



Bewegung ohne Bewegung?

Bewegungsvorstellung in Feldenkrais und in der Neurowissenschaft

von Thomas Hassa

„Können
wir uns
unmögliche
Bewegungen
vorstellen?“

Foto: © pixabay 2013

Moshe Feldenkrais verwendete Bewegungsvorstellung in seinen Lektionen. Warum? Was war seine Absicht? Auch wenn wir vielleicht ungefähre oder auch vermeintlich präzise Antworten hierauf haben, gibt es weitere Fragen wie: In welcher Situation kann Bewegungsvorstellung eingesetzt werden, in welcher nicht? Ist es immer effektiver, Bewegungsvorstellung einzusetzen als ausgedrückte Bewegung? Wenn ja, warum machen wir es nicht häufiger? Wie konkret soll die vorgestellte Bewegung bereits vorbereitet sein? Worauf legen wir den Fokus, wenn wir mit Bewegungsvorstellung arbeiten? Haben wir denselben Rhythmus wie für ausgedrückte Bewegungen? Können *constraints* in Bewegungsvorstellung integriert werden? Können wir uns unmögliche Bewegungen vorstellen? Müssen wir uns nach vorgestellten Bewegungen ausruhen? Kann die Fähigkeit zu Bewegungsvorstellung trainiert werden? Zu welchem Zweck? Meint jeder mit Bewegungsvorstellung dasselbe? Wie genau muss die aktuelle Körperkonfiguration und

position mit der vorgestellten Bewegung übereinstimmen? Können wir uns im Liegen Tätigkeiten im Gehen vorstellen, in Rückenlage Bewegungen in Bauchlage? Was folgt daraus, wenn wir uns Bewegungen vorstellen, die weit von unserer aktuellen Körperposition entfernt sind? Kann das in bestimmten Situationen gewollt und effektiv sein? Kann Bewegungsvorstellung auch in dynamischen Kontexten angewendet werden? ...

Um diesen Artikel kurz zu halten, verwende ich im Weiteren für „Bewegungsvorstellung“ die Abkürzung des englischen „Motor imagery“, also *Mim*; das klingt auch hübscher.

Wenn man Fragen hat, kann es sinnvoll sein herauszufinden, was andere Leute über dieses Thema denken. Ich möchte nachfolgend darstellen, was die aktuelle Neurowissenschaft zu *Mim* zu sagen hat; und zwar nicht deshalb, weil nur die Neurowissenschaft uns die wahre *Mim* näherbringt – Wissenschaft und Wahrheit sind nun mal nicht deckungsgleich –, son-

dem weil wie im richtigen Leben die fremde Sicht auf ein eigenes Thema den Umgang damit erweitern kann. Und ich weiß sehr wohl, dass unser Umgang mit *Mim* bereits sehr viel differenzierter und filigraner ist als in anderen Disziplinen, z. B. der Sportwissenschaft oder der Rehamedizin.

Was sagt nun die Neurowissenschaft zu *Mim*? Nun, zunächst einmal ist *Mim* ein sehr alltäglicher Prozess. Marc Jeannerod, ein hervorragender, leider inzwischen verstorbener Neurowissenschaftler aus Lyon, hat 2001 in einer Veröffentlichung⁽¹⁾ die Zustände zusammengefasst, in denen das Gehirn über Bewegung nachdenkt, ohne dass es zu Bewegung kommt. Er nennt die Zustände *simulation states (S-states)* und hierzu zählen u. a.: Bewegungsplanung, Bewegungsvorstellung, Bewegungsbeobachtung, Bewegung in Träumen, Erkennen von Bewegungsabsichten, Voraussehen von Konsequenzen von Bewegungen, Voraussehen möglicher Bewegungen von mir/von anderen... Ohne auf diese *S-states* im Einzelnen einzugehen: es sind alltägliche, im Alltag hundertfach auftretende Prozesse, die ohne ein vorausgehendes Training und zum großen Teil unbewusst ablaufen, bei denen aber unser Gehirn auf eine sehr spezifische Form Bewegung verarbeitet, ohne dass Bewegung ausgedrückt wird.

Wo findet *Mim* im Gehirn statt?

Normale Bewegung wird (sehr vereinfacht) im Gehirn so organisiert: es entsteht eine Motivation zu einer Handlung (z. B. aus dem limbischen System oder unserem beurteilenden Präfrontalkortex), im Prämotorkortex (einem Areal, das vor dem primären Motorkortex liegt [Ort des Homunkulus]) erfolgt die Planung der Motorik; mit dem hinter dem primären Motorkortex gelegenen oberen Parietalkortex (zuständig u.a. für Raumverarbeitung) erfolgt ein Abgleich mit dem Außenraum, zusätzlich gibt es noch Rückkopplungsschleifen mit den Basalganglien, die u. a. die Tonusregulation steuern, und dem Kleinhirn sowie auch Rückkopplungen mit Regionen, die Wahrnehmungen aus anderen Kanälen (visuell) mit unserem Körperbild integriert (sekundäres sensorisches Areal und auch die *temporo-parietale junction*). Durch diesen gesamten Prozess wird die grobe Handlungsabsicht letztlich in die Motorsprache übersetzt, die die Muskeln verstehen. Und wenn das Motorprogramm entsprechend

angepasst ist, geht es zum primären Motorkortex und von dort über das Rückenmark zu den Muskeln. Die genannten Hirnareale werden zusammenfassend als Motornetzwerk bezeichnet.

Es gibt viele Studien, in denen mit funktioneller Kernspintomographie untersucht wurde, welche Hirnareale bei *Mim* aktiv sind.⁽²⁻⁴⁾ Das wesentliche Ergebnis ist: Unser Gehirn nutzt bei *Mim* dasselbe Motornetzwerk, das auch bei aktiver Bewegung aktiv ist. Fast immer ist der Prämotorkortex (Bewegungsplanung) und meist auch der obere Parietalkortex (Raumwahrnehmung) aktiv, teilweise – je nach Aufgabenstellung – auch der primäre Motorkortex. Genau wie im Motorkortex sind im Prämotorkortex wie in einer Landkarte die verschiedenen Körperregionen kodiert (=somatotope Gliederung, entspricht dem Homunkulus). Bei *Mim*, die z. B. das Gehen betrifft, findet man dann auch Aktivität im Beinareal des Prämotorkortex, d. h. auch für die *Mim* wird das spezifische Beinareal des Prämotorkortex genutzt,⁽⁵⁾ genau wie bei der Bewegungsplanung der ausgeführten Bewegung. *Mim* ist ein sehr konkreter Prozess, der hochspezifisch und anwendungsnah das Motornetzwerk nutzt; die interne Simulation der Bewegung ist somit sehr eng mit den Prozessen der ausgedrückten Motorik verknüpft und in manchen Aspekten kaum davon zu unterscheiden.

Nachgewiesene Effekte von *Mim*

Neben diesen lokalisatorischen fMRT-Ergebnissen liegen viele andere Studien vor, die die Effekte der *Mim* untersuchen. Hierbei zeigt sich z. B., dass *Mim* sehr spezifisch die Erregbarkeit im Motorkortex für die Muskeln steigert, die bei der vorgestellten Bewegung aktiv wären,⁽⁶⁾ d. h., obwohl keine Bewegung ausgedrückt wird, ändert sich im Motorkortex spezifisch das Erregungsniveau. Auch unser vegetatives System reagiert auf *Mim*: Wenn wir uns vorstellen zu gehen, steigt unwissentlich unsere Atemfrequenz an; je schneller die vorgestellte Gehgeschwindigkeit ist, desto schneller wird die Atmung.⁽⁷⁾ Dieser Effekt tritt auch schon bei der Beobachtung der Bewegung einer anderen Person zum Beispiel auf dem Laufband auf⁽⁸⁾ [wobei es eher eine Schutzbehauptung ist, wenn man glaubt Sport zu machen, indem man auf dem Sofa liegend ein Fußballspiel verfolgt]. Es gibt zwei Studien, die eine Zunahme von Muskelkraft allein durch *Mim*

„Wenn wir uns vorstellen zu gehen, steigt unwissentlich unsere Atemfrequenz an.“

nachgewiesen haben.⁽⁹⁻¹⁰⁾ Auch für die Dehnbarkeit und Flexibilität wurde das nachgewiesen.⁽¹¹⁾ Bewegungen, die durch *Mim* geübt werden, werden effizienter ausgeführt; auch ein Transfer dieser Verbesserung auf andere Bewegungen ist nachgewiesen worden.⁽¹²⁾ Zusätzlich hat sich gezeigt, dass die Fähigkeit zur Simulation von Bewegung für alle *s-states* genutzt wird: Wer eine gute *Mim* hat, zeigt auch bessere Leistungen, z. B. beim motorischen Lernen durch Beobachten.⁽¹³⁾

Wie wird *Mim* wissenschaftlich untersucht?

Für eine wissenschaftliche Studie müssen die Untersuchungsbedingungen sehr kontrollierbar sein. Wie kann man dies für einen inneren Prozess wie die *Mim* gewährleisten? Bereits Ende des letzten Jahrhunderts hat man entdeckt, dass es eine implizite *Mim* gibt, die unbewusst abläuft. Wenn man Versuchspersonen Bildern von linken und rechten Händen in sehr verschiedenen Positionen zeigt, stellt man fest, dass die Hände schnell und richtig als linke oder rechte Hand erkannt werden, wenn sie der Position unserer eigenen Hände gleichen.⁽¹⁴⁾ Je mehr der Winkel der gezeigten Hände hiervon abweicht bis zu unnatürlichen Positionen, desto länger braucht die Versuchsperson, um die Frage zu beantworten⁽¹⁵⁾ und desto mehr Fehler werden gemacht. Um die Entscheidung „rechte Hand?/linke Hand?“ treffen zu können, müssen wir die präsentierten Hände im Geist drehen, bis sie zu unserem Körperbild passen; und diese mentale Drehung dauert genauso lange, wie wir benötigen, um unsere eigene Hand aus einer ungewohnten Position in die gewohnte Position zu drehen. Diese mentale Drehung entspricht einer impliziten *Mim* (implizit, weil unbewusst, aber notwendig für den Prozess); hierbei werden die realen biomechanischen Einschränkungen eingehalten und die Zeiten zur Aus-

führung einer vorgestellten und einer real durchgeführten Handlung sind gleich (Isochronie)⁽¹⁶⁾.

Wie stelle ich mir Bewegung vor?

Bewegung kann ich mir entweder kinästhetisch oder visuell vorstellen. Bei der kinästhetischen *Mim* stellen wir uns die mit einer Bewegung verbundenen Körpersignale vor, bzw. die Änderung dieser Körpersignale (v. a. Propriozeption) durch die Bewegung. Die visuelle *Mim* lässt ein inneres Video ablaufen, das in der 1.-Person-Perspektive eigene Bewegungen abbildet oder in der 3.-Person-Perspektive die Bewegung anderer simuliert. Wir sind in der Feldenkrais-Welt sehr mit der kinästhetischen *Mim* vertraut, und das aus gutem Grund. Wir sollten aber nicht vergessen, dass viele unserer Schüler eher mit der visuellen *Mim* vertraut sind und somit visuell arbeiten – teilweise sogar in der 3.-Person-Perspektive –, wenn in Feldenkrais-Stunden Bewegung in der Vorstellung angeboten wird. Wenn wir wollen, dass unsere Klienten kinästhetische *Mim* verwenden, müssen wir dies klar unterrichten. Diese beiden Arten der *Mim* lassen sich auch wissenschaftlich klar unterscheiden. Es ist in Studien nachgewiesen worden, dass nur bei der kinästhetischen *Mim* die Erregbarkeit des Motorkortex verändert wird, nicht aber durch die visuelle Imagination.⁽¹⁷⁾ Auch nutzen die beiden unterschiedlichen Arten der Imagination verschiedene Hirnareale;⁽¹⁸⁾ es sind klar voneinander abgegrenzte neuronale Prozesse.

Auch wenn uns die kinästhetische *Mim* zunächst fruchtbarer erscheint: Es hat durchaus Sinn, sich mit der visuellen *Mim* auseinanderzusetzen und diese ggf. unter klaren Bedingungen in ATMs anzubieten. Es hilft dabei die Klienten zu verstehen, die zunächst einmal nur die visuelle *Mim* verfügbar haben. Auch hat die visuelle *Mim* durchaus andere Effekte. Zudem kann sie aus anderer Perspektive unsere Fähigkeit schulen, eine visuelle Bewegungsbeobachtung in eigene Körperwahrnehmung zu übersetzen – eine hilfreiche Fähigkeit, um ATMs zu unterrichten.

Welche Bedingungen modulieren die *Mim*?

In einer Studie wurde 2011 untersucht, welchen Einfluss die komplette Anästhesie der Hand auf die mentale Repräsentation bzw. auf die implizite *Mim* hat;⁽¹⁹⁾ gesunde Probanden erhielten eine Plexusanästhesie eines Armes und sollten während der Anästhesie Bilder von Händen als rechts oder links zuordnen. Es zeigte sich, dass bei Anästhesie des rechten Armes die entsprechenden Bilder der rechten Hand nur langsa-

ÜBER DEN AUTOR



Dr. Thomas Hassa wurde bei Mia Segal in Nijmegen in den Niederlanden von 1996 bis 1999 zum Feldenkrais-Lehrer ausgebildet. Er hält Vorträge zu Neurowissenschaft und Feldenkrais u. a. in Ausbildungen und betreibt eine eigene Feldenkrais-Praxis in Radolfzell am Bodensee. Seit 1998 ist er Facharzt für Neurologie und über 17 Jahre in der neurologischen Rehabilitation als Arzt tätig, davon über acht Jahre als Oberarzt. Zusätzlich über zehn Jahre begleitende Forschung in der Neurowissenschaft mit entsprechenden internationalen Publikationen und Kongressvorträgen zu den Themen Neglect, Spiegelneuronensystem, Konversionsparese.

Seine Website: <http://www.aufrecht-gehen.de/>

mer und mit höherer Fehlerrate zugeordnet werden konnten. Das heißt bei impliziter *Mim* greift unser System immer auf die aktuelle Körperkonfiguration zurück; und wenn wie zum Beispiel durch eine Anästhesie unsere Rezeptoren keine Rückmeldung geben und unser Körperbild dort ein momentanes Loch hat, dann ist auch die *Mim* für diesen Bereich eingeschränkt. Erstaunlicherweise war in der Studie der Effekt der Anästhesie reversibel, wenn die Versuchsteilnehmer ihre anästhesierte Hand ansehen konnten. Die visuelle Rückkopplung konnte offensichtlich das Körperbild ausreichend stimulieren, damit implizite *Mim* im Normaltempo stattfinden konnte. Eine andere Interpretation könnte auch sein,

dass die Versuchsteilnehmer schnell lernten, die Frage nach rechter/linker Hand einfach durch einen Abgleich der visuellen Bilder und nicht unter Verwendung der eigenen Körpersignale zu lösen.

Auf jeden Fall scheinen sensorische Prozesse für *Mim* essentiell zu sein. In der Neurowissenschaft nennt man dies einen *bottom-up*-Prozess; d. h. nicht die Zentrale denkt sich etwas aus und gibt ihre Instruktionen *top-down* in die Peripherie, sondern aus den in der Peripherie generierten Körpersignalen entsteht in der Zentrale eine neue Idee. Neurowissenschaftler lieben es, über diese hierarchischen Prozesse nachzudenken. Und es gibt weitere Studien, die die Interaktion zwischen Körpersignalen und *Mim*

LITERATUR

1. Jeannerod M. Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition. *NeuroImage*. 2001;14 (1 Pt 2):103-109.
2. Hanakawa T, Dimyan MA, Hallett M. Motor planning, imagery, and execution in the distributed motor network: a time-course study with functional MRI. *Cerebral cortex (New York, N.Y.: 1991)*. 2008;18(12):2775-2788.
3. Hetu S, Gregoire M, Saimpont A, et al. The neural network of motor imagery: an ALE meta-analysis. *Neuroscience and biobehavioral reviews*. 2013;37(5):930-949.
4. Szameitat AJ, Shen S, Conforto A, Sterr A. Cortical activation during executed, imagined, observed, and passive wrist movements in healthy volunteers and stroke patients. *NeuroImage*. 2012;62(1):266-280.
5. Buccino G, Binkofski F, Fink GR, et al. Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: an fMRI study. *The European journal of neuroscience*. 2001;13(2):400-404.
6. Fadiga L, Buccino G, Craighero L, Fogassi L, Gallese V, Pavesi G. Corticospinal excitability is specifically modulated by motor imagery: a magnetic stimulation study. *Neuropsychologia*. 1999;37(2):147-158.
7. Decety J, Jeannerod M, Germain M, Pastene J. Vegetative response during imagined movement is proportional to mental effort. *Behavioural brain research*. 1991;42(1):1-5.
8. Paccalin C, Jeannerod M. Changes in breathing during observation of effortful actions. *Brain research*. 2000;862(1-2):194-200.
9. Ranganathan VK, Siemionow V, Liu JZ, Sahgal V, Yue GH. From mental power to muscle power—gaining strength by using the mind. *Neuropsychologia*. 2004;42(7):944-956.
10. Yue G, Cole KJ. Strength increases from the motor program: comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. *Journal of neurophysiology*. 1992;67(5):1114-1123.
11. Guillot A, Tolleron C, Collet C. Does motor imagery enhance stretching and flexibility? *Journal of sports sciences*. 2010;28(3):291-298.
12. Debarnot U, Valenza G, Champely S, Scilingo EP, De Rossi D, Guillot A. Motor imagery effectiveness for mirror reversed movements. *Cognitive, affective & behavioral neuroscience*. 2011;11(1):22-31.
13. Lawrence G, Callow N, Roberts R. Watch me if you can: imagery ability moderates observational learning effectiveness. *Frontiers in human neuroscience*. 2013;7:522.
14. Parsons LM. Imagined spatial transformations of one's hands and feet. *Cognitive psychology*. 1987;19(2):178-241.
15. Johnson SH. Thinking ahead: the case for motor imagery in prospective judgements of prehension. *Cognition*. 2000;74(1):33-70.
16. Sirigu A, Cohen L, Duhamel JR, et al. Congruent unilateral impairments for real and imagined hand movements. *Neuroreport*. 1995;6(7):997-1001.
17. Stinear CM, Byblow WD, Steyvers M, Levin O, Swinnen SP. Kinesthetic, but not visual, motor imagery modulates corticomotor excitability. *Experimental brain research*. 2006;168(1-2):157-164.
18. Solodkin A, Hlustik P, Chen EE, Small SL. Fine modulation in network activation during motor execution and motor imagery. *Cerebral cortex (New York, N.Y.: 1991)*. 2004;14(11):1246-1255.
19. Silva S, Loubinoux I, Olivier M, et al. Impaired visual hand recognition in preoperative patients during brachial plexus anesthesia: importance of peripheral neural input for mental representation of the hand. *Anesthesiology*. 2011;114(1):126-134.
20. Burrack A, Brugger P. Individual differences in susceptibility to experimentally induced phantom sensations. *Body image*. 2005;2(3):307-313.
21. Naito E, Kochiyama T, Kitada R, et al. Internally simulated movement sensations during motor imagery activate cortical motor areas and the cerebellum. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*. 2002;22(9):3683-3691.
22. Thyriou C, Roll JP. Perceptual integration of illusory and imagined kinesthetic images. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*. 2009;29(26):8483-8492.
23. Guillot A, Moschberger K, Collet C. Coupling movement with imagery as a new perspective for motor imagery practice. *Behavioral and brain functions: BBF*. 2013;9:8.

beleuchten. Wenn ich eine Stimmgabel oder einen Vibrator, die in einer Frequenz von 80 Hz schwingen, auf eine Muskelsehne aufsetze, gebe ich meinem Nervensystem die Illusion, der Muskel wird länger; d. h. ein Vibrationsreiz auf die Bizepssehne bei gebeugtem Arm gibt mir die Wahrnehmung, dass der Arm gestreckt wird und die Hand sich entfernt, obwohl keinerlei Bewegung stattfindet.⁽²⁰⁾ Wenn ich nun meine Hand mit gebeugtem Arm auf den Tisch lege, den Vibrationsreiz ansetze und mir gleichzeitig eine Bewegung der Hand nach links vorstelle, erlebe ich eine Bewegung der Hand, die gleichzeitig nach vorn und links, also nach schräg links vorn geht.^(21–22) Hier mischen sich also *bottom-up*- und *top-down*-Prozesse, dass es eine Freude ist – ein Durcheinander wie im richtigen Leben (oder anders betrachtet: eine wunderbare Durchdringung von innen und außen). Einen anderen Zugang wählte eine Studie aus Lyon;⁽²³⁾ zwei

Gruppen von Hochspringern übten mittels *Mim* den Bewegungsablauf des Hochsprungs: Anlauf, Absprung, Flugphase, Landung. Die eine Gruppe verwendete *Mim* ohne äußere Bewegung, die andere Gruppe führte simultan zur *Mim* die entsprechenden Bewegungen der Arme aus, verwendete somit eine dynamische Bedingung. Die Ergebnisse der Gruppe mit dynamischer Bedingung waren nach dem Training besser: Die Zeitspannen während *Mim* und realem Sprung waren identischer, also das Timing besser, und die realen Sprünge waren in der dynamischen Gruppe qualitativ und technisch besser.

Zusammenfassung

Darauf verzichte ich: Die Daten sind genannt und ich vertraue darauf, dass Schlussfolgerungen und weitergehende Fragen im Gehirn der Leserin und des Lesers entstehen. ■

Bewegung in der Vorstellung

Nachfragen und Beobachtungen zum Vortrag von Thomas Hassa

von Liane von Beesten

Am 14. Mai 2015 hielt der Feldenkrais-Kollege und Neurologe Dr. Thomas Hassa auf Einladung des Fördervereins für Feldenkrais und somatisches Lernen e. V. im Hans-Siebert-Haus in München einen Vortrag zum Thema „Vorstellung ist Bewegung?“. Während ich seinen Worten zuhörte, tauchten immer mehr Fragen bei mir auf.

Thomas Hassas Vortrag über das Nervensystem war für mich nicht neu. Alles, worüber er berichtete, hatte ich im Laufe meiner 18-jährigen Feldenkrais-Erfahrung schon einmal gelesen oder gehört oder mich sogar, wie im *Graduate Program* von Ulla Schläfke und Roger Russell, intensiver damit auseinandergesetzt. Ich empfand seinen Vortrag als sehr interessante, schöne und gut erklärte Zusammenfassung des Themas, sodass ich seinen Geschichten sehr gespannt zuhören konnte. Es waren gut über hundert Leute gekommen, die Organisatoren Claus-Jürgen

Kocka und Herbert Hollesch waren überrascht angesichts des großen Andrangs und hatten alle Hände voll zu tun, um ausreichend Stühle zu organisieren. Die meisten Besucher kamen aus der Feldenkrais-Welt, das Interesse am Thema „Feldenkrais und die Auswirkungen auf das Nervensystem“ scheint also sehr groß zu sein.

Ein Punkt, den Thomas Hassa erwähnte und der für uns Feldenkrais-Praktizierende und unsere Arbeit ein sehr wichtiger Punkt ist, brachte meinen entspannten Zuhörerfluss ins Stocken. Thomas sagte sinngemäß: Wenn ich eine Bewegung für jemand anderen ausführe (er meinte, zum Beispiel nehme ich die Hand einer Person und führe die Hand nach vorne, um eine Tasse zu greifen, wenn die Person es selbst nicht tun kann wie z. B. bei einem Schlaganfall), dann hat das die gleiche Auswirkung im Gehirn, es werden die gleichen Gehirnareale aktiviert wie bei jemandem, der die