet, ohne mit übergeordneten Hörzentren der Hirnrinde zu »sprechen«.

PRAECUNEUS

Der Praecuneus enthält eine Karte unseres Körpers mit der sensomotorischen Information aller Muskeln. Er ist daran beteiligt, den Weg des Tänzers von einer körperbezogenen oder egozentrischen Perspektive aus zu planen.



Simulation im eigenen Geist

In der Tat lassen sich motorische Fähigkeiten nur dann neu erlernen, wenn man eine Bewegung im Geist simulieren kann. Die Neurologen Emily S. Cross, Scott T. Grafton und Kollegen vom Dartmouth College (US-Bundesstaat New Hampshire) untersuchten 2006, ob und wie sich die Aktivität der Spiegelneurone erhöht, wenn ein Mensch etwas Neues erlernt. Im Verlauf mehrerer Wochen studierten dazu einige Tänzer eine komplizierte Abfolge von Modern-Dance-Bewegungen ein. Wöchentlich zeichneten die Forscher Kernspintomografie-Aufnahmen der Tänzer auf, bei denen diese jeweils einen fünf Sekunden dauernden Film sahen.

Auf dem Video waren entweder die zu erlernenden Tanzschritte oder unbekannte Bewegungen zu sehen. Nach jeder Szene sollten die Tänzer beurteilen, wie gut sie die gezeigten Tanzschritte ihrer Ansicht nach selbst beherrschten. Das Ergebnis zeigte in Übereinstimmung mit den Erkenntnissen von Calvo-Merino und Kollegen, dass die neuronale Aktivität der präfrontalen Rinde während des Trainings deutlich zunahm. Darüber hinaus korrelierte die Hirnaktivität mit der eigenen Einschätzung der Testpersonen: Je mehr sie davon überzeugt waren, die gezeigten Schritte



Azteckische »Danzantes« (Tänzer) in Mexiko-Stadt tragen so genannte »Chachayotes« (oben), Beinrassel, die bei jedem Tanzschritt klappern. In vielen Kulturen befestigen Tänzer solche Objekte an ihrem Körper oder der Kleidung.

zu beherrschen, umso stärker war während des vorangegangenen Films auch die gemessene Hirnaktivität.

Die wesentliche Aussage dieser Studien: Während wir eine neue Bewegung erlernen, wird in unserem Gehirn nicht nur das direkte motorische System aktiviert, das die Muskeln kontrahiert. Tatsächlich benötigen wir ebenfalls ein neuronales System, das bereits erlernte Bewegungen des Körpers kennt und diese genau plant. Je perfekter wir ein bestimmtes motorisches Muster beherrschen, umso besser können wir es im Geist nachvollziehen und wahrscheinlich auch ausüben. Simulieren wir den Ablauf eines Tanzes, stellen wir uns diesen Prozess nicht nur visuell vor, sondern beziehen auch – so zeigen es unsere Experimente – unsere Bewegungen im Voraus mit ein.

Das löst auch die Frage: Warum tanzen Menschen überhaupt? Das ist bei diesem Thema für uns Neurowissenschaftler vielleicht das faszinierendste Problem. Tanz und Musik sind offensichtlich eng miteinander verknüpft. In vielen Beispielen werden beim Tanz auch Geräusche oder Klänge erzeugt. So bestücken aztekische Tänzer aus Mexiko-Stadt ihre Knöchel mit Samen des Ayoyotl-Baums, den so genannten Chachayotes, die bei jedem Schritt klappern. Auch in anderen Kulturen tragen Menschen Dinge an ihrer Kleidung oder ihrem Körper, die beim Tanzen Geräusche machen: Zapfen, Kastagnetten oder Perlen.

Darüber hinaus klatschen viele Tänzer während der Bewegung, schnippen mit den Fingern oder stampfen mit den Füßen. Daher vermuten wir, dass der Körper ursprünglich selbst als »Schlaginstrument« diente und die Menschen zunächst tanzten, um solche Töne zu erzeugen. Mit Tanz und Musik, insbesondere der Musik mit Schlaginstrumenten, sind

insofern zwei komplementäre Möglichkeiten entstanden, Rhythmus hervorzubringen. Die ersten Perkussionsinstrumente waren womöglich, ähnlich wie die aztekischen Chachayotes, einfache Accessoires beim Tanz.

Im Gegensatz zur Musik steckt im Tanz das Potenzial für anderes. Dabei konnten die Menschen schon immer etwas ausdrücken oder imitieren. Möglicherweise diente er ihnen ursprünglich auch als eine Art frühe Sprache. In der Tat ist der Tanz die Urform der Gebärdensprache. Bei unseren Bewegungsexperimenten registrieren wir jedes Mal eine neuronale Aktivität im Bereich der rechten Gehirnhälfte, der dem Broca-Areal auf der linken Seite entspricht. Das Broca-Zentrum ist Teil des Stirnlappens und spielt beim Sprechen eine wichtige Rolle.

Wie Forscher in den letzten Jahren entdeckten, enthält das Broca-Areal ebenfalls einen Bereich, in dem die Hände repräsentiert sind. Diese Entdeckung unterstützt die so genannte gestische Theorie der Sprachentstehung. Danach sollen Menschen zunächst mit Gesten miteinander kommuniziert haben, und daraus habe sich erst die Sprache entwickelt. Mit unseren Studien konnten wir jedenfalls zeigen, dass Beinbewegungen einen Hirnbereich der rechten Gehirnhälfte aktivieren, der homolog zum Broca-Areal ist. Das belegt für uns die These, dass Tanz ursprünglich als Kommunikationsform diente.

Wir hoffen, dass künftige neurobildgebende Untersuchungen neues Licht auf das Tanzen und seine Entwicklung werfen werden. Die Evolution des Tanzens ist eng mit der Entstehung von Sprache und Musik verknüpft. Wir verstehen diese Ausdrucksform als eine Kombination zwischen der darstellenden Fähigkeit der Sprache sowie der Rhythmik der Musik. <



Steven Brown (links) arbeitet als Direktor des NeuroArts-Labors in der Abteilung für Psychologie, Neurowissenschaften und Verhaltensbiologie der kanadischen McMaster University. Er forscht vor allem über die neuronalen Grundlagen menschlicher Kommunikation wie Sprache, Musik, Gestik, Tanz und Gefühle. **Lawrence M. Parsons** ist Professor für Psychologie an der University of Sheffield in England. Er untersucht die neurowissenschaftlichen Grundlagen beim Klavierspiel, Singen, bei der Harmonielehre, beim Dirigieren, bei der Musikimprovisation sowie beim Tanz.

Brown, S. et al.: The Neural Basis of Human Dance. In: Cerebral Cortex 16(8), S. 1157–1167, 2006.

Calvo-Merino, B. et al.: Action Observation and Acquired Motor Skills: An fMRI Study with Expert Dancers. In: Cerebral Cortex 15(8), S. 1243–1249, 2005.

Calvo-Merino, B. et al.: Seeing or Doing? Influence of Visual and Motor Familiarity in Action Observation. In: Current Biology 16(19), S. 1905–1910, 2006.

Weblinks zu diesem Thema finden Sie unter www.spektrum.de/artikel/1010646.