

Neuro Rehabil 2009; 15 (4): 234–241

# Mentales Training und Lernen durch Bewegungsbeobachtung

Ch. Dettmers<sup>1</sup>, V. Nedelko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kliniken Schmieder Konstanz und <sup>2</sup>Allensbach

## Zusammenfassung

Mentales Training umfasst in der neurologischen Rehabilitation vor allem das Üben mittels Bewegungsvorstellung. Im weiteren Sinne werden auch Spiegeltraining und das Videotraining hinzugerechnet, die aber zusätzlich sensorische und/oder visuelle und auch teilweise aktive motorische Komponenten beinhalten. Diese Trainingsarten stützen sich auf aktuelle neurowissenschaftliche Konzepte zu den Spiegelneuronen und der Tatsache, dass die Repräsentationssysteme für die Bewegungsvorstellung stark mit denen für die Bewegungsausführung überlappen. Die aktuelle Fähigkeit zur Bewegungsvorstellung wird bei Patienten mit Schlaganfall selten erfasst. Dies ist bei Gesunden möglich mittels Fragebögen und Selbsteinschätzung, chronometrischen Tests und Testaufgaben, die mit mentaler Rotation von Handstellungen zu tun haben. Inwieweit dieses Vorstellungsvermögen bei Patienten nach Infarkten erhalten ist, wird unterschiedlich eingeschätzt und ist vermutlich tatsächlich auch individuell unterschiedlich. Bewegungsvorstellung aktiviert nicht nur die gesunde, sondern auch die infarzierte Hemisphäre. Kleine kontrollierte, randomisierte Studien sprechen für eine klinische Wirksamkeit des Trainings mittels Bewegungsvorstellung. Auch das Spiegeltraining ist durch randomisierte, kontrollierte Studien belegt. Videotraining ist bisher weniger gut belegt, ergänzt das Behandlungsrepertoire vermutlich vor allem bei leichter ausgeprägten Paresen als das Spiegeltraining und ist vermutlich auch gut für häusliches Eigentraining geeignet.

**Schlüsselwörter:** Mentales Training, Videotraining, Bewegungsbeobachtung, Bewegungsvorstellung, Spiegelneurone, Schlaganfall

## Mental training by motor imagery and motor observation

Ch. Dettmers, V. Nedelko

### Abstract

Mental training in neurorehabilitation covers different approaches like motor imagery, mirror therapy and video-therapy. Their neuronal representations are very similar and overlap with those structures responsible for motor control during execution. There are some descriptions which explore patients' capacity for imagery after suffering from infarcts with contrasting results. Capacity of stroke patients for motor imagery is not assessed routinely, but there are some options to do so: questionnaires are probably not very good indicators. Other tests use the effects of chronometry or mental rotation tasks. Our own fMRI investigations show, that the affected hemisphere in stroke patients is stimulated by observation as well as by imagery. A few randomized controlled trials advocate the effectiveness of motor imagery in stroke rehabilitation. There are some randomized controlled trials using mirror therapy. There is less evidence for the effectiveness of video therapy, which might be very suitable for home-based training.

**Key words:** motor imagery, motor observation, mirror neurons, video-training, stroke, rehabilitation, mental training

© Hippocampus Verlag 2009

## Begriffsbestimmung des mentalen Trainings

Bewegungsbeobachtung, Bewegungsplanung oder -vorbereitung, Verbalisierung von Bewegung und Bewegungsvor-

stellung (motor imagery) lassen sich dem mentalen Training zurechnen. Sie teilen die Eigenschaft, dass es nicht zu Bewegungseffekten kommt [9]. Jeannerod [28] hatte sie unter dem Begriff der Bewegungssimulation (S-states)

zusammengefasst. Bewegungsvorstellung beinhaltet die Aktivierung der mentalen Repräsentationen der Bewegung ohne ihre Ausführung. Die motorische Kontrolle arbeitet »off-line« [24]. Die Repräsentation der Bewegung ist intern innerhalb des Arbeitsgedächtnisses reproduziert, ohne dass es zu einem Bewegungseffekt kommt [38, 39]. Bewegungsvorstellung repräsentiert das Ergebnis des bewussten Zugangs zum Inhalt einer Bewegungsabsicht, die normalerweise unbewusst während der Bewegungsvorbereitung erfolgt. Bewegungsvorstellung und Bewegungsvorbereitung teilen gemeinsame Mechanismen und sind funktionell ähnlich [36]. Zentrale Kontrollen für die Bewegungsvorstellung und die Bewegungsausführung überlappen sich zum großen Teil [22, 55]. Während der Bewegungsvorstellung wird jedoch die Ausführung der Bewegung unterdrückt. Hinsichtlich der Bewegungsvorstellung unterscheidet man die kinästhetische Bewegungsvorstellung, d.h. wie sich eine Bewegung anfühlt, und stellt ihr die visuelle Bewegungsvorstellung gegenüber, d.h. wie der Bewegungsablauf aussieht. Meistens wird dies gleichgesetzt mit der Bewegungsvorstellung aus der Ich-Perspektive und aus der Perspektive der 3. Person. Dies muss jedoch nicht so sein. Auch die visuelle Vorstellung kann man vermutlich nicht nur von einer 3. Person entwickeln, sondern auch für sich selbst, d.h. man stellt sich vor, wie der eigene Bewegungsablauf aussieht, wenn man ihn von außen beobachtet. *Soldkin* et al. [54] haben auch für beide Arten der Vorstellung (kinästhetisch versus visuell) unterschiedliche anatomische Netzwerke vermutet. Kinästhetische Vorstellung führt zu einer Fazilitierung im primärmotorischen Kortex, visuelle Bewegungsvorstellung nicht [41].

### Bewegungsvorstellung in Sport und Musik

Aus dem Sporttraining ist es seit langem bekannt, dass Leistungssportler als akzeptierte Trainingsmethode auch das mentale Training nutzen [45]. Dabei gehen sie Bewegungssequenzen mental durch. Verschiedene Arbeiten zeigen, dass die Kombination von Üben mit mentalem Training leistungssteigernd wirken kann. Erstaunlicherweise lässt sich mittels mentalen Trainings auch die Kraft steigern, was so interpretiert wurde, dass die zentrale Verarbeitung oder der zentrale Zugriff durch Bewegungsvorstellung effektiver wird [67]. Die meisten Arbeiten beziehen sich dabei ursprünglich auf die Arbeit von *Feltz* und *Landers* [18]. Auch für Berufsmusiker ist mentales Training als effektive Übungsmethode akzeptiert. Inwieweit ein einzelner von dem mentalen Training profitiert, hängt vermutlich mit der individuellen Expertise zusammen und auch mit der Eigenschaft, ein guter oder schlechter »Vorsteller« zu sein (nach *Guillot* et al. [23]).

### Assessments

Bewegungsvorstellung entzieht sich unserer unmittelbaren Beobachtung und ist deshalb schwierig zu evaluieren. In den letzten Jahren wurde eine Reihe von Fragebögen evalu-

iert, die das Vorstellungsvermögen erfassen. Dabei wird in den Fragebögen zunehmend zwischen der kinästhetischen und der visuellen Vorstellung unterschieden. Die Fragen werden häufig mit Schulnoten von 1 bis 5 benotet. Dabei werden verschiedene Tätigkeiten abgefragt (z. B. *Vividness of Movement Imagery Questionnaire*, *Isaac* et al. [26]).

Ein indirekter Hinweis beruht auf dem Gesetz der Chronometrie. Dieses besagt, dass die Zeit, die man für die Vorstellung einer Tätigkeit benötigt, gut korreliert mit der Zeit, die für die reale Durchführung dieser Tätigkeit notwendig ist. Dies gilt allerdings nur für die kinästhetische Vorstellung, nicht für die visuelle Bewegungsvorstellung (*Milton* et al. 2008). Findet sich diese Korrelation zwischen der realen Durchführung und der Zeit für die Bewegungsvorstellung, muss man von einer guten oder intakten Bewegungsvorstellung ausgehen. Dabei wird das Vorstellungsvermögen explizit gefordert.

Implizierte Bewegungsvorstellung wird getestet, indem man Probanden Fingerstellungen präsentiert und fragt, ob dies eine rechte oder linke Hand darstellt. Ähnliche Aufgaben gibt es dafür, dass man eine Stange in verschiedenen Richtungen präsentiert und fragt, ob man diese Stange mit der rechten Hand besser mit dem Obergriff oder mit dem Untergriff erfassen kann [31]. Auch hierfür ist die Rotation der eigenen rechten Hand an die Stange notwendig. Weitere Tests wurden auch für Präzisions- und Spitzgriff und für Bewegungen im Schultergelenk entwickelt [31].

### Zentrale Strukturen für die Bewegungsvorstellung

Eine der ersten Arbeiten mittels Positronen-Emission-Tomographie wurde von *Stephan* 1994 zu diesem Thema veröffentlicht. Er bestätigte, dass sich die Strukturen für die Bewegungsausführung und Bewegungsvorstellung zum großen Teil überlappen. *Grèzes* und *Decety* [22] fassten in einer Übersichtsarbeit die Repräsentationen zusammen, die in die Bewegungsvorstellung involviert sind. Eine ähnliche Arbeit wurde 2009 auch noch einmal von *Munzert* beschrieben. *Piefke* et al. [49] kontrastierten Bewegungsvorstellung und Bewegungsbeobachtung.

Die wichtigsten Strukturen, die in die Bewegungsvorstellung involviert sind, sind vor allem der dorsale und ventrale prämotorische Kortex, der superiore und inferiore parietale Kortex, die supplementärmotorische Area (SMA), die Basalganglien und die Kleinhirnhemisphären. Bei der Bewegungsvorstellung sind vermutlich die SMA, Basalganglien und das Kleinhirn stärker aktiviert als bei der Beobachtung [22]. Zusätzlich muss es ein neuronales Korrelat für die Inhibition geben, damit es während der Vorstellung nicht tatsächlich zu einer Ausführung von Bewegung kommt. Bei der Bewegungsvorstellung handelt es sich offensichtlich um einen Top-Down-Prozess, der möglicherweise von der SMA oder dem prämotorischen oder präfrontalen Kortex ausgeht. Bei der Beobachtung handelt es sich um einen Bottom-up-Prozess, der von den visuellen Arealen ausgeht. Die Frage, inwieweit der primärmotorische Kortex (M1) involviert ist, hängt zum Teil von der Untersuchungsmethode ab. Ver-

schiedene Untersuchungen mittels transkranieller Magnetstimulation (TMS) fanden den Nachweis, dass M1 bei der Bewegungsvorstellung involviert ist [17]. Die meisten Untersuchungen mittels funktioneller Kernspintomographie fanden, dass die Aktivierung entweder nicht nachweisbar war, oder unerschwellig. In der Zusammenschau muss man annehmen, dass der primärmotorische Kortex während der Bewegungsvorstellung etwas, aber deutlich weniger als bei der Ausführung aktiviert wird.

### **Bewegungsvorstellung und motorisches Lernen**

Verschiedene Studien zeigen den Effekt von Bewegungsvorstellung hinsichtlich der verbesserten Performance bei der Ausführung dieser Bewegung. Dies konnte z. B. für Geschwindigkeit und Präzision einer Armbewegung gezeigt werden [20]. Der Effekt bei tatsächlichem, physischem Üben war größer als bei rein mentalem Training. Bemerkenswerterweise bestand eine Tendenz zur Generalisierung. Erstaunlicherweise konnte durch mentales Training auch ein Kraftzuwachs erreicht werden [67]. Hier war der Trainingseffekt am größten bei der Kombination von physischem und mentalem Training.

Eine Verbesserung der Kraft durch mentales Training wurde später bei Athleten reproduziert [19]. Sowohl die kinästhetische als auch die visuelle Bewegungsvorstellung werden zur Verbesserung von Bewegungsabläufen von Sportlern genutzt [41]. *Milton* et al. weisen darauf hin, dass Bewegungsvorstellungstraining vor allem dazu geeignet ist, bereits erlernte Bewegungsabfolgen zu verbessern [41]. Es ist vermutlich weniger dazu geeignet, Bewegungen de novo zu erlernen. Ähnliches hatten *Mulder* et al. [42] bereits für das Erlernen der Abduktionsbewegung der Großzehe gezeigt: Probanden, die dies von Anfang an konnten, konnten das Bewegungsausmaß durch Bewegungsvorstellung erweitern; nicht jedoch diejenigen, die dazu initial nicht in der Lage waren. Studien mittels TMS belegen die Reorganisation innerhalb des primärmotorischen Kortex [8]. Bildgebende Studien zeigen, dass es durch mentales Training zu ähnlichen Veränderungen der kortikalen Organisation kommen kann wie nach physischem Training [27].

### **Bewegungsvorstellung und autonomes Nervensystem**

Eine Reihe von Untersuchungen zeigen, dass es bei mentalem Training zu ähnlichen Veränderungen des autonomen Nervensystems kommen kann wie bei der realen Durchführung. Dies konnte für die Herz- und Atemfrequenz gezeigt werden und belegt erneut die enge Verbindung der neuronalen Verschaltung und Repräsentation für die Vorstellung und Ausführung von Bewegung [3].

### **Bewegungsvorstellung und Altern**

Überträgt man ein Trainingskonzept, das bisher bei jungen – häufig überdurchschnittlich geübten – Gesunden angewendet wurde, auf die Schlaganfallklientel, so stellt sich

zunächst die Frage, welche Veränderungen im Alter auftreten. Hierzu gibt es eine Reihe von Untersuchungen, die den Effekt des Alters auf die kognitive Leistungsfähigkeit untersucht haben [6], auf die Effekte der funktionellen Bildgebung [21] und auf das motorische System [58, 59; 60, 61]. Die meisten Untersuchungen sind sich darüber einig, dass im Alter mehr neuronale Kapazität erforderlich ist, um eine Aufgabe mit derselben Leistung (Performance) durchzuführen wie bei Jungen. Diesen Effekt konnten wir auch für das motorische System bei Gesunden bestätigen. Wir waren jedoch überrascht, dass wir diesen Effekt nicht für das Spiegelneuronensystem nachweisen konnten [63]. Das Spiegelneuronensystem ist offensichtlich hoch effizient, sodass es bei einfachen Aufgaben wie der Beobachtung einfacher Handbewegungen im Scanner keine kompensatorische Mehraktivierung im Alter benötigt. Dies könnte sich möglicherweise als Vorteil bei der Anwendung bei Schlaganfallpatienten erweisen.

### **Bewegungsvorstellung bei unterschiedlichen Krankheitsgruppen**

*Ramachandran* wendete die Bewegungsvorstellung bei Patienten mit Gliedmaßenamputation und Phantomschmerzen an [50]. Regelmäßiges Training der Bewegungsvorstellung mit der amputierten Gliedmaße führte dazu, dass die Phantomschmerzen reduziert wurden. Die Interpretation war, dass das »frei gewordene« kortikale Repräsentationsfeld der amputierten Gliedmaße enthemmt ist und sich dort Phantomsensationen aufschaukeln. Durch die erneute Nutzung im Rahmen der Bewegungsvorstellung lässt sich diese Enthemmung teilweise wieder rückgängig machen. Funktionelle kernspintomographische Untersuchungen bei Patienten mit Querschnittsläsionen erbrachten den Befund, dass diese Patienten eine sehr starke Aktivierung bei der Bewegungsvorstellung entwickeln [1]. Dies wurde so interpretiert, dass diese Patienten aufgrund der Durchtrennung der kortikospinalen Bahnen keine exekutiven Anteile des deszendierenden Systems hemmen müssen und dadurch die Aktivierung ungehemmt bzw. stärker ist als bei Gesunden. Möglicherweise wird ein Teil des exekutiven motorischen Systems zusätzlich aktiviert, das bei Gesunden eben während der Bewegungsvorstellung unterdrückt werden muss.

### **Bewegungsvorstellung nach Schlaganfall**

Obwohl mentales Training in neueren Übersichtsarbeiten für Schlaganfallpatienten häufig propagiert wird [4, 5, 12, 35, 43, 53], sind nur wenige Autoren der Frage präzise nachgegangen, ob sich Patienten nach einem Schlaganfall mit einer gelähmten Gliedmaße die Bewegungen überhaupt noch vorstellen können. Einzelfallberichte belegen, dass Patienten mit einer parietalen Läsion in ihrem Vorstellungsvermögen eingeschränkt sein können [31]. Auch können sie vermutlich weniger scharf zwischen kinästhetischer und visueller Bewegungsvorstellung differenzieren, sondern wenden eine »chaotische Bewegungsvorstellung« an (nach *Milton* [41]).

*Johnson et al.* [30] wiesen in einer Reihe von Untersuchungen nach, dass Patienten mit Schlaganfall bei impliziten Tests (Handerkennung, Obergriff/Untergriff etc.) genauso akkurat arbeiteten wie Gesunde und vergleichbare Reaktionszeiten hatten. Dies interpretierten sie so, dass sich diese Gruppe der Schlaganfallpatienten trotz ihrer hochgradigen Parese die Bewegung korrekt und zügig vorstellen konnten. Sie bezeichneten das als Dissoziation zwischen Vorstellung und Ausführung von Bewegung. Sie wiesen sogar einen geringfügigen Vorteil hinsichtlich Akkuratessse bei Patienten mit Handparese nach.

*Holmes* [24] weist darauf hin, dass die Effektivität von Bewegungsbeobachtungs- oder -vorstellungstraining bei Patienten mit Schlaganfall von zahlreichen Faktoren abhängen. So wird selten die Fähigkeit des Patienten getestet, inwieweit er nach dem Schlaganfall noch in der Lage ist, sich Bewegung vorzustellen. Motivation und Aufmerksamkeit sind wichtige Faktoren, die nach einem Infarkt das Vorstellungsvermögen reduzieren können. *Malouin* argumentiert, dass bei Patienten mit Schlaganfall das Arbeitsgedächtnis wichtig für das Vorstellungsvermögen sei [37]. Er hatte auch nachgewiesen, dass die Chronometrie gut geeignet ist, um das Vorstellungsvermögen von Patienten zu überprüfen.

### Was lässt sich bei Schlaganfallpatienten mittels Bewegungsvorstellung aktivieren?

Obwohl Bewegungsvorstellung als Rehabilitationsmaßnahme gerne propagiert wird, haben nur wenige Autoren sich die Mühe gemacht zu untersuchen, ob mentales Training bei Schlaganfallpatienten überhaupt zu einer Aktivierung führt. Zu den Untersuchern gehörte *Kimberley* [32]. Sie wies bei zehn Schlaganfallpatienten mittels funktioneller Kernspintomographie nach, dass die Bewegungsvorstellung vornehmlich im Bereich der gesunden Hemisphäre wirkt. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen *Stinear et al.* [56]. Auch sie gaben an, dass die Fazilitierung nur im Bereich der gesunden Hemisphäre auftritt und dies auch nur bei linkshemisphärischen Infarkten. Die Tatsache, dass der Effekt bei linkshemisphärischen Infarkten stärker ausgeprägt sein soll, mag zunächst überraschen. Man hatte ja zu Beginn vermutet, dass das Spiegelneuronen-System eher links lateralisiert sein könnte bzw. im Bereich der linken Hemisphäre stärker repräsentiert sein könnte. Ein linkshemisphärischer Ausfall könnte somit eher zum Zusammenbruch führen. Führt man diese Untersuchung jedoch bei Patienten mit Basalganglieninfarkten durch, könnte dies möglicherweise zu einer Enthemmung des kortikalen Spiegelneuronen-Systems führen. Möglicherweise hängt dies auch damit zusammen, dass bei linkshemisphärischen Infarkten – in der dominanten Hemisphäre – diese durch die gesunde rechte Hemisphäre weniger stark unterdrückt wird als bei rechtshemisphärischen Infarkten. Ein Ungleichgewicht der Hemisphären abhängig von der Dominanz hinsichtlich der transkallosalen Inhibition ist lange vermutet worden [10, 34] und mittlerweile gut belegt

[15] – auch in seiner Auswirkung auf die Infarkte [14, 33]. Beide Beobachtungen, dass die infarzierte Hemisphäre kaum aktiviert wird und dies auch nur bei linkshemisphärischen Infarkten, müssen kritisch überprüft werden, bevor Bewegungsvorstellung in größerem Umfang für Schlaganfallpatienten propagiert wird.

### Bewegungsvorstellung in der Therapie von Schlaganfallpatienten

*Weiss et al.* [62] gehörten zu den ersten Autoren, die den klinischen Effekt der Bewegungsvorstellung bei einer kleinen Gruppe von Patienten mit Schlaganfall überprüften. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass dies durchaus eine förderliche Methode in der Rehabilitation sein könne. Die Arbeitsgruppe von *Page* folgte dann mit mehreren Pilotversuchen, teilweise auch kleineren randomisierten Studien [47]. Darin wurden 32 chronische Patienten über Anzeigen angeworben und randomisiert behandelt, 2 x 30 Minuten pro Woche für insgesamt sechs Wochen. Die Interventionsgruppe übte mittels realer Handübungen und mentalem Training. Die Kontrollgruppe erhielt im selben Umfang Übungen in Kombination mit Entspannungstherapie. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass Bewegungsvorstellung in der Kombination mit Üben stärker rehabilitativ wirksam ist als das Üben allein (in Kombination mit Entspannung). Die Art der Rekrutierung lässt vermuten, dass die Patienten bezogen auf die Gesamtheit der Schlaganfallpatienten hochgradig selektiert waren. Insofern bestehen Zweifel, ob sich dies auf die Gesamtheit generalisieren lässt.

Das Training mittels Bewegungsvorstellung erscheint uns nicht einfach. Patienten müssen vermutlich hoch selektiert sein, um die erforderliche Motivation und Vorstellungsfähigkeit zu besitzen. Die Therapeuten müssen dementsprechend qualifiziert sein und Vorerfahrung mit mentalen Trainingsmethoden haben.

### Spiegeltherapie

*Altschuler* hatte das Behandlungsprinzip von *Ramachandran* von Patienten mit Phantomschmerzen auf Schlaganfallpatienten übertragen [2]. Ein Patient sitzt an einem Tisch. In der Sagittalebene ist auf dem Tisch ein Spiegel aufgestellt. Der Patient sitzt etwas versetzt zur gesunden Seite. Er bekommt die Aufgabe, mit der gesunden Hand einfache Tätigkeiten zu verrichten. Dabei sieht der Patient das Spiegelbild der gesunden Hand im Spiegel, was für ihn wie eine Bewegung der gelähmten Hand aussieht. In einer Variante dieses Trainings wird der gelähmte Arm synchron zur Bewegung des gesunden Arms von einer Therapeutin bewegt. Durch die Bewegung im Schultergelenk erhält der Patient auf der gelähmten Seite neben dem visuellen Feedback auch ein sensorisches Feedback. In einer weiteren Variante wird die Tätigkeit der gesunden Hand durch den Spiegel mittels Videokamera aufgenommen. Dabei fokussiert die Kamera im Großformat auf die gesunde Hand. Sieht der Patient sich hinterher die Aufnahme an, die spie-

gelbildlich zur Darstellung kommt, hat er den Eindruck, es handele sich um die gelähmte Hand. Auch dies hat einen sehr starken suggestiven Charakter. Eine Komponente dieses Trainings ist das visuelle Feedback, das einen stark fazilitierenden Effekt auf die Aktivierung oder den Abruf der Bewegungsmuster hat [7, 8]. Neben der ideengebenden Arbeit von *Altschuler* sind einige kleine Fallserien beschrieben worden [40]. Zuletzt sind randomisierte, kontrollierte Studien durchgeführt worden, die ebenfalls einen positiven Effekt auf die Hand- und Beinmotorik nachweisen konnten [13, 57, 66].

Grundlage dieser fazilitierenden Wirkung der visuellen Rückkopplung oder Imitation ist offensichtlich das Spiegelneuronensystem [8]. Dabei handelt es sich um ein Konzept, das vor allem von *Rizzolatti* entwickelt wurde und das besagt, dass Neurone für die Beobachtung, Imitation, Erkennung und gleichzeitig für die Ausführung der Handmotorik zuständig sind [52]. Diese Neuronenverbände liegen vor allem im ventralen Teil des prämotorischen Kortex und im unteren Anteil des parietalen Kortex. Dieses Konzept wurde mittlerweile auf das menschliche Gehirn übertragen. Wie jedes Modell hat es seine Grenzen. Es hat jedoch zu einer anregenden und inspirierenden Wirkung in der Neurorehabilitation geführt.

### Videotherapie

Neben der Spiegeltherapie ist auch das Videotraining neurowissenschaftlich auf dem Konzept der Spiegelneurone aufgebaut. *Binkofski* hat mit seinen Mitarbeitern in den letzten Jahren in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe aus Parma ein Training für Schlaganfallpatienten entwickelt. In einer Studie hat er dies evaluiert. Dabei haben chronische Schlaganfallpatienten über vier Wochen täglich 90 Minuten Training erhalten [16]. Sie mussten einfache motorische Aufgaben in einem Video konzentriert beobachten und die Handübungen anschließend mit der gelähmten Hand nachmachen. Nach dem Behandlungszeitraum zeigte sich eine Verbesserung der Funktionsfähigkeit der Hand. In einer begleitenden kernspintomographischen Untersuchung zeigten die Mitarbeiter, dass die Areale, die mit dem Spiegelneuronensystem assoziiert sind, nach dem Training durch motorische Videos vermehrt aktiviert werden. Damit erklärten sie den Zugewinn an Funktion.

Dies war für uns der Grund, in Zusammenarbeit mit Herrn *Binkofski* das Videotraining bei Schlaganfallpatienten weiter zu entwickeln. Es wurden 45 Handtätigkeiten unterschiedlichen Schweregrades mittels Videokamera von Ergotherapeuten und Physiotherapeuten aufgenommen. Dabei handelt es sich zum Teil um sehr schwierige feinmotorische Tätigkeiten, z. B. Münzen einzeln aus der Hand auf den Tisch legen und sie anschließend einzeln wieder aufheben. Teils handelt es sich um einfache grobmotorische Greifbewegungen (z. B. ein Glas erfassen und anheben), teils um Schulterbewegungen, wenn die Hand plegisch ist (z. B. in stehender Position die gelähmte Hand von einem Regal auf das nächsthöhere legen). Derzeit führen wir eine

klinische Studie durch, die mit funktioneller Kernspintomographie kombiniert wird, um den Effekt des Videotraining bei der Rehabilitation von Schlaganfallpatienten zu untersuchen. Schlaganfallpatienten mit einer erhaltenen Restfunktion der Hand erhalten in der letzten Rehabilitationswoche etwa 12 Übungen auf eine DVD kopiert. Die DVD läuft dann etwa 50 Minuten. Die Patienten müssen zu Hause täglich mit der DVD üben, d. h. sich für etwa 30 bis 45 Sekunden die Übungen anschauen und dann konzentriert nachmachen. Das Training läuft über sechs Wochen. Eine Kontrollgruppe führt dieselben Übungen nach einem Text durch. Eine weitere Kontrollgruppe erhält keine spezifischen Hausaufgaben<sup>1</sup>.

Voruntersuchungen bei gesunden Probanden haben gezeigt, dass die Beobachtung einfacher motorischer Handübungen zu einer bilateralen Aktivierung des superioren und inferioren parietalen Kortex führen, des dorsalen und ventralen prämotorischen Kortex, des ventrolateralen und dorsolateralen präfrontalen Kortex und des okzipitalen Kortex.

Kritische Ausgangsuntersuchungen hatten darauf hingewiesen, dass der fazilitierende Effekt der Bewegungsvorstellung vor allem oder ausschließlich in der gesunden Hemisphäre auftritt [32, 56]. Unsere bisherigen Untersuchungen bei Schlaganfallpatienten sprechen dafür, dass auch die infarzierte Hemisphäre stimuliert wird [46]. Bei der Beobachtung einfacher motorischer Übungen ist die Aktivierung in der infarzierten Hemisphäre wie in der nicht betroffenen Hemisphäre ebenfalls stark ausgeprägt. Auch dies ist eine günstige Voraussetzung für die Wirksamkeit bei den Schlaganfallpatienten.

Dies könnte ein Argument dafür sein, dass Bewegungsvorstellung zu einer umfangreicheren oder stärkeren Aktivierung im motorischen System führen kann und möglicherweise als Therapieoption den Vorzug erhalten sollte. Andererseits fällt es Schlaganfallpatienten ganz offensichtlich leichter, mit Hilfe von Videos zu beobachten und Bewegungsversuche durchzuführen, als dies rein mental mittels Bewegungsvorstellung zu versuchen. Insofern ist hinsichtlich der Kooperation die Videobeobachtung für die Patienten die deutlich einfachere Variante.

### Was ist erfolgversprechender: Bewegungsbeobachtung oder -vorstellung?

Bewegungsvorstellung aktiviert das motorische System umfangreicher als die Bewegungsbeobachtung. Professionelle Sportler und Musiker – beide gleichermaßen als Experten anzusehen – nutzen regelmäßig die Bewegungsvorstellung in ihrem Trainingsrepertoire. Vor allem die Arbeitsgruppe von *Page* et al. wies die klinische Effizienz auch bei Patienten nach Schlaganfall nach. Unserer eigenen Erfahrung nach ist es selbst in einer Phase mit selbstständigen Patienten mit eher geringen Paresen (fast ausschließlich Patienten der Phase D) schwierig, diese zu einem konsequenten Gebrauch der Bewegungsvorstellung

<sup>1</sup> Die Videos sind über [M.arndt@kliniken-schmieder.de](mailto:M.arndt@kliniken-schmieder.de) zu beziehen.

	Bewegungsvorstellung	Spiegeltherapie	Bewegungsbeobachtung/Videotherapie
Anatomische Strukturen	Zusätzlich SMA, Basalganglien und Kleinhirn	Zusätzlich S1	SPL, IPL, PMv, PMd, V5
Motorisches Lernen	Experten		Alltagslernen in Kindheit und Jugend
Notwendige Motivation	hoch	gering	gering
Compliance	schwierig	leicht	leicht
Patientenselektion		schwer betroffene	mäßig oder leicht betroffene
Häusliches Eigentaining			+
RCT	+	+	noch nicht ausreichend

**Tab. 1:** Vergleichende Darstellung von Training mittels Bewegungsvorstellung, Spiegeltherapie und Videotherapie. **RCT** randomisierte kontrollierte Studien; **SPL** superiorer parietaler Kortex, **IPL** inferiorer parietaler Kortex, **PMv** ventraler Teil des prämotorischen Kortex, **PMd** dorsaler Teil des prämotorischen Kortex, **V5** Sehrinde für das Bewegungssehen.

anzuregen. Die Fragebögen zur Selbsteinschätzung des Vorstellungsvermögens werden eher nivelliert, wenig differenziert ausgefüllt. Die Durchführung eines mentalen Nine-Hole-Peg-Test (NHPT) weist darauf hin, dass Patienten sich eine Handbewegung mit der betroffenen Hand spontan zunächst im Tempo der gesunden Hand vorstellen. Selten kommt die Zeit für die Bewegungsvorstellung mit der betroffenen Hand der Zeit für die reale Durchführung nahe. Patienten in den frühen Reha-Phasen oder mit stärkergradigen Paresen sind im Allgemeinen schnell frustriert bei dem Versuch, sich eine Bewegung mit der betroffenen Hand vorzustellen. Auch ist die Überprüfung der durchgeführten Aufgabe durch den Therapeuten schwierig. Umgekehrt ist die Compliance bei dem Videotraining sehr hoch. Hier scheint das Videotraining eine einfache Möglichkeit darzustellen, die Patienten zu einem regelmäßigen Eigentaining zu Hause anzuregen. Als Vorteil erweist sich hier sicherlich, wenn die Übungen vom persönlichen Therapeuten des Patienten individuell entsprechend seinen Fähigkeiten zusammengestellt werden (vgl. Tab. 1).

### Zusammenfassung und Ausblick

Das Interessante und Spannende an der Neurorehabilitation ist derzeit, dass sich neue therapeutische Konzepte entwickeln, die sich sehr stark an den physiologischen Konzepten wie z.B. denen des Spiegelneuronen-Systems orientieren. Es fehlen derzeit jedoch vor allem gute vergleichende Einschätzungen der Effekttärken. Wir gehen davon aus, dass die Effekttärken beim CIMT-Training vermutlich die größten sind. Andererseits könnte sich das mentale Training durchaus als sinnvolle Ergänzung erweisen. So wurde jüngst eine Studie durchgeführt, die CIMT mit Elementen der Bewegungsvorstellung kombinierte [48]. Es bleibt abzuwarten, welche Spielarten des mentalen Trainings bei Schlaganfallpatienten besser zum Einsatz kommen können. Auch gilt es weiter abzuklären, inwieweit diese Techniken als Add-on-Therapie zum Einsatz kommen oder sich in bestehende Rehabilitationsstrukturen einordnen lassen. Manche von ihnen mögen möglicherweise auch besonders gut für Heimtraining geeignet sein.

Während sich klassischerweise die Therapien in der Neurorehabilitation vor allem aus der praktischen Erfah-

rung entwickelt haben, stehen heutzutage immer mehr evidenzbasierte Verfahren und Leitlinien zur Verfügung. Zusätzlich werden neue Therapieansätze ganz wesentlich durch die Neurowissenschaften geprägt. Hierzu gehören Videotraining, Spiegeltraining, mentales Training, bilaterales Training, Roboter-unterstütztes Training oder der Einsatz der repetitiven Magnetstimulation. Dies macht die Arbeit extrem interessant und fruchtbar. Neurorehabilitation und Neurowissenschaften rücken an einigen Stellen sehr eng zusammen und inspirieren sich wechselseitig.

### Literatur

- Alkadhi H, Brugger P, Boendermaker SH et al. What disconnection tells us about motor imagery: evidence from paraplegic patients. *Cereb Cortex* 2005; 15: 131-140.
- Altschuler EL, Wisdom SB, Stone L, Foster C, Galasko D, Llewellyn DME, Ramachandran VS. Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror. *The Lancet* 1999; 353: 2035-2036.
- Annett J: Motor imagery: perception or action? *Neuropsychologia* 1995; 33: 1395-1417.
- Braun SM, Beurskens AJ, Borm PJ, Schack T, Wade DT. The effects of mental practice in stroke rehabilitation: a systematic review. *Arch Phys Med Rehabil* 2006; 87: 842-852.
- Buccino G, Solodkin A, Small SL. Functions of the mirror neuron system: implications for neurorehabilitation. *Cog Behav Neurol* 2006; 19: 55-63.
- Cabeza R. Cognitive neuroscience of aging: contributions of functional Neuroimaging. *Scand J Psychol* 2001; 42: 277-286.
- Celnik P, Stefan K, Hummel F, Duque J, Classen J, Cohen LG. Encoding a motor memory in the older adult by action observation. *NeuroImage* 2006; 29: 677-684.
- Celnik P, Webster B, Glasser DM, Cohen LG. Effects of action observation on physical training after stroke. *Stroke* 2008; 39: 1814-1820.
- Decety J, Grèzes J. Neural mechanisms subserving the perception of human actions. *Trends Cogn Sci* 1999; 3: 172-178.
- Dettmers C, Fink GR, Lemon RN, Stephan KM, Passingham R, Silbersweig D, Holmes D, Ridding M, Brooks DJ, Frackowiak RSJ. The relation between cerebral activity and force in the motor areas of the human brain. *J Neurophysiol* 1995; 74: 802-815.
- Dettmers C, Ridding MC, Stephan KM, Lemon RN, Rothwell JC, Frackowiak RSJ. Comparison of regional cerebral blood flow (rCBF) with transcranial magnetic stimulation (TMS) at different forces. *J Appl Physiol* 1996; 81: 596-603.
- De Vries S, Mulder T. Motor imagery and stroke rehabilitation: a critical discussion. *J Rehabil Med* 2007; 39: 5-13.
- Dohle C, Püllen J, Nakaten A, Küst J, Rietz C, Karbe H. Mirror therapy promotes recovery from severe hemiparesis. A randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair* 2008; doi: 10.1177/1545968308324786.
- Duque J, Hummel F, Celnik P, Murase N, Mazzocchio R, Cohen LG. Transcallosal inhibition in chronic subcortical stroke. *Neuroimage* 2005; 28: 940-946.
- Duque J, Murase N, Celnik P et al. Intermanual differences in movement-related interhemispheric inhibition. *J Cogn Neurosci* 2007; 19: 204-213.

16. Ertelt D, Small S, Solodkin A, Dettmers C, McNamara A, Binkofski F, Buccino G. Action observation has a positive impact on rehabilitation of motor deficits after stroke. *Neuroimage* 2007; doi: 10.1016/j.neuroimage.2007.03.043
17. 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: 147-158.
18. Feltz DL, Landers DM. The effects of mental practice on motor skill learning and performance: a meta-analysis. *J Sports Psychol* 1983; 5: 25-57.
19. Fontani G, Migliorini S, Benocci R, Facchini A, Casini M, Corradeschi F. Effect of mental imagery on the development of skilled motor actions. *Perceptual and Motor Skills* 2007; 105: 803-826.
20. Gentili R, Papaxanthis C, Pozzo T. Improvement and generalization of arm motor performance through motor imagery practice. *Neuroscience* 2006; 137: 761-772.
21. Grady CL. Functional Neuroimaging studies of aging. In: Squire LR (Hrsg): *Encyclopedia of Neuroscience*. Academic Press, Oxford 2008.
22. Grèzes J, Decety J. Functional anatomy of execution, mental simulation, observation, and verb generation of actions: a meta-analysis. *Hum Brain Mapping* 2001; 12: 1-19.
23. Guillet A, Collet C, Nguyen VA, Malouin F, Richards C, Doyon J. Functional neuroanatomical networks associated with expertise in motor imagery. *Neuroimage* 2008; 41: 1471-1483.
24. Holmes PS. Theoretical and practical problems for imagery in stroke rehabilitation: an observation study. *Rehabilitation Psychology* 2007; 52: 1-10.
25. Iacoboni M, Dapretto M. The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction. *Nature Publishing Group* 2006; 7: 942-951.
26. Isaac A, Marks D, Russell E. An instrument for assessing imagery of movement: The Vividness of Movement Imagery Questionnaire (VMIQ). *J Mental Imagery* 1986; 10: 23-30.
27. Jackson PL, Lafleur MF, Malouin F, Richards CL, Doyon J. Functional cerebral reorganization following motor sequence learning through mental practice with motor imagery. *Neurimage* 2003; 20: 1171-1180.
28. Jeannerod M. Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition. *Neuroimage* 2001; 14: 103-109.
29. Johnson SH. Imagining the impossible: intact motor representations in hemiplegics. *Neuroreport* 2000; 11: 729-732.
30. Johnson SH, Sprehn G, Saykin AJ. Intact motor imagery in chronic upper limb hemiplegics: evidence for activity-independent action representation. *J Cogn Neurosci* 2002a; 14: 841-852.
31. Johnson SH, Rotte M, Grafton ST, Hinrichs H, Gazzaniga MS, Heinze H-J. Selective activation of parietofrontal circuit during implicitly imagined prehension. *Neuroimage* 2002b; 17: 1693-1704.
32. Kimberley TJ, Khandekar G, Skrabala LL, Spencer JA, van Gorp EA, Walker SR. Neural substrates for motor imagery in severe hemiparesis. *Neurorehabilitation and Neural Repair* 2006; 20: 268-277.
33. Lewis GN, Perreault EJ. Side of lesion influences interhemispheric inhibition in subjects with post-stroke hemiparesis. *Clin Neurophysiol* 2007; 118: 2656-2663.
34. Liepert J, Dettmers C, Terborg C, Weiller C. Inhibition of ipsilateral motor cortex during phasic generation of low force. *Clin Neurophysiol* 2001; 12: 114-121.
35. Lotze M, Cohen LG. Volition and imagery in neurorehabilitation. *Cog Behav Neurol* 2006; 19: 135-140.
36. Lotze M, Halsband U. Motor imagery. *J Physiol* 2006; 99: 386-395.
37. Malouin F, Belleville S, Richards CL, Desrosiers J, Doyon J. Working memory and mental practice outcomes after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; 85: 177-183.
38. Malouin F, Richards CL, Durand A, Doyon J. Clinical assessment of motor imagery after stroke. *Neurorehabil Neural Repair* 2008a; DOI: 10.1177/1545968307313499.
39. Malouin F, Richards CL, Durand A, Doyon J. Reliability of mental chronometry for assessing motor imagery ability after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2008b; 89: 311-319.
40. Miltner R, Simon U, Netz J, Hömberg V. Bewegungsvorstellung in der Therapie von Patienten mit Hirninfarkt. In: Dettmers C, Rijntjes M, Weiller C: *Funktionelle Bildgebung und Physiotherapie*. Hippocampus Verlag, Bad Honnef 1998.
41. Milton J, Small SL, Solodkin A. Imaging motor imagery: Methodological issues related to expertise. *Methods* 2008; 45: 336-341.
42. Mulder T, Zijlstra S, Zijlstra W, Hochstenbach J. The role of motor imagery in learning a totally novel movement. *Exp Brain Res* 2004; 154: 211-217.
43. Mulder T. Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation. *J Neural Transm* 2007; DOI 10.1007/s00702-007-0763-z.
44. Munzert J, Zentgraf K, Stark R, Vaitl D. Neural activation in cognitive motor processes: comparing motor imagery and observation of gymnastic movements. *Exp Brain Res* 2008; 188: 437-444.
45. Munzert J, Lorey B, Zentgraf K. Cognitive motor processes: The role of motor imagery in the study of motor representations. *Brain Res Rev* 2009; doi:10.1016/j.brainresrev.2008.12.024.
46. Nedelko V, Hassa F, Hamzei F, Weiller C, Schoenfeld A, Dettmers C. Action observation and imagery in stroke patients stimulate both hemispheres: the affected and non-affected. *J Neurology* 2009; 256 (2): 32.
47. Page SJ, Levine P, Leonard A. Mental practice in chronic stroke. Results of a randomized, placebo-controlled trial. *Stroke* 2007; 38: 1293-1297.
48. Page SJ, Levine P, Khoury J. Modified Constrained-Induced Movement Therapy combined with Mental Practice: Thinking through better motor outcomes. *Stroke* 2008; 40(2): 551-554
49. Piefke M, Kramer K, Korte M, Schulte-Rüther M, Korte JM, Wohlschläger AM, Weber J, Shah NJ, Huber W, Fink GR. Neurofunctional modulation of brain regions by distinct forms of motor cognition and movements features. *Human Brain Mapping* 2009; 30: 432-451.
50. Ramachandran VS, Rogers-Ramachandran D. Synaesthesia in phantom limbs induced with mirrors. *Proc Biol Sci* 1996; 263: 377-386.
51. Reed CL. Chronometric comparisons of imagery to action: visualizing versus physically performing springboard dives. *Memory & Cognition* 2002; 30: 1169-1178.
52. Rizzolatti G, Craighero L. The mirror-neuron system. *Ann Rev Neurosci* 2004; 27: 169-192.
53. Sharma N, Pomeroy VM, Baron JC. Motor imagery: a backdoor to the motor system after stroke. *Stroke* 2006; 37: 1941-1952.
54. Solodkin A, Hlustik P, Chen EE, Small SE. Fine modulation in network activation during motor execution and motor imagery. *Cereb Cortex* 2004; 14: 1246-1255.
55. Stephan KM, Fink GR, Passingham RE, Silbersweig D, Ceballos-Baumann AO, Frith CD, Frackowiak RSJ. Imagining the execution of movements. Functional anatomy of the mental representation of upper extremity movements in healthy subjects. *J Neurophysiol* 1994; 73: 373-386.
56. Stinear CM, Fleming MK, Barber PA, Byblow WD. Lateralization of motor imagery following stroke. *Clin Neurophysiol* 2007; 118: 1794-1801.
57. Sütbeyaz S, Yavuzer G, Sezer N, Koseoglu F. Mirror therapy enhances lower-extremity motor recovery and motor functioning after stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88: 555-559.
58. Talelli P, Waddingham W, Ewas A, Rothwell JC, Ward NS. The effect of age on task-related modulation of interhemispheric balance. *Exp Brain Res* 2008a; 186: 59-66.
59. Talelli P, Ewas A, Waddingham W, Rothwell JC, Ward NS. Neural correlates of age-related changes in cortical neurophysiology. *NeuroImage* 2008b; 40: 1772-1781.
60. Ward NS, Frackowiak RSJ. Age-related changes in the neural correlates of motor performance. *Brain* 2003; 126: 873-888.
61. Ward NS, Swayne OBC, Newton JM. Age-dependent changes in the neural correlates of force modulation: An fmri study. *Neurobiol Aging* 2008; 29: 1434-1446.
62. Weiss T, Hansen E, Rost R, Beyer L. Mental practice of motor skills used in poststroke rehabilitation has own effects on central nervous activation. *Int J Neurosci* 1994; 87: 157-166.
63. Wenkeler V, Hassa T, Tüschler O, Weiller C, Dettmers C. Age dependency of activation in the visuomotor system during observation and imagination. *Klinische Neurophysiologie* 2008; 29: 77
64. Wenkeler V, Hassa T, Hamzei F, Weiller C, Tüschler O, Dettmers C. Differenzielle kortikale Aktivierung während Bewegungsbeobachtung und -vorstellung. 18. Rehabilitationswissenschaftliches Kolloquium, DRV-Schriften Band 2009a; 83: 345-347.
65. Wenkeler V, Hassa T, Hamzei F, Weiller C, Tüschler O, Liepert J, Dettmers C. Handlungsbeobachtung und -vorstellung führen bei links-hemisphärischen Infarkten zu einer stärkeren Aktivierung als bei rechts-hemisphärischen. 53. Jahrestagung der DGKN in München, *Klinische Neurophysiologie* 2009b; 40: 62.

66. Yavuzer G, Selles R, Sezer N, Sütbeyaz S. Mirror therapy improves hand function in subacute stroke. A randomized controlled trial. Arch Phys Med Rehabil 2008; 89: 393-398.
67. Yue G, Cole KJ. Strength increase from the motor program: comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. J Neurophysiol 1992; 67: 1114-1123.
68. Zimmermann-Schlatter A, Schuster C, Puhan MA, Siekierka E, Steurer J. Efficacy of motor imagery in post-stroke rehabilitation: A systematic review. J NeuroEngineering and Rehabilitation 2008; 5: 8.

**Danksagung:**

Frau A. Ruchay-Plössl, Frau C. Rothmeier und Herrn M. Arndt danken wir für die Erstellung der Videos. Frau C. Rothmeier ist darüber hinaus maßgeblich für die Testungen der Patienten verantwortlich.

**Interessenvermerk:**

Es besteht kein Interessenkonflikt.

**Korrespondenzadresse:**

Prof. Dr. Christian Dettmers  
Kliniken Schmieder Konstanz  
Eichhornstr. 68  
78464 Konstanz  
E-Mail: c.dettmers@kliniken-schmieder.de

**Kempton im Allgäu, 15.–18.10.2009**

## Internationales Festival »Emotion and Meaning in Music«

Warum stößt zeitgenössisches Komponieren seit rund 100 Jahren – seit Auflösung der Tonalität – auf das Unverständnis der meisten Hörer? Dieser Frage will das Festival »Emotion and Meaning in Music« vom 15.–18. Oktober 2009 in Kempton im Allgäu auf den Grund gehen. Im Mittelpunkt des Festivals steht die Frage, welche Prozesse sich bei der Wahrnehmung von Musik (speziell: der sogenannten »Neuen Musik«) im Gehirn ereignen – und ob von der Neurokognitionswissenschaft schlüssige Auskünfte über ästhetische Fragen zu erhalten sind. Neben Vorträgen hochkarätiger Wissenschaftler (u. a. Prof. Dr. John Sloboda, Prof. Eckhart Altenmüller) stehen verschiedene Konzerte mit renommierten Kammermusikern sowie eine Tanztheaterperformance auf dem Programm.

**Vortragende**

- **Eckhart Altenmüller, Prof. Dr.:** Institut für Musikphysiologie und Musikmedizin der Hochschule für Musik und Theater Hannover
- **Stefan Kölsch, Dr. Ph.D.:** Department of Psychology, University of Sussex, Brighton, Max-Planck-Institut für Hirnforschung Leipzig
- **John Sloboda, Prof. emeritus:** Executive Director of Oxford Research Group, Emeritus Professor of Psychology at the University of Keele
- **Matthias Vogel, PD Dr.:** Zentrum für Philosophie und Grundlagen der Wissenschaften, Universität Gießen, »Perception, Thought, and Knowledge«, Universität Basel

**Donnerstag, 15. Oktober**

**17:30 Uhr** (Theater in Kempton, Theater Oben)

Matthias Vogel: Verstehen ohne Bedeutung – Über das Erfahren musikalischen Sinns

**20:00 Uhr** (Theater in Kempton, Theater Oben)

Ensemble »Sergio Gaggia«: Night tide (1980) (Minoru Miki), Après un rêve (Gabriel Fauré), Dream (John Cage), El amor brujo (M. De Falla), A Paganini (A. Schnittke), 3 Gesänge nach Texten von Shakespeare (I. Strawinsky), Ouvertüre über hebräische Themen (S. Prokofjew), El amor brujo (M. De Falla)

**Freitag, 16. Oktober**

**17:30 Uhr** (Theater in Kempton, Theater Oben)

John Sloboda: How and why does music engage our emotions?

**20:00 Uhr** (Theater in Kempton, Theater Oben)

Empfänger verzogen – Tanztheater von Jochen Heckmann, Musik von Alfred Huber und Wolfgang W. Lindner

**Samstag, 17. Oktober**

**17:30 Uhr** (Theater in Kempton, Theater Oben)

Stefan Kölsch: Musik verstehen – Eine neurowissenschaftliche Perspektive

**20:00 Uhr** (Theater in Kempton, Theater Oben)

Ensemble »Sergio Gaggia«: Kontraste (Béla Bartók), Sonate für Klarinette und Klavier (Nino Rota), To muddy death. Ophelia (S. Colasanti), Vier Stücke für Geige und Klavier, Op. 7 (Anton Webern) Klavierquartett a-moll, Op.67 (J. Turina), Kontraste (Béla Bartók)

**Sonntag, 18. Oktober**

**11:00 Uhr** (Theater in Kempton, Theater Oben)

Eckhart Altenmüller: Starke Emotion und Gänsehaut bei neuer Musik? Neurobiologie und Musikpsychologie

**16:00 Uhr** (Theater in Kempton, Theater Oben)

Ensemble »Sergio Gaggia«: Peter und der Wolf (S. Prokofjew), Pierrot Lunaire (A. Schönberg)

**Kartenvorverkauf:** ab 3.8.2009, AZ Service Center Kempton, Tel. 0831/206 430, Kartenpreise: 4-Tagespass € 200,00, Einzelticket Konzerte/Vorträge € 29,00, Tanztheater € 29/19