

Bloß nicht hinschauen!

Unser Schmerzempfinden wird von dem beeinflusst, was wir im selben Augenblick um uns herum wahrnehmen. Eröffnet das neue Therapiewege?

VON DANIEL SENKOWSKI, MARION HÖFLE
UND ANDREAS K. ENGEL





Piks!
Mitzusehen, wie sich eine Kanüle in die Haut bohrt, findet kaum ein Patient angenehm. Aber kann es den gefühlten Schmerz sogar verstärken?

Nicht hinschauen, dann tut es weniger weh!« Wenn Ärzte eine Spritze geben oder Blut abnehmen, raten sie gern

zum Wegschauen – sie gehen davon aus, dass es den Schmerz verstärkt, wenn man dabei zusieht. Stimmt das? Und hilft beruhigende Musik im Hintergrund, etwa beim Zahnarzt, um zu entspannen und weniger Schmerz zu empfinden?

Hinter derartigen Strategien steht eine Annahme: nämlich dass Sinnesreize unsere Aufmerksamkeit und unser emotionales Befinden beeinflussen und sich folglich darauf auswirken können, wie wir Schmerzen erleben. Wenn diese Annahme stimmt, sollten sich daraus auch neue Ansätze zur Behandlung von Schmerzen entwickeln lassen.

Tatsächlich wäre dies mit der Vorstellung vereinbar, die Wissenschaftler davon haben, wie unsere Sinneswahrnehmung funktioniert: Um unsere Umwelt ganzheitlich zu erfassen, kombiniert unser Gehirn Informationen aus verschiedenen Sinneskanälen zu einem Gesamtbild – Fachleute nennen das multisensorische Integration. Dabei kann sich das Ganze durchaus von der Summe seiner Teile unterscheiden. Ein klassisches Beispiel ist der McGurk-Effekt: Sehen Probanden auf einem Video, wie eine Person die Silben »ga-ga« sagt, hören jedoch ein aufgenommenes »ba-ba«, so geben sie hinterher an, die Person hätte »da-da« gesagt. Ohne dass sich die Versuchsteilnehmer dessen bewusst geworden wären, hat also das Gehirn den bestehenden Konflikt zwischen visuellem und akustischem Eindruck aufgelöst und eine einheitliche Wahrnehmung daraus gemacht.

Die drei Prinzipien der multisensorischen Integration

Um solche Zusammenhänge zu erforschen, nutzen Wissenschaftler sowohl psychologische Verhaltensexperimente als auch Methoden der Hirnforschung. Meistens setzen die Forscher ihre Probanden dabei schmerzlosen Reizen wie Lichtsignalen oder Tönen aus. Dabei hat sich gezeigt, dass vor allem drei Faktoren darüber entscheiden, ob sensorische Informationen über verschiedene Sinnessysteme hinweg integriert

AUF EINEN BLICK

Sinneswechsel

1 Unser Gehirn kann Reize aus unterschiedlichen Kanälen zu einer einheitlichen Wahrnehmung kombinieren. Diese multisensorische Integration findet vor allem bei sich zeitlich und räumlich überlappenden sowie schwachen Reizen statt.

2 Auch Schmerz ist durch andere Sinnesindrücke manipulierbar. Ob er dadurch verstärkt oder gelindert wird, hängt stark von der emotionalen Bewertung des Begleitreizes ab.

3 Daraus ergeben sich Behandlungsansätze: So hilft Musik bei chronischen Schmerzen, und visuelle Reize im Rahmen einer Spiegeltherapie lindern Phantomschmerzen.

Facetten des Schmerzes

Schmerz ist eine komplexe Sinnesempfindung mit mindestens zwei zentralen Dimensionen: einer sensorischen und einer affektiven. Die erste umfasst Aspekte wie Qualität (stechend, drückend ...), Intensität sowie Zeitpunkt und Ort des Schmerzes. Auf der emotionalen Ebene erleben wir Schmerz als unangenehm und störend, was uns beispielsweise dazu motiviert, seine Ursache künftig nach Möglichkeit zu meiden. Die beiden Facetten werden teils in unterschiedlichen Hirnregionen verarbeitet.

Pain 82, S. 159–172, 1999; Neurosci. Biobehav. R. 34, S. 214–223, 2010

werden: Zeit, Ort und Intensität. Das heißt, verschiedene Reize werden umso besser zu einem Eindruck verbunden, je dichter sie zeitlich und räumlich beieinanderliegen und je schwächer sie sind. In der Fachliteratur ist vom »Prinzip der zeitlichen Übereinstimmung«, vom »Prinzip der räumlichen Übereinstimmung« und vom »Prinzip der inversen Wirksamkeit« die Rede.

Kann die multisensorische Integration auch Schmerzreize beeinflussen? Diese rufen in der Regel eine starke neuronale Aktivität hervor. Man sollte also annehmen, dass sie relativ unempfindlich gegenüber Einflüssen sind. Studien bestätigen diese Annahme jedoch nicht – sie legen vielmehr nahe, dass andere Sinnesreize die Verarbeitung und Wahrnehmung von Schmerz erheblich verändern können. Die drei genannten Prinzipien sind dabei grundsätzlich weiterhin gültig.

Wie japanische Forscher 2006 herausfanden, verringert eine schmerzlose Berührung die subjektive Schmerzwahrnehmung am stärksten, wenn sie zeitgleich oder kurz nach dem Schmerzreiz erfolgt – das Prinzip der zeitlichen Übereinstimmung gilt hier also ebenfalls; es ließ sich auch anhand der Hirnaktivität nachvollziehen. Wissenschaftler von der Universität Gent belegten 2011 das Prinzip der räumlichen Übereinstimmung, indem sie Probanden einen schmerzhaften Stromstoß an einem Handgelenk zufügten. Leuchtete dabei am selben Handgelenk ein Lämpchen auf, berichteten die Teilnehmer von einem stärkeren Schmerz, als wenn ein Lämpchen am anderen Handgelenk aktiviert wurde. Forscher um Ulrich Pomper von der Charité in Berlin bestätigten schließlich 2013 das Prinzip der inversen Wirksamkeit: Sie zeigten, dass visuelle Reize Schmerz stärker zu dämpfen vermögen, wenn die dargebotenen Schmerzreize insgesamt schwächer sind.

Zeit, Ort und Intensität sind aber nicht die einzigen Faktoren, die darüber bestimmen, ob und wie Sinnesreize die Schmerzwahrnehmung beeinflussen – entscheidend ist auch, wie der Reiz interpretiert und eingeschätzt wird. Grundsätzlich gilt: Fast alle Reize, die unsere Sinne erreichen, werden zunächst auf ihren emotionalen Gehalt hin analysiert und als gut oder schlecht für uns bewertet. Wichtig dabei ist die Frage, ob

schnelles Handeln erforderlich ist. Taucht etwa beim Laufen ein Hindernis direkt vor uns auf, so ist das unmittelbar relevant und löst eine Kaskade von physiologischen Prozessen in Gehirn und Körper aus, die uns eine adäquate Reaktion ermöglichen – beispielsweise im letzten Moment zu stoppen oder auszuweichen.

Der emotionale Gehalt eines Sinnesreizes hat aber auch entscheidenden Einfluss auf die Schmerzverarbeitung. So konnten Studien belegen, dass ein Schmerzreiz stärker weh tut, wenn man gleichzeitig ein Bild von einer Gewaltszene betrachtet, als wenn stattdessen etwa Hundewelpen zu sehen sind. Ähnliches wurde für emotional gefärbte Töne und Gerüche berichtet. Michael Hauck vom Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf und seine Kollegen zeigten 2013, dass Probanden Schmerzreize intensiver wahrnahmen, wenn sie gleichzeitig selbst komponierte Musik hörten, die sie als unangenehm empfanden. Angenehme Eigenkreationen hingegen linderten den Schmerz und verringerten gleichzeitig die Aktivität im somatosensorischen Kortex, einer Hirnregion, die an der Schmerzwahrnehmung beteiligt ist.

Versuche mit falschen Gliedmaßen

Ob ein Reiz aus einer anderen Sinnesmodalität den akuten Schmerz verstärkt oder abschwächt, hängt also oft von dessen emotionaler Bewertung ab. Deutet er auf eine gefährliche Situation hin, die zu Verletzungen führen könnte, verarbeitet das Gehirn den schmerzverursachenden Reiz noch effizienter als sonst – der Schmerz wird als intensiver wahrgenommen. Ist der Reiz hingegen angenehm, kann er mitunter vom Schmerz ablenken und ihn dämpfen.

Ereignisse nah an unserem Körper können unser Wohlergehen ganz besonders bedrohen. Die zugehörigen Reize werden deshalb mit hoher Priorität verarbeitet, damit im Ernstfall eine rechtzeitige Schutzreaktion möglich ist. So versetzt uns etwa ein sich näherndes Messer in größte Alarmbereitschaft. Beeinflussen dementsprechend körpernahe Reize die Wahrnehmung von Schmerzen besonders stark?

Um das herauszufinden, werden spezielle Versuchsanordnungen verwendet, die aufbauend

Körperillusionen gegen Schmerzen

Unser Körperbild ist überraschend flexibel: Durch bestimmte experimentelle Anordnungen lassen sich künstliche Extremitäten in das eigene Körperschema einbinden. Sie werden dann als Teil des eigenen Körpers empfunden.

Am bekanntesten ist die Ende der 1990er Jahre entdeckte Gummihandillusion. Dabei schauen Probanden auf eine künstliche Hand; ihre eigene liegt verdeckt daneben. Werden die Gummigliedmaße und die echte Hand mehrfach synchron gestreichelt, geben die meisten Probanden an, die Berührung an der Gummihand zu spüren. Voraussetzung für die Illusion ist, dass die Reize räumlich und zeitlich übereinstimmen.

Seither erfinden Forscher immer wieder Varianten dieses Versuchs, häufig mit Hilfe von Methoden der Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR): Die künstlichen Gliedmaßen – oder auch der ganze Körper – werden dann auf Bildschirmen oder über VR-Brillen präsentiert. So ist es möglich, unterschiedliche Körperillusionen bis hin zu außerkörperlichen Erfahrungen zu erzeugen (GuG 10/2012, S. 52).

Zu Therapiezwecken werden solche Tricks bei Patienten mit Phantomschmerzen in amputierten Gliedmaßen eingesetzt. Hierfür genügt oft eine simple Versuchsanordnung, das »Spiegelboxparadigma« (siehe GuG 3/2009, S. 64). Hat ein Patient etwa Schmerzen, wo einst die amputierte linke Hand war,



MIT FRIEDRICH VON MAX ORTIZ-CATALÁN

wird er an einen Tisch gesetzt, auf dem senkrecht ein Spiegel steht: parallel zur Blickrichtung, aber leicht nach links versetzt. Somit ist der Stumpf hinter dem Spiegel verborgen; stattdessen sieht der Patient die Spiegelung seiner gesunden, auf dem Tisch liegenden Hand.

Nun muss der Patient Bewegungen der Hand im Spiegel beobachten und sich vorstellen, es handle sich um seine eigene linke Hand. Als Ursache für Phantomschmerzen gelten Konflikte zwischen motorischen Befehlen, der Selbstwahrnehmung und dem visuellen Feedback. Werden diese mit Hilfe der »virtuellen« Hand im Spiegel aufgelöst, verringern sich die Schmerzen – allerdings nicht bei allen Patienten.

Für hartnäckige Fälle wählten Laura Schmalzl vom Karolinska-Institut in Stockholm und ihre Kollegen 2013 einen etwas anderen Ansatz. Zunächst setzten sie die Patienten in der gleichen Weise vor einen Spie-

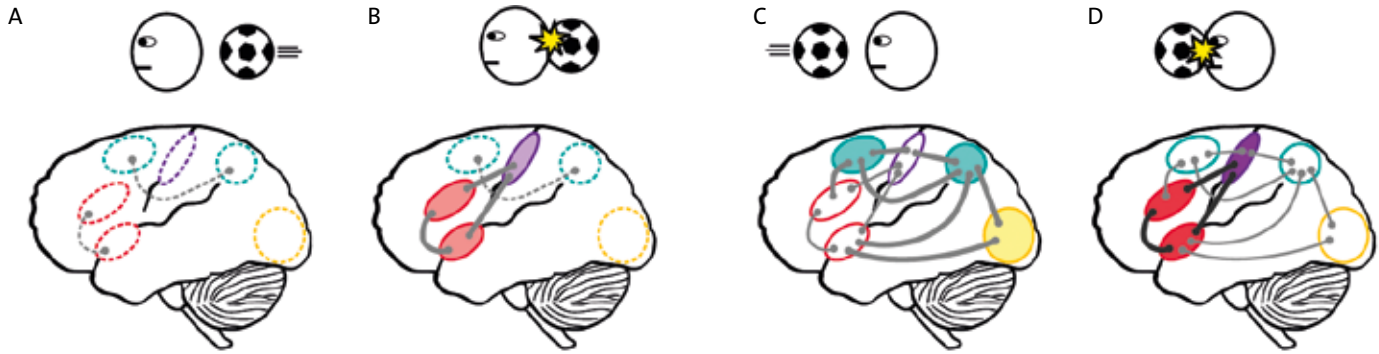
gel. Statt nun allerdings die Hand zu bewegen, sollten die Patienten im Spiegel beobachten, wie jemand ihre gesunde Hand berührte. Zeitgleich wurde eine korrespondierende Stelle ihres Stumpfs berührt. Das löste eine Phantomempfindung in der nicht mehr vorhandenen Hand aus und reduzierte den Phantomschmerz.

Ein weiteres Forscherteam arbeitet mit einem computer-gestützten Ansatz. Dabei registrieren Elektroden am Stumpf eines amputierten Arms die Muskelaktivität und steuern damit einen virtuellen Arm auf einem Bildschirm. Mit dieser Methode ließen sich die Schmerzen eines Amputierten lindern, bei dem 48 Jahre lang alle anderen Therapieversuche versagt hatten, wie die Forscher von der Technischen Hochschule Chalmers in Göteborg in einer Fallstudie von 2014 berichteten.

Handfester Erfolg

Diese Aufnahme aus dem Labor von Max Ortiz-Catalán an der Technischen Hochschule Chalmers in Göteborg verdeutlicht den computer-gestützten Ansatz. Dem Patienten im Bild konnte mit dem frei beweglichen virtuellen Arm geholfen werden, nachdem seine Phantomschmerzen 48 Jahre lang allen anderen Therapieversuchen getrotzt hatten.

*Clin. J. Pain 29, S. e10–e18, 2013
Front. Neurosci. 8, 24, 2014*



SENOWSKI D. ET AL. CROSSMODAL SHARPING OF PAIN - A MULTISENSORY APPROACH TO NOCICEPTION. IN: TRENDS IN COGNITIVE SCIENCES, S. 319-327, 2014, FIG. 3; ABRUCK: GENEHMIGT VON ELSEVIER / CCC

Schmerzverarbeitung mit und ohne Seheindruck

Die vier Grafiken zeigen, welche Bereiche des Gehirns an der Schmerzverarbeitung beteiligt sind: Sieht man keine Bedrohung und ist das Schmerzereignis noch nicht eingetreten (A), befinden sich alle Bereiche im Ruhezustand. Der Schmerz allein (B) sorgt für mittlere Aktivität im Salienz-

netzwerk (rot), das besonders auffällige Reize verarbeitet, sowie im sensomotorischen Kortex (violett), in dem alle Körperteile repräsentiert sind.

Dagegen aktiviert eine vor dem Schmerzereignis sichtbare Bedrohung (C) den visuellen Kortex (gelb) und das Aufmerk-

samkeitsnetzwerk (grün). So werden das Salienznetzwerk und der sensomotorische Kortex bereits vorgewarnt. In diesen beiden Regionen ist dann nach dem Schmerzereignis (D) die Aktivität größer als im Fall B – und der Schmerz ist subjektiv stärker.

Trends Cogn. Sci. 18, S. 319–327, 2014

Gezielte Reize anderer Sinnesmodalitäten können grundsätzlich gegen Schmerzen helfen. Da keine schädlichen Nebenwirkungen drohen, lohnt in vielen Fällen ein Versuch

auf der berühmten Gummihandillusion das Körperempfinden der Probanden manipulieren. Die Wahrnehmung der Versuchsteilnehmer wird dabei so beeinflusst, dass sie künstliche Gliedmaßen wie etwa eine Gummihand als Teil ihres eigenen Körpers wahrnehmen. Dieser Trick ermöglicht es, mit bedrohlichen und potenziell schmerzhaften Sinnesreizen zu experimentieren: Beispielsweise sticht, dem Anschein nach, der Experimentator dem Probanden mit einer Nadel in die Hand – tatsächlich aber bleibt diese unverletzt. Gestochen wird lediglich eine als eigener Körperteil wahrgenommene Gummio- oder virtuelle Hand.

Weg- oder hinschauen? Kommt drauf an!

Genau diesen Versuch machten wir 2012. Dabei beobachteten die Probanden eine virtuelle Hand, die sie als ihre eigene wahrnahmen. Mussten sie mit ansehen, wie eine Nadel in die Hand stach, war ihr körperliches Erregungsniveau höher und ihr Schmerzempfinden intensiver, als wenn ein

Wattestäbchen die Hand berührte. Eine Folge-studie von 2013 zeigte, dass bereits der Anblick der näher kommenden Nadel Hirnareale aktiviert, die bei der Wahrnehmung von bedrohlichen und schmerzhaften Reizen eine Rolle spielen. Es sind also gerade emotional besetzte und sich in Körperrnähe abspielende Sinnesreize, die die Verarbeitung und Wahrnehmung von Schmerz beeinflussen können. Somit ist man bei Injektionen tatsächlich gut beraten, nicht auf die Nadel zu schauen, sondern sich auf etwas anderes zu konzentrieren.

Aber nicht nur Sinnesreize in der unmittelbaren Umgebung unseres Körpers können unser Schmerzempfinden beeinflussen, sondern auch die bewusste Wahrnehmung unseres Körpers selbst. Das konnten 2009 Matthew Longo vom Birkbeck College der University of London und seine Kollegen in einem Experiment nachweisen, das eine sichtbare physische Bedrohung in Verbindung mit dem Schmerz vermied: Die Forscher benutzten einen unsichtbaren, infraroten Laserstrahl, um Schmerzreize am Hand-

rücken zu erzeugen. Diese empfanden die Probanden als weniger schlimm, wenn sie währenddessen die betroffene Hand – oder ein Spiegelbild der anderen Hand – betrachteten. Die Wissenschaftler nannten das Phänomen »visually induced analgesia«, visuell vermittelte Schmerzreduktion.

Netzwerk für auffällige Sinnesreize

Schmerz hat die wichtige Funktion, unseren Körper zu alarmieren und Reaktionen auszulösen, die vor weiteren Verletzungen schützen. Bei seiner Verarbeitung im Gehirn spielen zwei Netzwerke der Großhirnrinde eine bedeutende Rolle: das Aufmerksamkeitsnetzwerk, das es ermöglicht, uns Reizen bewusst zuzuwenden, und das Salienznetzwerk, das durch besonders auffällige Reize aktiviert wird, die dadurch unwillkürlich unsere Aufmerksamkeit erregen können (siehe »Schmerzverarbeitung mit und ohne Seheindruck«, links).

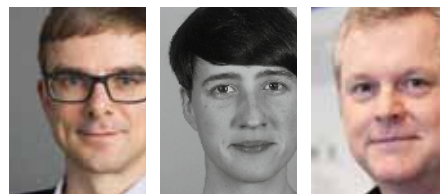
Beide Netzwerke arbeiten eng zusammen und dürften eine wichtige Rolle dabei spielen, wenn Schmerz durch andere Sinnesreize beeinflusst wird. Markus Ploner von der Technischen Universität München und sein Team setzten 2011 ihre Probanden der bereits erwähnten Kombination aus Schmerz und Bildern, etwa von Gewalt oder niedlichen Tierbabys, aus und fertigten dabei funktionelle Kernspinaufnahmen des Gehirns an. Es zeigte sich ein Zusammenspiel zwischen der Inselrinde – einem Teil des Salienznetzwerks – und dem frontoparietalen Aufmerksamkeitsnetzwerk. Diese Wechselwirkung könnte darüber entscheiden, wie andere Sinnesreize den Schmerz beeinflussen. Die genauen Zusammenhänge sind jedoch noch unklar.

Im Hinblick auf die angenehme Musik beim Zahnarzt sind ebenfalls Fragen offen. Musik lenkt uns vom Schmerz ab, sie kann entspannend auf uns wirken und angenehme Erinnerungen hervorrufen. Ein schmerzlindernder Effekt ist bei akut auftretenden Schmerzen aber noch nicht sicher nachgewiesen – auch wenn es zum Beispiel Hinweise darauf gibt, dass Musik nach einer Operation die Schmerzwahrnehmung und die benötigte Menge an Schmerzmitteln verringern könnte.

Was die Wirkung von Musik auf chronische Schmerzen anbelangt, so belegt die Mehrzahl der Studien einen lindernden Effekt zumindest bei einem Teil der Probanden. 2014 untersuchten etwa der Mediziner Eduardo Garza-Villarreal und seine Kollegen von der University of Monterrey, Mexiko, wie Musik die Schmerzen bei Fibromyalgie (siehe »Kurz erklärt«, rechts) beeinflusst. Die Patienten hörten entweder selbst gewählte entspannende Musik oder Rauschen. Nur im ersten Fall berichteten sie, dass die Schmerzen nachließen und ihre körperliche Beweglichkeit sich verbesserte. Großen Erfolg hat die multisensorische Stimulation zudem oftmals bei Menschen mit amputierten Gliedmaßen, die an Phantomschmerzen leiden (siehe »Körperillusionen gegen Schmerzen«, S. 71).

Unterm Strich hängt die schmerzstillende Wirkung von Therapien, die sich multisensorischer Stimulation bedienen, stark vom konkreten Fall ab. Ein besseres Verständnis der Wirkmechanismen würde womöglich dazu beitragen, schneller die optimale Behandlungsform für jeden einzelnen Patienten zu finden.

Klar ist immerhin, dass gezielt eingesetzte Reize anderer Sinnesmodalitäten grundsätzlich gegen Schmerzen helfen können. Da keine schädlichen Nebenwirkungen drohen, lohnt in vielen Fällen ein Versuch – bei Patienten mit chronischen Schmerzen beispielsweise als Teil einer auf Schmerzbewältigung zielenden Verhaltenstherapie. Es erscheint durchaus denkbar, dass Therapieansätze, die multisensorische Stimulation beinhalten, eines Tages ein fester Bestandteil der Behandlung von chronischem Schmerz sein werden. ~



Daniel Senkowski (links) ist Professor für Klinische Neuropsychologie an der Charité-Universitätsmedizin Berlin im St.-Hedwig-Krankenhaus. **Marion Höfle** ist klinische Psychologin und hat am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf (UKE) promoviert. **Andreas K. Engel** lehrt und forscht als Professor für Neurophysiologie am UKE.

KURZ ERKLÄRT

Fibromyalgie ist eine chronische und bis heute unheilbare Erkrankung, bei der Muskeln und Bereiche rund um die Gelenke im ganzen Körper schmerzen und einzelne Körperstellen besonders druckempfindlich sind. Hinzu kommen oft Begleitsymptome wie Schlafstörungen, Kopfschmerzen, Schwindel und Atemprobleme. Die Ursachen sind unklar. Betroffen sind allein in Deutschland etwa drei Millionen Menschen.

Quellen

- Hauck, M. et al.:** The Influence of Music and Music Therapy on Pain-Induced Neuronal Oscillations Measured by Magnetoencephalography. In: Pain 154, S. 539–547, 2013
- Höfle, M. et al.:** Viewing a Needle Pricking a Hand that You Perceive as Yours Enhances Unpleasantness of Pain. In: Pain 153, S. 1074–1081, 2012
- Longo, M.R. et al.:** Visually Induced Analgesia: Seeing the Body Reduces Pain. In: The Journal of Neuroscience 29, S. 12125–12130, 2009
- Mancini, F. et al.:** Changes in Cortical Oscillations Linked to Multisensory Modulation of Nociception. In: European Journal of Neuroscience 37, S. 768–776, 2013
- Pomper, U. et al.:** Cross-modal Bias of Visual Input on Pain Perception and Pain-Induced Beta Activity. In: Neuroimage 66, S. 469–478, 2013

Weitere Quellen im Internet:
www.spektrum.de/artikel/1360444