

Im Fluss der Zeit

Wie erschafft das Gehirn sein Zeitempfinden? In der Antwort könnte der Schlüssel zum Verständnis des Bewusstseins liegen.

von TOBIAS HÜRTER (Text)
und RICARDO RIO RIBEIRO MARTINS (Illustrationen)



Stellen Sie sich vor, ein Musikstück zu hören. Sagen wir, Beethovens Sinfonie Nr. 5. Die Melodie ertönt in Ihrem Kopf, immer wieder, zuerst von den Streichinstrumenten gespielt, dann variiert von den Bläsern. Nun stellen Sie sich vor, Sie würden die Töne der Sinfonie einzeln hintereinander hören, ohne Zusammenhang miteinander, einen nach dem anderen. Würden Sie die Sinfonie überhaupt hören? Nein. Nur einzelne Töne. Um die Melodie zu hören, müssen bereits erklungene Töne noch im Bewusstsein nachklingen, während ein neuer erklingt.

Wie in der Musik, so in der Literatur, so im ganzen Leben. Für eine Leserin dieses Texts kommt es auf die Beziehungen der Worte zueinander an, nicht auf die einzelnen Worte. Für einen Menschen, der durch die Welt geht, kommt es darauf an, seine Wahrnehmungen und Empfindungen zueinander in Beziehung zu setzen. Bewusstsein bedeutet, nicht nur in der Unmittelbarkeit des einzelnen Augenblicks zu leben, sondern die Momente zu einem Kontinuum zu verknüpfen. „Wer verstehen will, wie Geist und Gehirn zusammenhängen, muss verstehen, wie sie ihre Zeit hervorbringen“,

sagt der Philosoph und Neurowissenschaftler Georg Northoff, der an der kanadischen University of Ottawa lehrt. Einige wichtige Puzzleteile zur Lösung dieses Rätsels haben Northoff und andere Forscher in letzter Zeit gefunden.

Die Suche nach dem Wesen der Zeit ist ein Klassiker der Wissenschaft und Philosophie. Sie beschäftigt die Menschheit seit jeher. Die alten Griechen, die Götter für alles Erdenkliche hatten, benannten für die Zeit gleich zwei: Chronos und Kairos. Chronos war zuständig für die Zeit, die gleichmäßig und unerschütterlich dahinfließt. Kairos für die erlebte Zeit, für die richtigen und falschen Momente, die Langeweile und sich überstürzende Ereignisse. Augustinus von Hippo fragte um das Jahr 400: „Was also ist die Zeit? Wenn mich niemand

danach fragt, weiß ich es. Wenn ich es einem erklären will, der danach fragt, weiß ich es nicht.“ Der französische Philosoph Henri Bergson entwickelte zu Beginn des 20. Jahrhunderts einen eigenen Zeitbegriff, den er „durée“ (Dauer) nannte, um eben jenes Phänomen zu benennen: dass wir die Zeit nicht als lose Folge einzelner Zeitpunkte erleben, sondern als stetigen, zusammenhängenden Fluss.

Zeit und Gefühl

Menschen können Zeit auf zwei verschiedene Weisen erleben: unmittelbar und rückblickend. Das unmittelbare Zeitgefühl erlebt man, wenn man zwischendurch für ein paar Sekunden innehält und seine Aufmerksamkeit darauf richtet, wie die Zeit verstreicht. Bei unangenehmem Schweigen scheint sie sich zu dehnen. Ein lebhaftes Gespräch lässt sie verfliegen.

Die rückblickende Zeitwahrnehmung erstreckt sich über viel längere Zeiträume. Ein Mensch kann die letzte Stunde oder den vergangenen Tag Revue passieren lassen. Eine Hundertjährige kann ihr ganzes Leben in den Blick nehmen. Der Stoff dieser rückblickenden Zeitwahrnehmung sind die Erinnerungen. Und

KOMPAKT

- Egal ob im unmittelbaren Moment oder rückblickend in der Erinnerung: Zeit kann sich stauchen oder dehnen. Das ist davon abhängig, was wir erleben oder erlebt haben.
- Forscher verorten Zeitempfinden im Gehirn: Maßgeblich beteiligt daran ist die Insula. Neben Gehirnschans untersuchen sie das Phänomen auch mithilfe von Beobachtungsstudien.

„Wer verstehen will, wie Geist und Gehirn zusammenhängen, muss verstehen, wie sie ihre Zeit hervorbringen.“

für das Körperempfinden: den Gleichgewichtssinn, die Schmerz Wahrnehmung und das Berührungsempfinden. Die Insula ist eng mit dem auditiven Cortex vernetzt. Wer „in sich hineinhört“, nutzt seine

Insula. Wittmann und Kollegen sprechen von „Interozeption“ (Innenwahrnehmung). Der Körper eines Menschen ist sein Chronometer. Wir erleben die Zeit, indem wir äußere Ereignisse mit inneren abgleichen.

Wittmann überprüft diese Theorie mit Experimenten, in denen er Probanden in einem Floating Tank schweben lässt. Das ist eine Kabine, in denen sie von äußeren Reizen weitgehend abgeschnitten sind. Es ist stockdunkel, sie tragen Ohrstöpsel und schweben im Wasser. Sie sehen nichts und hören nichts, spüren so gut wie nichts von ihrer Umgebung. Doch sie spüren sich selbst: ihren Herzschlag, ihre Atmung, ihre Verdauung. Auch wenn die Außenwelt „stehen bleibt“, gehen die inneren Prozesse weiter. Wenn innen mehr passiert als außen, kommt uns die Zeit anfangs länger vor. Dann, nach einiger Zeit, verliert man das Zeitgefühl.

Wer mit leerem Handy-Akku im Wartezimmer beim Arzt sitzt oder ungeduldig an der Haltestelle auf den verspäteten Bus wartet, dem geht es in mancher Hinsicht ähnlich wie den Probanden im Floating Tank. Er ist auf sich selbst fixiert, eher angespannt und gelangweilt, nichts lenkt ihn ab von seiner Körperlichkeit. Das dehnt die Zeit.

Bleibt derselbe Mensch dagegen entspannt, lenkt sich vielleicht in Tagträumen ab, sind viele Minuten schnell vorbei. Wittmann hat diesen Zusammenhang in Laborversuchen überprüft, in denen Probanden gleiche Wartezeiten je nach innerer Befindlichkeit sehr unterschiedlich einschätzten. Er erlebt diesen Zusammenhang auch selbst, wenn er sonntags joggt. „Zuerst, wenn die Beine noch nicht in Schwung sind, spüre ich jeden Schritt“, sagt er, „die Zeit vergeht zäh. Dann komme ich in den Flow, und die Zeit fliegt.“

In einer außergewöhnlichen Studie hat Wittmann außerdem untersucht,

genesetzt, wenn man dieselbe Situation im Vergleich der beiden Arten des Zeiterlebens betrachtet. Zeiträume, die uns, wenn wir uns in ihnen befinden, wie eine halbe Ewigkeit erscheinen, erscheinen im Rückblick besonders kurz. In der Corona-Pandemie haben viele Menschen unfreiwillig mit diesem sogenannten Zeitparadox Bekanntschaft gemacht. Die Wochen und Monate der Lockdowns waren zäh – währenddessen. Im Rückblick aber schrumpften sie zusammen. Und beides aus demselben Grund. Es geschah wenig. Ein Tag war wie der andere. Die Zeit verging langsam. Im Rückblick verschwimmen die vielen Tage zu einem einzigen.

Wie kommt dieses subjektive Zeitempfinden zustande? Dazu hat der Psychologe Marc Wittmann, der am Institut für Grenzgebiete der Psychologie und Psychohygiene in Freiburg forscht, eine faszinierende Theorie. Er verbindet unser Zeitempfinden mit einer Gehirnregion namens Insula (Inselcortex), gut versteckt in einer Schläfenfalte der Großhirnrinde, zuständig unter anderem

auch sie kann die Zeit stauen oder dehnen. Wenn in einem Zeitraum mehr emotional befrachtete Dinge geschehen sind – zum Beispiel ein anregendes, fröhliches Gespräch oder ein banges, ängstliches Warten –, kommt er uns im Rückblick länger vor. Wenn kaum etwas von den Ereignissen in diesem Zeitraum im Gedächtnis geblieben ist, wirkt er kürzer.

Dabei fällt auf: Die Effekte des Stauens und Dehnens sind genau entge-

welchen Einfluss Alkohol auf das Zeitempfinden hat. Bei früheren Experimenten zu dieser Frage mussten die Probanden alkoholische Getränke in einer Laborumgebung konsumieren – kein Wunder, dass sie unentspannt blieben. Wie im Wartezimmer. Oder auf einer Party, auf der man sich fehl am Platz fühlt. Wittmann hingegen rekrutierte seine Versuchspersonen in einem natürlichen Habitat: einer Bodega in Lissabon. Er fragte mehr als hundert Personen nach ihrer Zeitwahrnehmung, vor dem Trinken und danach – und fand das Gegenteil dessen, was seine Kollegen im Labor beobachtet hatten. Nach einem Glas Rotwein wurden die Probanden offener, sozialer und emotionaler, fühlten sich ihren Mitmenschen näher. Die

Zeit verging deutlich schneller als im nüchternen Zustand. Alkohol hilft also, in den Flow einzutauchen. „Die Leute erlebten mehr“, sagt Wittmann. Im Rückblick kam ihnen die Zeit – gemäß dem Zeitparadox – reicher vor, folglich langsamer vergehend.

Wittmann hat die Theorie, dass die Insula eine Schlüsselrolle für das Zeitempfinden spielt, wesentlich vorangebracht, aber nicht aufgestellt. Der amerikanische Neuroanatom Bud Craig, der viel über Interozeption und die Insula geforscht hat, formulierte erstmals die Hypothese, dass das Gehirn sein Zeitempfinden aus Körpersignalen erzeugt. Inzwischen beweisen zig Studien Zusammenhänge zwischen der Zeitwahrnehmung und Körperprozessen.

Zeit und Raum

Sicherlich ist die Insula nicht das einzige Gehirnareal, das bei der Zeitwahrnehmung mitspielt. Der amerikanische Neurologe Aaron Boos und seine Mitarbeiter haben an Patienten mit Verletzungen in einer Region namens Precuneus im hinteren Scheitelpol festgestellt, dass deren Zeitgefühl gestört ist. „Minuten schienen wie Stunden“, beschrieb Boos das Erleben eines am Precuneus operierten Patienten, „jedes Mal, wenn er auf die Uhr schaute, war er überrascht, wie wenig Zeit vergangen war.“ Bemerkenswert dabei ist, dass der Precuneus auch eine wichtige Rolle in der Raumwahrnehmung spielt. Raum und Zeit sind eng verbunden im menschlichen Denken und in unserer Sprache. Wir sprechen davon, dass ein Ereignis „vor“ oder „nach“ einem anderen kommt. Wir sprechen von „Zeiträumen“, die „lang“ oder „kurz“ sein können.

Man könnte diese Vokabeln für bloße Metaphern halten: für sprachliche Behelfe, um auszudrücken, wofür wir sonst keine Worte hätten. Aber hinter ihnen steckt mehr. Wie tief der Zusammenhang zwischen zeitlichem und räumlichem Denken ist, zeigt sich bei Patienten mit einem sogenannten

visuellem Neglect. Bei ihnen ist eine der Gehirnhälften geschädigt. Da die linke Gehirnhälfte für die rechte Seite des Gesichtsfelds und die rechte Körperhälfte zuständig ist und die rechte Hälfte für die linke Seite, orientieren sich Menschen mit einer Schädigung in der rechten Gehirnhälfte mehr nach rechts. Zum Beispiel nehmen sie Dinge zu ihrer Linken nicht mehr bewusst wahr, rasieren nur noch die rechte Seite ihres Gesichts, schlüpfen nur noch in den rechten Ärmel ihrer Jacke.

Und noch etwas übersehen Menschen mit einer verletzten rechten Gehirnhälfte: die Vergangenheit. Frühere Ereignisse wie „Karl war vor zehn Jahren Radrennfahrer“ verstehen sie nicht mehr. Dagegen können sie sich noch gut vorstellen, dass Karl in zehn Jahren Radrennfahrer sein wird. In unserer westlichen Kultur ist die Vergangenheit traditionell mit der

Wer mit leerem Handy-Akku im Wartezimmer beim Arzt sitzt, den lenkt nichts ab von seiner Körperlichkeit. Das dehnt die Zeit.



linken Seite verbunden. Es ist üblich, den Zeitpfeil von links nach rechts zu zeichnen – so wie von links nach rechts zu schreiben. Dagegen werden Arabisch und Hebräisch von rechts nach links geschrieben, Chinesisch von oben nach unten. Entsprechend zeichnen Araber ihre Lebenslinien von rechts nach links, Chinesen von oben nach unten. Wie wirkt sich bei ihnen ein visueller Neglect auf die Zeitwahrnehmung aus? „Dazu gibt es, soweit ich weiß, noch keine Studien“, sagt Wittmann.

Für Physiker ist die Zeit schlicht eine geometrische Dimension, wie auch die Dimensionen des Raums. Das ist die Zeit, für die im alten Griechenland der Gott Chronos zuständig war, die objektive, mit Uhren messbare Zeit. Es bleibt das Rätsel der Zeit des Gottes Kairos: die erlebte, subjektive Zeit.

Zeit und Bewusstsein

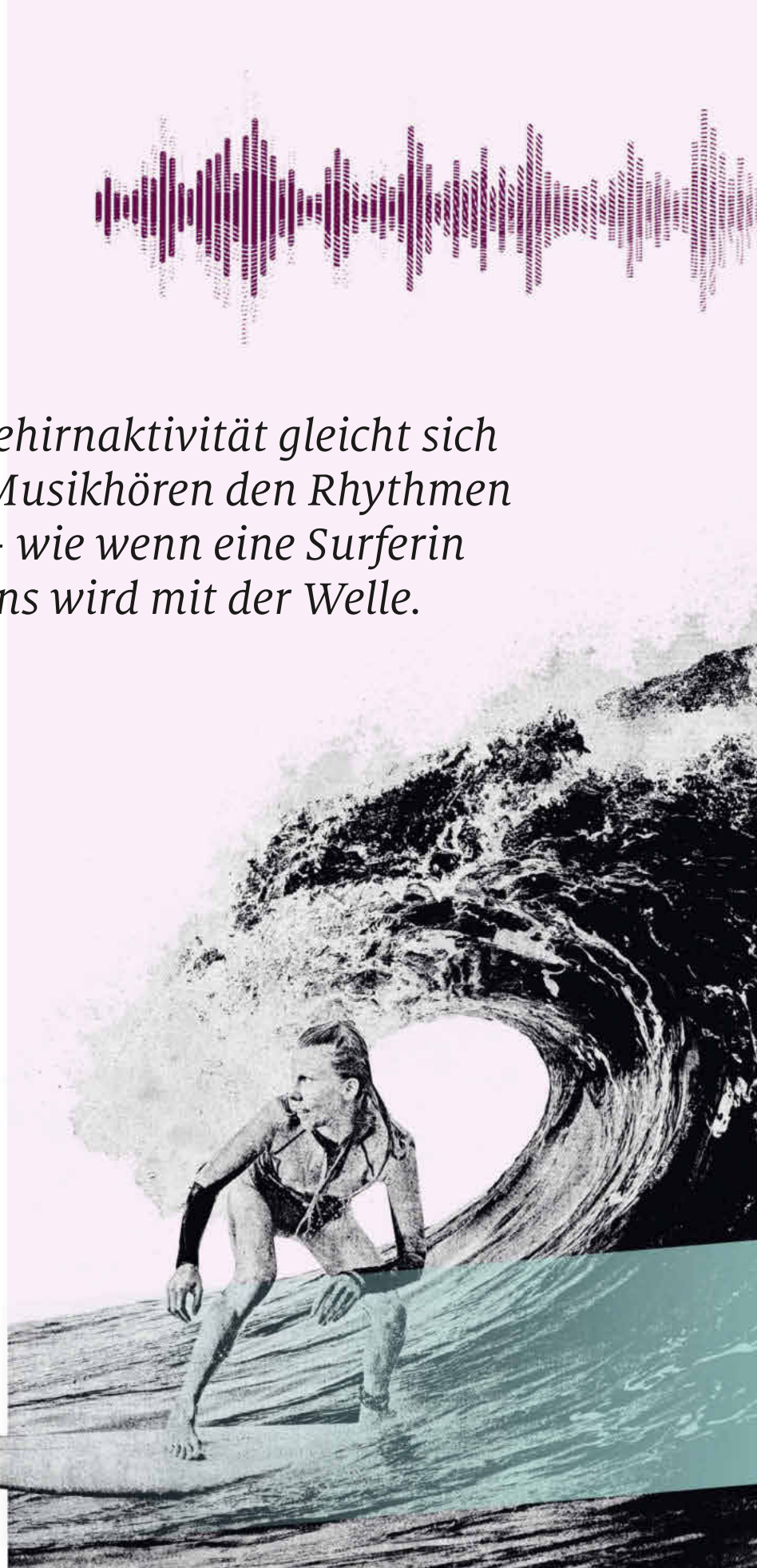
Wie wird aus einer Folge von akustischen Schwingungen im Kopf eine Melodie? Wie wird aus einem Gewirr elektromagnetischer Wellen das Erlebnis einer Landschaft oder eines Kunstwerks? Warum erleben wir überhaupt etwas? Das sind die Fragen, die man immer wieder hört, wenn Forscher und Philosophen von den ungelösten Rätseln auf diesem Gebiet sprechen. Northoff ist überzeugt, dass der Weg zur Lösung darin liegt zu ergründen, wie das Gehirn seine innere Zeit mit der Zeit seiner Umwelt synchronisiert. „Zeit ist eine wesentliche Bedingung für Bewusstsein“, sagt Northoff.

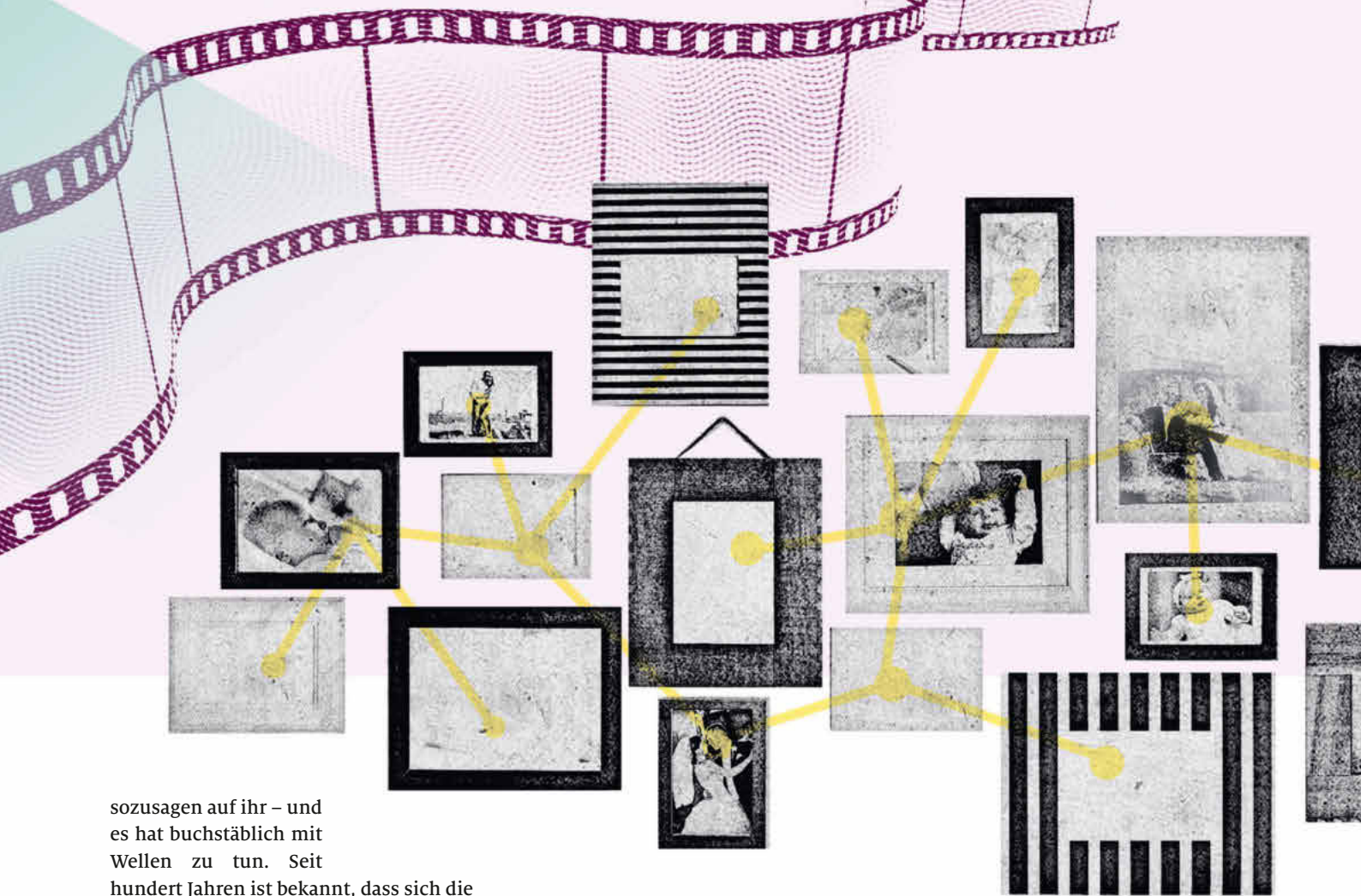
Was meint Northoff damit? Er erklärt es mit einer Analogie: Eine Surferin reitet auf einer Welle in der Meeresbrandung. Mit den Bewegungen ihres Körpers hält sie sich auf dem Brett, gerade so, dass sie die Kraft der Welle nutzt, um selbst Schwung aufzunehmen.

Je besser sie surft, desto feiner geht sie auf die Bewegung der Welle ein. Fast als werde sie eins mit der Welle.

Ganz ähnlich ist es, sagt Northoff, wenn Menschen Musik hören. Sie surfen

Die Gehirnaktivität gleicht sich beim Musikhören den Rhythmen an – wie wenn eine Surferin eins wird mit der Welle.





sozusagen auf ihr – und es hat buchstäblich mit Wellen zu tun. Seit hundert Jahren ist bekannt, dass sich die Aktivität des Gehirns zu sich rhythmisch wiederholenden Mustern fügt, oft „Gehirnwellen“ genannt. Der deutsche Psychiater Hans Berger entdeckte diese Wellen im Jahr 1924, als er Elektroden an das offenliegende Gehirn eines Patienten legte und rhythmisch schwingende Spannungsschwankungen maß, deren Frequenz sich veränderte, wenn Berger dem Patienten verschiedene kognitive Aufgaben stellte. Berger gilt als Vater der Elektroenzephalografie (EEG).

Wenn nun ein Mensch Musik hört, dann kann man im EEG beobachten, wie die zeitliche Struktur seiner Gehirnaktivität sich dem Duktus der Musik angleicht – ganz wie die Surferin ihre Bewegungen mit der Welle synchronisiert. „Wir können messen, wie der Groove der Musik das Gehirn erfasst“, so Northoff, „es badet sozusagen in der Musik.“ Der Fachausdruck dafür ist „spatio-temporal alignment“ (raum-zeitliche Angleichung): Die Gehirnwellen schwingen im Einklang mit den Sinnesreizen. Am Schreiber einer EEG kann man sehen, wie das Gehirn mit der Musik schwingt. Man kann es auch ohne EEG spüren, wenn man mit dem Fuß den Rhythmus tappt.

So ist es nicht nur beim Musikhören. So ist es auch, wenn Menschen gehen, laufen, schwimmen, Rad fahren – oder inlineskateten, ein Sport, den Northoff in der Zeit der Corona-Beschränkungen für sich entdeckt hat. „Wenn es gut läuft, wenn das Gehirn in den Rhythmus kommt, dann synchronisieren sich seine inneren Prozesse mit den Prozessen seiner Umgebung. Es wird Teil der Umwelt, mit der es über seine Sinne verbunden ist. „Genau das ist Bewusstsein“, sagt Northoff.

Zeit und Depression

Northoff praktiziert auch als Psychiater und hält es für den Lackmus-Test seiner Theorie, ob sie dabei helfen kann, psychische Erkrankungen zu diagnostizieren und zu therapieren: Charakteristisch für Depression, Manie und Schizophrenie sei eine gestörte Synchronisation mit der Umwelt.

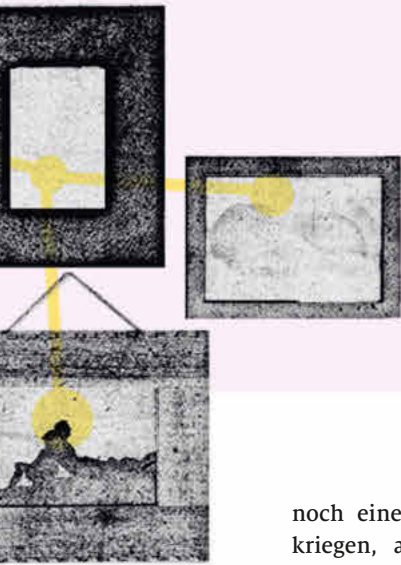
Eines Tages kam eine 16-jährige Patientin mit schwerer Depression zu ihm, erzählt Northoff. Sie sprach kein Wort. Ihre Mutter hingegen, die sie begleitete, sprach in normalem Tempo. Später fragte Northoff die junge Patientin: Warum

haben Sie bei Ihrer Aufnahme nicht gesprochen? Ihr sei alles zu schnell gegangen, antwortete sie. Zwar sei ihr klar gewesen, dass ihre Mutter in üblichem Tempo gesprochen habe. Dennoch konnte sie ihr nicht folgen. So schaltete sie ab.

„Depressive Patienten empfinden ihre eigene Zeit als zu langsam“, sagt Northoff. Die Gedanken scheinen zu erstarren. Auch die Bewegungen der betroffenen Patienten werden langsam, ein Symptom, das psychomotorische Retardation genannt wird. Die visuelle Wahrnehmung depressiver Patienten ist gestört: Sie erleben die Welt als statisch, ohne Dynamik. Gehirnschans zeigen ein Aktivitätsdefizit in ihrem visuellen Cortex. „Sie sind zu langsam in ihrem Gehirn“, sagt Northoff. „Für mich ist die Depression ein Tempo-Defizit.“ Und wer sich permanent zu langsam vorkomme, sei zwangsläufig traurig und antriebslos.

Das Gegenteil ist die Manie: Die Patienten sind im Hyperdrive. Die Welt geht ihnen zu langsam. Als würden sie mit Vollgas über die Autobahn rasen. „Mit 200 Stundenkilometern mögen Sie

Erinnerungen sind nicht als Filmstreifen gespeichert – das Gehirn muss zwischen Bildern Verbindungen schließen.



noch einen Kick davon kriegen, aber wenn es auf 300 zugeht, ist es nur noch gefährlich“, sagt Northoff. Bei manischen

Patienten beobachten Northoff und Kollegen eine zu schnelle Gehirnaktivität.

Ob das Gehirn den richtigen Takt findet, ist ein Signal für seinen Bewusstseinszustand – und dafür, ob es überhaupt bei Bewusstsein ist. Wenn sich die Frequenzmischung, mit der das Gehirn gerade arbeitet, nicht mehr verändert, wenn es zwischen langsamen und schnellen Zeitskalen keinen Intensitätsunterschied mehr gibt, „wenn man nur weißes Rauschen sieht, dann kann man sagen, dass da kein Bewusstsein ist“, sagt Northoff. So etwa bei Patienten in Vollnarkose oder im sehr tiefen Koma.

Ein bewusstes Gehirn ist wie ein Instrument, das von seiner Umgebung zum Klingen gebracht wird. Allerdings sind auch gesunde Gehirne beschränkt in ihrem Klangspektrum. Für das Kurzzeitgedächtnis ist schon eine Minute eine Ewigkeit. „Die Zeitskalen des Gehirns sind sehr begrenzt“, sagt Northoff. Menschen können außerdem nur enge Ausschnitte des elektromagnetischen und des akustischen Spektrums wahrnehmen. Sie haben keine Ohren für Erdbebenwellen und Ultraschall, keine Augen für Infrarotlicht. Längst nicht

alles in der Welt ist Musik für sie. Menschen erleben die Welt aus einem menschlichen Bewusstseinsmodus, der sich vom Bewusstsein der Wale und Fledermäuse wesentlich unterscheidet. Northoff plädiert daher für eine „kopernikanische Wende“ in der Gehirnforschung. So wie Kopernikus einst erkannte, dass die Erde nicht im Mittelpunkt des Universums liegt, und Darwin zeigte, dass der Mensch nicht die Krone der Schöpfung ist, sondern nur ein Seitenast der Evolution, so sollten wir uns nun von der Vorstellung verabschieden, das Gehirn habe eine ganz spezielle Sonderstellung in der physikalisch-biologischen Welt, weil es den Geist hervorbringt. „Nein“, sagt Northoff, „schaut doch mal auf die Eigenschaften, die das Gehirn mit der physikalisch-biologischen Welt teilt. Seht es als Teil der Welt.“

Zeit und Erinnerungen

Die Spanne des menschlichen Bewusstseins umfasst einerseits nur ein paar Sekunden. Menschen können aber andererseits mentale Zeitreisen unternehmen. Wenn sie sich an etwas Vergangenes erinnern, nehmen sie Verbindung auf zu etwas, das sie früher erlebt haben und das immer noch irgendwo in ihrem Kopf repräsentiert ist. Ein Team des Max-Planck-Instituts für Kognitions- und Neurowissenschaften in Leipzig hat erforscht, wie das Gedächtnis solche zeitlichen Beziehungen zwischen Erinnerungen im Gedächtnis herstellt.

Erinnerungen sind im Gedächtnis nicht wie ein Video vergangener Ereignisse abgespeichert, sondern als mentale Konstrukte mit Löchern und Lücken. Um daraus ein kohärentes Bild der Vergangenheit zu bilden, muss das Gehirn Verbindungen schließen zwischen den Bausteinen dieser Konstrukte, den einzelnen Erinnerungen. Ein Team um die Leipziger Wissenschaftler Jacob Bellmund und Christian Doeller spielte Versuchssper-

sonen alltägliche Szenen einer Sims-Familie aus dem gleichnamigen Computerspiel vor, wie sie die Zeitung lesen, putzen oder Tischkicker spielen. Im Gehirnschanner verfolgten die Forscher, wie die Probanden ihre Erinnerungen zusammenfügten. Sie sahen, dass ähnliche Sequenzen von Erinnerungen – zum Beispiel Werkzeuge mit ähnlichen Abläufen – im Hippocampus durch ähnliche Aktivitätsmuster repräsentiert sind. Deshalb kann es schwierig sein, sich zurückzusetzen: Wer zum Beispiel gewohnt ist, um 8:30 Uhr zur Arbeit aufzubrechen, wird auch seinen Aufbruch am vorigen Mittwoch in seiner Erinnerung auf diese Uhrzeit legen – auch wenn er damals nicht auf die Uhr geschaut hat und womöglich erst etwas später losgekommen ist. Auch Erinnerungen, die zeitlich nah beieinanderliegen, sind im Gehirn ähnlich repräsentiert, und zwar je näher, desto ähnlicher: etwa, wenn man samstagsabends ein neues Restaurant ausprobiert und anschließend ins Theater geht.

Bei Alzheimer-Patienten, deren Gedächtnis durch Stoffwechselstörungen im Gehirn beeinträchtigt ist, sind diese Prozesse gestört. Die Verbindungen zwischen den einzelnen Erinnerungen gehen ihnen verloren. Sie vermischen Erinnerungen aus verschiedenen Tagen, Monaten oder Jahren. Sie verlieren ihre innere Zeit. Und damit ihre Verbindung zur Welt. Die Melodie zerfällt in einzelne Noten. Bewusstsein braucht Zeit. ■



TOBIAS HÜRTER hat für seine Recherche unter anderem das Buch „Chronos“ von Guido Tonelli gelesen. Seine Rezension finden Sie auf Seite 70.

INFO

Online-Artikelarchiv:

Lesen Sie einen weiteren Artikel zum Thema Hirnforschung und Musik im Online-Archiv: hier.pro/musik



Sie können bdw+ 4 Wochen gratis testen.