

DIE WELT IM KOPF

DIE WELT IM KOPF

VON SPIEGELN, PHANTOMEN UND AVATAREN

HERTA FLOR

Beim Phantomschmerz „erinnert“ sich das Gehirn an einen verlorenen Arm oder ein verlorenes Bein und lässt das die Betroffenen schmerzhaft fühlen. Die Verarbeitung von Reizen im Gehirn ist also gestaltbar – ein Umstand, den sich die Psychotherapie zunutze macht. In der virtuellen Welt lässt sich dem Gehirn Normalität vorgaukeln – und es vergisst die Pein.

M

Menschen, die an „Phantomschmerzen“ leiden, empfinden Schmerzen in einem Körperteil, das es nicht mehr gibt. Obwohl sie wissen, dass Arm oder Bein nicht mehr vorhanden sind, wird die Pein als real erlebt. Besonders ausgeprägt ist das Schmerzempfinden dann, wenn die Betroffenen das Phantomglied verzerrt wahrnehmen und einem „Teleskop-Phänomen“ unterliegen: In der Vorstellung der Patienten „wandert“ das nicht mehr vorhandene Körperteil, etwa die Hand, zum noch verbliebenen Stumpf; oft „verschwindet“ die amputierte Gliedmaße im Körper.

Untersuchungen des Gehirns mit bildgebenden Verfahren wie der Magnetresonanztomographie oder Magnetenzephalographie haben gezeigt, dass im Falle des Phantomschmerzes und des Teleskop-Phänomens die Repräsentation – die neuronale Vertretung des Körperteiles – im Gehirn

verändert ist. Die Veränderungen finden sich im sogenannten primären somatosensorischen Kortex, einer Hirnregion, die auch Tastrinde genannt wird, weil sie Schmerz- und Tastreize verarbeitet. Die bildgebenden Untersuchungen ergaben, dass der Phantomschmerz umso stärker ausfällt, je mehr benachbarte Hirnareale mit demjenigen Areal verschmolzen sind, welches das amputierte Glied repräsentiert. Das Schmerzempfinden könnte dadurch zustande kommen, dass die Nachbarareale Nervenimpulse senden und im Amputationsareal Aktivitäten erzeugen; diese Aktivitäten werden von den Hirnzellen als „aus dem amputierten Glied kommend“ interpretiert und als Schmerz empfunden. Beim Teleskop-Phänomen sind gleich mehrere Hirnareale miteinander verschmolzen und tragen zu einer noch ausgeprägteren Schmerzentstehung bei. Im Gehirn von Patienten, die vom Teleskop-Phänomen betroffen sind, ließen die bildgebenden Verfahren folgende Auffälligkeit erkennen: Bittet man Patienten, die nicht mehr vorhandene Hand zu bewegen, so löst

die Phantombewegung im Gehirn eine Aktivität aus – bei denjenigen Patienten aber, in deren Vorstellung die Hand im Schulterstumpf verschwindet, wird die Aktivität nicht in dem Areal des Gehirns sichtbar, das die Hand repräsentiert, sondern in der Hirnrepräsentation der Schulter.

Unser Gehirn verarbeitet also die von ihm wahrgenommene Realität – nicht die physikalische Realität. Wahrnehmungsillusionen belegen das eindrücklich: Stimuliert man bei einem gesunden Menschen einen Punkt der Hand und einen Punkt der Ellenbeuge in einer bestimmten Frequenz, spürt die Versuchsperson nach einiger Zeit eine Berührung in der Mitte zwischen den beiden Punkten – ohne dass dort jemals eine Berührung stattgefunden hätte. Betrachtet man mit bildgebenden Verfahren die Repräsentation der Berührung der Hand und der Ellenbeuge in der Tastrinde des Gehirns, ist zu erkennen, dass nur die Berührung in der Mitte des Unterarmes – also die taktile Illusion – vom Hirn verarbeitet

Zentrum zur Erforschung und Behandlung psychischer Störungen

Das Zentralinstitut für Seelische Gesundheit (ZI) in Mannheim verzahnt Krankenversorgung, Forschung und Lehre im Bereich psychischer Störungen. Mit dieser Zielsetzung wurde es im Mai 1975 als Landesstiftung des öffentlichen Rechts mit Mitteln des Bundes, des Landes Baden-Württemberg und der VolkswagenStiftung gegründet. In den vier Kliniken des ZI werden jährlich mehr als dreitausend psychisch kranke Menschen aller Altersstufen mit modernsten Therapiemethoden stationär und teilstationär behandelt. Ergänzend bieten alle vier Kliniken ein breites Spektrum an ambulanten Behandlungen an. Gleichzeitig ist das Institut ein weltweit anerkanntes Zentrum innovativer Psychiatrieforschung; es ist eng mit der Universität Heidelberg verknüpft und pflegt zahlreiche wissenschaftliche Kooperationen mit nationalen und internationalen Einrichtungen.

Die Forscher am ZI haben es sich zur Aufgabe gemacht, neue Behandlungsmöglichkeiten für psychische Erkrankungen zu entwickeln und vorhandene Therapien zu verbessern. Vorrangiges Ziel ist es, psychotherapeutische und pharmakologische Wirkmechanismen zu identifizieren, zu etablieren und schließlich zu personalisieren. Die am ZI tätigen Professoren werden von der Universität Heidelberg unter Beteiligung des Zentralinstituts berufen. Sie sind Mitglieder der Universität und erfüllen Lehraufträge insbesondere an der Medizinischen Fakultät Mannheim der Ruperto Carola.

www.zi-mannheim.de

„Unser Gehirn verarbeitet die von ihm wahrgenommene Realität – nicht die physikalische Realität.“

Chronische Schmerzen besser verstehen

Was passiert, wenn Schmerzen bleiben, nachdem eine Verletzung längst verheilt ist? Dieser Frage geht der Sonderforschungsbereich „Von der Nozizeption zum chronischen Schmerz: Struktur-Funktions-Merkmale neuraler Bahnen und deren Reorganisation“ (SFB 1158) an der Medizinischen Fakultät Heidelberg nach. Die Wissenschaftler untersuchen, wie aus akuten Schmerzen chronische werden und wie sich dieser Übergang verhindern oder umkehren lässt. Im Fokus steht dabei, wie sich Nervenzellen und -bahnen verändern, wenn Schmerzen chronisch werden. Der SFB, der 2015 seine Arbeit aufnahm, wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft mit 12,1 Millionen Euro gefördert.

In den insgesamt 19 Teilprojekten des Sonderforschungsbereichs arbeiten Wissenschaftler unter anderem aus den Bereichen Neurobiologie, Pharmazie, Neurophysiologie, Paraplegiologie, Molekulare Physiologie und Psychiatrie interdisziplinär zusammen. Sprecherin des SFB ist die Geschäftsführende Direktorin des Pharmakologischen Instituts der Medizinischen Fakultät Heidelberg, Prof. Dr. Rohini Kuner, Prof. Dr. Herta Flor fungiert als stellvertretende Sprecherin. Beteiligt sind neben der Medizinischen Fakultät Heidelberg der Universität Heidelberg das Zentralinstitut für Seelische Gesundheit in Mannheim (ZI), das Deutsche Krebsforschungszentrum (DKFZ), das European Molecular Biology Laboratory (EMBL), das Max-Planck-Institut für medizinische Forschung in Heidelberg sowie die Technische Universität München.

www.sfb1158.de

„Bei Verbrennungsschmerzen zeigen virtuelle kalte Umgebungen eine schmerzlindernde Wirkung – auch die Körpertemperatur lässt sich auf diese Weise beeinflussen.“

wird, nicht die tatsächliche physikalische Berührung. Die Verarbeitung des Gehirns ist also veränderbar – ein Umstand, den sich die Psychotherapie zunutze macht.

Therapie in der virtuellen Welt

Schon länger weiß man, dass sich Phantomschmerzen mit einer sogenannten Spiegeltherapie lindern lassen. Dazu wird ein Spiegel so platziert, dass es für den Patienten aussieht, als sei das im Spiegel sichtbare gesunde Körperteil, beispielsweise der Unterschenkel, die amputierte Gliedmaße. Der Patient bewegt die noch vorhandene Extremität und nimmt die Bewegungen im Spiegel als Bewegungen des Phantoms wahr. Auf diese Weise wird die Wahrnehmung erzeugt, dass das amputierte Glied wieder vorhanden und dem Körper zugehörig ist. Die Patienten fühlen daraufhin die Bewegungen des Phantoms und erleben eine Abnahme des Phantomschmerzes.

Die Spiegeltherapie funktioniert jedoch nur bei Patienten ohne Teleskop-Phänomen. Bei Patienten mit einem „Teleskoparm“ beispielsweise bleibt die Spiegeltherapie unwirksam, weil eine Diskrepanz besteht zwischen der dargebotenen optischen Wahrnehmung des kompletten Arms im Spiegel und der verzerrten Wahrnehmung der „in die Schulter integrierten“ Phantomhand. Heutzutage lassen sich Phantombewegungen aber nicht nur mithilfe eines Spiegels, sondern auch in der virtuellen Realität (VR) simulieren, also in einer vom Computer in Echtzeit generierten interaktiven Umgebung. Dazu setzt der Patient eine VR-Brille auf, die die verzerrte Wahrnehmung korrigiert und im Falle der

veränderten Handwahrnehmung die Hand „aus dem Stumpf zieht“. Auch ein Ganzkörper-Avatar – ein in der virtuellen Welt künstlich geschaffener Stellvertreter der echten Person – kann eingesetzt werden, um die Wahrnehmung der Patienten zu normalisieren und Phantomschmerzen zu bekämpfen.

Anwendungen der virtuellen Realität lassen sich auch bei anderen Schmerzproblemen einsetzen, beispielsweise bei chronischen Rückenschmerzen: Der Avatar führt in der virtuellen Realität die normalen Körperbewegungen aus, der Patient ahmt die Bewegungen intuitiv nach, verlernt auf diese Weise Schonhaltungen, die den Schmerz verstärkt haben, und kann den Schmerz dadurch vermindern. Schon das Sehen des „eigenen Rückens“ in der vom Computer geschaffenen Welt kann diesen Effekt haben. Man führt dies zurück auf die schmerzhemmende Wirkung sogenannter multisensorischer Integrationsprozesse. Auch bei Verbrennungsschmerzen haben virtuelle kalte Umgebungen schmerzlindernde Wirkung gezeigt – selbst die Körpertemperatur lässt sich damit beeinflussen.

Die Illusion von Normalität

Das Ziel aller VR-Behandlungen ist es, dem Gehirn „Normalität“ zu signalisieren. Bei längerem Training gelingt es mit der Illusion von Normalität, Veränderungen des Gehirns rückgängig zu machen, die den Schmerz aufrechterhalten oder zur Schmerzentstehung beitragen. Wie wir heute wissen, ist die Intensität des Phantomschmerzes eng mit der veränderten Repräsentation des amputierten Gliedes in der Tastrinde des Gehirns assoziiert, und je mehr

„Mit einem längeren Training in der virtuellen Realität gelingt es, Veränderungen des Gehirns rückgängig zu machen, die zum Aufrechterhalten von Schmerzen beitragen.“

Reize aus der Umgebung der neuronalen Repräsentation des amputierten Gliedes in die Amputationszone einwandern, desto stärker ist der Phantomschmerz: Diese Veränderung der neuronalen Aktivität kann durch das Training in der virtuellen Welt zurückgedrängt werden, wodurch eine normale Körperrepräsentation wieder hergestellt werden kann.

Nicht allein bei chronischen Schmerzzuständen, auch bei psychischen Erkrankungen, etwa bei angst- und stressbedingten Problemen oder bei Persönlichkeitsstörungen wie dem Borderline-Syndrom, können VR-Anwendungen sowohl diagnostisch als auch therapeutisch hilfreich sein. Das lässt sich am Beispiel posttraumatischer Belastungsstörungen zeigen, zu denen es nach schlimmen Erlebnissen kommen kann, etwa nach Terroranschlägen, Naturkatastrophen oder Vergewaltigungen. Bei einer posttraumatischen Belastungsstörung erlebt der Betroffene das erlittene Trauma immer wieder neu, und es besteht eine starke Erregbarkeit durch Reize, die mit dem jeweiligen Trauma verbunden waren. Die individuellen Charakteristika einer posttraumatischen Belastungsstörung lassen sich durch eine Konfrontation mit den Traumainhalten in der virtuellen Realität sehr gut abbilden und diagnostizieren. Ebenso gut kann die virtuelle Umgebung zur Therapie eingesetzt werden.

Störungen des Selbstbildes

Die Borderline-Persönlichkeitsstörung ist unter anderem durch eine Instabilität der Emotionen und Sozialbeziehungen

sowie durch Störungen des Selbstbildes gekennzeichnet. Geraten die Betroffenen in Stress, kommt es häufig zu sogenannten Dissoziationen: Die Patienten nehmen sich selbst als fremd oder als „außerhalb des Körpers“ wahr. Sie haben dann auch ein deutlich vermindertes Schmerzempfinden. Die Dissoziation ist zudem eng verknüpft mit einer veränderten Wahrnehmung des Körpers, die sich mit der „Gummihandillusion“ erfassen lässt: Streicht man mit einem Pinsel gleichzeitig über die echte Hand des Patienten und eine daneben liegende Hand aus Gummi, erleben viele nach kurzer Zeit die Gummihand als ihre eigene, zum Körper gehörende Hand. Je ausgeprägter die Tendenz des Patienten ist, die Gummihand in den Körper zu integrieren, desto stärker ist die Dissoziation und desto plastischer die Körperwahrnehmung. VR-Anwendungen lassen sich therapeutisch nutzen, um beispielsweise mit einem Ganzkörper-Avatar den dissoziierten Körper wieder zu integrieren und die veränderte Körperwahrnehmung dadurch zu normalisieren.

Noch in vielen anderen Bereichen sind VR-Therapien vorstellbar. Sie haben den Vorteil, dass man sie individuell an den Patienten anpassen und flexibel einsetzen kann. Mit der Verbesserung von VR-Anwendungen bei Schmerz befasst sich ein an der Universität Heidelberg angesiedelter Sonderforschungsbereich der Deutschen Forschungsgemeinschaft „Von der Nozizeption zum chronischen Schmerz: Struktur-Funktions-Merkmale neuraler Bahnen und deren Reorganisation“. Eine ebenfalls von der Deutschen



PROF. DR. HERTA FLOR studierte Psychologie in Würzburg, Tübingen und an der Yale University (USA). Im Jahr 1993 wurde sie an das Psychologische Institut der Humboldt-Universität zu Berlin berufen, seit 2000 ist sie Inhaberin des Lehrstuhls für Neuropsychologie und Klinische Psychologie der Medizinischen Fakultät Mannheim der Universität Heidelberg. Darüber hinaus ist sie wissenschaftliche Direktorin am Zentralinstitut für Seelische Gesundheit in Mannheim. Ihre Forschungsschwerpunkte sind die Psychobiologie und die interdisziplinäre Therapie psychischer Störungen sowie Lernen und Hirnplastizität.

Kontakt: herta.flor@zi-mannheim.de

THE WORLD IN OUR MIND

OF MIRRORS, PHANTOMS AND AVATARS

HERTA FLOR

The brain processes the perceived, not the physical reality. This circumstance can be used to alter maladaptive perceptions in disorders such as phantom limb pain, where people feel pain in a body part that no longer exists. The sensation of pain is especially acute if the patients' perception of the phantom limb is distorted and subject to a "telescope effect": In their imagination, the missing body part, for example the hand, "moves" to the remaining stump; frequently, the amputated limb "disappears" into the body. In this case, we can use virtual reality (VR) applications to alter perception – for example by creating a moving limb where an arm was amputated – which in turn normalises brain functions that maintain maladaptive plasticity processes.

Virtual reality therapy can also help with other chronic pain syndromes or with borderline personality disorder. It has the advantage of being adaptable to each patient and flexible in its use. Developing improvements to VR applications for pain patients is the focus of the Collaborative Research Centre "From nociception to chronic pain: Structure-function properties of neural pathways and their reorganization" of the German Research Foundation (DFG) at Heidelberg University. Another DFG-funded clinical research group in Heidelberg is investigating the "Mechanisms of Disturbed Emotion Processing in Borderline Personality Disorder". The aim of this research is to better understand emotion regulation in borderline patients. This is another area where VR methods are used to analyse social interaction and changed body perception, enabling researchers to develop new treatments that can free patients from the phantoms and lead them back to reality. ●

**“Our brain processes
the perceived,
not the physical reality“**

PROF. DR HERTA FLOR studied psychology in Würzburg, Tübingen and at Yale University, USA. She joined the Department of Psychology at the Humboldt-Universität zu Berlin in 1993, and in 2000 accepted the Chair of Neuropsychology and Clinical Psychology at Heidelberg University's Medical Faculty Mannheim. She is also a scientific director at the Mannheim Central Institute of Mental Health. Her research interests include psychobiology and the interdisciplinary treatment of mental disorders, as well as learning and brain plasticity.

Contact: herta.flor@zi-mannheim.de

Forschungsgemeinschaft geförderte klinische Forschergruppe beschäftigt sich in Heidelberg mit den „Mechanismen der gestörten Emotionsverarbeitung bei der Borderline-Persönlichkeitsstörung“. Das Ziel ist, die gestörte Regulation der Emotion bei Borderline-Patienten besser zu verstehen. Auch hierzu werden VR-Methoden eingesetzt, etwa um die sozialen Interaktionen und die veränderte Körperwahrnehmung zu analysieren und daraus neue therapeutische Verfahren abzuleiten, die die Patienten vom Schein befreien und zum Sein zurückführen können. ●

Kommunikation im Gehirn

Die Vorgänge im Gehirn sogenannter Borderliner gehören zu den Fragen, mit denen sich die Klinische Forschergruppe „Mechanismen der gestörten Emotionsverarbeitung bei der Borderline-Persönlichkeitsstörung“ (KFO 256) am Zentralinstitut für Seelische Gesundheit in Mannheim (ZI) und an der Medizinischen Fakultät Heidelberg der Universität Heidelberg seit 2012 beschäftigt. Die Forscher wollen die Mechanismen der gestörten Emotionsregulation aufklären, wobei ein besonderer Fokus auf Störungen der sozialen Interaktion bei Menschen mit Borderline-Störung liegt. Diese leiden unter heftigen Gefühlsschwankungen und haben daher oft Schwierigkeiten, stabile Beziehungen aufzubauen.

Eine Besonderheit ist die Anwendung moderner experimenteller Ansätze zur Verbesserung des Krankheitsverständnisses und der Therapie. So lernen etwa Betroffene ihre Gefühle zu regulieren, indem ihnen die Aktivität ihrer gefühlverarbeitenden Zentren im Magnetresonanztomographen (MRT) direkt zurückgemeldet wird. In einem anderen Projekt werden zwei Personen gleichzeitig in zwei MRT untersucht und können währenddessen miteinander kommunizieren – die miteinander verbundenen MRT ermöglichen eine gleichzeitige Erfassung der neuronalen Aktivität. Dieses Hyperscanning ist derzeit in Europa außer am ZI nur an wenigen psychiatrischen Forschungsinstitutionen möglich.

Die KFO 256 steht unter der Leitung von Prof. Dr. Christian Schmahl von der Klinik für Psychosomatik und Psychotherapeutische Medizin am ZI. Beteiligt sind Wissenschaftler mit klinischer Fachkompetenz für die Borderline-Persönlichkeitsstörung bei Erwachsenen und Jugendlichen sowie Forscher des ZI aus den Bereichen Neuropsychologie, Bildgebung, Genetik und Tierforschung.

www.kfo256.de

„Auch bei psychischen Erkrankungen, etwa bei angst- und stressbedingten Störungen oder beim Borderline-Syndrom, können Anwendungen in der virtuellen Welt sowohl diagnostisch wie therapeutisch hilfreich sein.“