

REINHARD FRIEDL

Herzchirurg

DAS HERZ TANZT MIT VERSTAND -
ZUR MESSBARKEIT EINER SENSATION

DAS HERZ TANZT MIT VERSTAND - ZUR MESSBARKEIT EINER SENSATION

Universität für angewandte Kunst Wien

19. November 2015

Lebendig Sein

Während ich diesen Beitrag schreibe, wird Donald Trump zum amerikanischen Präsidenten gewählt. Die Bild Zeitung schreibt dazu am 10. November 2016 auf Ihrer Online-Plattform: „Nicht mehr auf Umfragen hereinfallen [...]. Im ultra-emotionalen Social-Media-Zeitalter kann es nicht schaden, seinem Gefühl zu vertrauen. Das Hirn ist nutzlos ohne das Herz“.

Ich bin von Beruf Herzchirurg und habe viele tausend Herzen in meinen Händen gehalten. Ich operierte frühgeborene Babys und reparierte bei hochbetagten Patienten Herzklappen. Ich habe Kunstherz-Turbinen implantiert und Messerstichverletzungen am Herzen genäht. Das Herz ist der Motor unseres menschlichen Lebens und schlägt im Laufe von 75 Jahren ca. 3 Milliarden Mal. Ich bin immer wieder fasziniert von der perfekten Funktionsweise und schierem Kraft unserer Herzen. Und ich habe mich immer wieder gefragt, was ist das für ein wundersames Organ, das uns leben lässt und das durch verschiedenste Kulturen und Zeitalter hinweg für Liebe, Mitgefühl,

Mut, Willen, Weisheit und Stärke steht? Dennoch haben wir bisher am Herzen keine Sensoren für Mitgefühl und Liebe gefunden, keine Pumpe zum Ausstoß von Mut oder Stärke. Aber wir alle erleben diese Dimensionen von Bewusstsein als eine innere Wahrheit, die unser Leben beeinflusst.

In welchem Zusammenhang steht das mit unserem biologischen Herzen?

Mit großer Freude folgte ich der Einladung von Frau Prof. Marion Elias (Leiterin der Abteilungen Philosophie und Gender Art Lab der Universität für angewandte Kunst in Wien; Angewandte) einen Vortrag in einem Curriculum über Aisthesis, die sinnliche Wahrnehmung, zu halten, in welcher sie „...Künstler, Wissenschaftler und Mediziner befragt und definieren lässt, wie ihnen Wahrnehmung - sinnlich- daherkommt...“. Aisthesis, die sinnliche Wahrnehmung, könne aktuell nicht mehr debattiert werden ohne Kenntnisse der Hirnforschung miteinzubeziehen.

Die modernen Neurowissenschaften sind der Meinung, dass Wahrnehmung zu Bewusstsein führt, welches im Gehirn entsteht. Das Herz, und nicht das Gehirn, sei Sitz der Gefühle, glaubte Aristoteles. Seine Erfahrungen und Theorien basierten im Wesentlichen auf Introspektion und Selbsterfahrung. Und ich stellte mir die ernsthafte Frage: Haben die Neurowissenschaften dem Herzen die Geheimnisse der Liebe gestohlen?

Wahr Nehmen

Wahrnehmen beinhaltet das Wort „wahr“. Wahr im philosophischen Sinne ist alles, was ist und kennzeichnet die Wirklichkeit. Dies kann erheblich mehr sein, als wir mit unseren Sinnen auf physiologisch messbare Weise objektivieren können. Und es kann auch weit über unsere Vorstellungskraft hinausgehen.

Die Wirklichkeit unterscheidet sich begrifflich und inhaltlich signifikant von der Realität, welche vom lateinischen Wort „res“ abstammt und das Ding oder die Sache meint. Realität ist also die Dinglichkeit. Wir bezeichnen das als real, was wir mit unseren fünf klassischen Sinnen erfassen können. Objekte, die wir mit den Händen und der Haut betasten und mit unseren Augen sehen können. Gerne auch Speisen, die wir mit der Nase riechen und der Zunge schmecken. Und in jedem Fall Geräusche, welche wir mit unseren Ohren hören.

Das, was wir Menschen mit unseren Sinnen erfassen können, ist nicht die Wahrheit, sondern die Realität, welche nur ein

hoch selektiver Ausschnitt der Wahrheit ist, der Existenz von Allem. Mit unseren Augen können wir nur einen winzigen Teil der Sterne, der vielen Milliarden existierenden Galaxien am Himmel leuchten sehen. Unser Sinnesorgan Auge erlaubt es uns, bestimmte Wellenlängen von Licht zu sehen, die wir als Farben empfinden. Allerdings gibt es erheblich mehr Wellenlängen von Licht (z.B. Röntgenstrahlen oder Radiowellen), die wir nicht sehen können.

Bestimmte Schallwellen können wir jedoch hören, wenn wir morgens das Radio einschalten oder in ein Konzert gehen. Und manche Tiere hören, sehen oder riechen sogar sehr viel mehr oder auf eine ganz andere Art als wir Menschen. Zugvögel lassen sich vom Magnetfeld der Erde, welches unseren Sinnen nicht zugänglich ist, nach Afrika leiten. Fledermäuse haben ein Ecosystem. Radarsignale sind ihre Realität und ein schwarzes Bild mit vielen weißen Punkten, die von Mücken reflektiert werden, bedeuten eine gute Nacht für sie. Hunde riechen die Wurst lange bevor wir Menschen sie aus der Tasche holen. Ihr hochsensitiver Geruchssinn lässt ihre Realität anders aussehen weil sie vornehmlich in einer Welt von Gerüchen leben.

Wir wissen all das, und auf der wissenschaftlichen Suche nach Wahrheit erweitern wir die Realität um Phänomene, die wir nachweisen, jedoch nicht mit unseren fünf Sinnen wahrnehmen können.

Zum Beispiel gab es lange Zeit einen wissenschaftlichen Konsens darüber, dass wir aus kleinsten Teilchen, aus Atomen bestehen. Mit dem Modell der Atome und ihren Interaktionen, und Verknüpfungen zu Molekülen, lässt sich unsere reale Welt recht gut erklären, wenngleich niemand jemals ein einzelnes Atom gesehen hat. „Solchen Modellen billigen wir dann den Status der Wirklichkeit oder absoluten Wahrheit zu“ [1]. Das Modell der atomaren „Wahrheit“ wurde vor fast 100 Jahren von der Quantenphysik abgelöst, die besagt, das alles aus Elementarteilchen besteht.

Ein Elementarteilchen darf man sich aber nicht vorstellen wie einen Mini-Legostein oder ein Atom. Sie sind sehr viel kleiner, können nur eine Lichtwelle sein. Sie können sich an unterschiedlichen Orten, die Millionen von Lichtjahren voneinander entfernt sind, gleichzeitig aufhalten und verhalten sich auf vielfältige Art und Weise „spukhaft“, wie Albert Einstein es nannte. Kurioserweise scheinen sie es zu bemerken, wenn sie beobachtet werden und ändern dann ihr Verhalten. Zum Beispiel legen sie sich dann fest, ob sie ein Teilchen oder eine Welle sind. Wie aus dieser schrägen Mi-

schung makroskopische Materie entsteht, also auch ein menschlicher Organismus, ist nach wie vor Gegenstand vieler Wirklichkeitsmodelle, Theorien und Diskussionen.

Im Juli 2012 wurde die Existenz des sogenannte „Higgs“- oder „Gottesteilchen“ entdeckt und 2013 wurde dafür der Nobelpreis verliehen. Es ist das „Teilchen“, das im Baukastenmodell der Teilchenphysik noch gefehlt hat und das allen anderen Elementarteilchen Masse verleiht. Es ist somit ein wesentlicher Puzzlestein bei der Entstehung von Materie. Quantenphysikalisch ist alles, was existiert, miteinander verbunden und in steter Wechselwirkung. Dies ist definitiv außerhalb des Vorstellungs- und Wahrnehmungsvermögens der meisten Menschen. Frage: Was macht denn dieses Higgsteilchen nun? Inwiefern verleiht es anderen Teilchen Masse?

Am anderen Ende der Größenskala steht das Universum und wir betrachten es als Realität, dass dieses vor 13,7 Milliarden Jahren aus dem Urknall entstanden ist und wir im weiteren Sinne aus dem entstandenen Sternenstaub (aus Elementarteilchen) bestehen. Vor dem Big Bang war alles Eins, alle Existenz an einem einzigen winzigen Punkt zusammengedrängt. Dieser Zustand wird auch als Singularität bezeichnet. Seit dem Urknall dehnt sich das Universum aus. Die wohl bekannteste Theorie des Universums ist Einsteins allgemeine Relativitätstheorie, die sich mit Raum, Zeit und Gravitation auseinandersetzt. Es gibt auch Theorien, nach denen der Urknall nicht der „Anfang von Allem“ wahr, sondern die besagen, dass bereits vor dem Urknall ein Universum existierte, das sich zu einem einzigen Punkt kontrahierte und seit dem Urknall erneut ausdehnt [2]. Man könnte es auch als den „Herzschlag des Universums“ bezeichnen und unser kleines menschliches Herz, das zeitlebens „Bum Bum“ macht, hätte einen großen Bruder: den Big Bang. Man könnte auch sagen, alles Sein folgt einem ewigen Rhythmus aus Anspannung und Entspannung.

In der Welt des Allerkleinsten, der Elementarteilchen und Quantenphysik, kommt die Gravitation nicht vor. In beiden Theorien spielt die Schwerkraft entweder eine sehr bedeutende Rolle oder gar keine. Das heißt, sie "sind nicht miteinander in Einklang zu bringen und können nicht beide richtig sein" [3]. Hinzu kommt, wenn wir in den Bereich des Urknalls zurückrechnen erreichen wir einen Punkt, an dem die Relativitätstheorie und alle physikalische Gesetze ihre Gültigkeit verlieren. Mit anderen Worten, wir haben zwei Modelle oder Theorien der Wirklichkeit, mit denen sich vieles sehr gut erklären lässt, die sich jedoch letzten Endes widersprechen. Und so verwendet die aktuelle Physik sehr viel Energie auf die Entwicklung von einer Theorie, welche die Relativitäts-

theorie und die Gesetze der Quantenmechanik in Einklang bringt und die auch im Angesicht des Urknalls oder davor noch gültig sein könnte.

Die bekannteste Variante Relativitätstheorie und Quantenphysik zusammenzubringen, ist die Stringtheorie. Laut ihr sind die Elementarteilchen keine Teilchen mehr, sondern eindimensionale Energiefäden (Strings) die ebenfalls Materie bilden können. Auf ihr aufbauend, können ebenfalls unendlich viele Universen existieren. Dieses Modell bezeichnet man als Multiversum-Theorie (M-Theorie). Wenn schon das Universum unendlich ist, muss es das Multiversum natürlich auch sein.

Wir können uns das eher nicht vorstellen. Es kann theoretisch sein, dass sich unser Universum nicht nur neben anderen Universen, sondern auch innerhalb anderer Universen befindet, wie eine Seifenblase in einer anderen Seifenblase. Oder, dass sich andere Universen innerhalb unseres Universums befinden und Parallelwelten existieren. Das Ganze, oder die Wahrheit, würde sich, entsprechend der M-Theorie, in einem 11-dimensionalen Raum abspielen [4].

Die Biologie und die Medizin beschäftigen sich mit der Materie und der Natur des Lebendigen. Ihre Modelle objektiver Wahrheit basieren immer noch auf der Vorstellung von Atomen und Molekülen. Damit kann man viele sogenannte Stoffwechselfvorgänge (Stoffwechsel bezieht sich auf das Stoffliche, Materielle, Dingliche) in unserem Inneren erklären. Die Molekularbiologie und die Genetik werden als die postmoderne Ultima Ratio der medizinischen Forschung betrachtet.

Das ist schon so unendlich kompliziert, dass eine, der Wirklichkeit möglicherweise näher kommende quantenphysikalische Betrachtung des menschlichen Organismus und seine darauf basierende Verbindung mit Allem, was existiert, in seiner Komplexität nicht mehr erfassbar ist. Der Physiker und Empfänger des alternativen Nobelpreises, Hans Peter Dürr sagt dazu in einem Interview: „ Die Biologen hängen immer noch im Materiellen fest“

Bewusst Sein

Wie dem auch sei, wir nehmen also unsere Umwelt wahr. Bestimmte Wellenlängen von Licht treffen auf unser Auge und über biophysikalische Prozesse entsteht ein Nervensignal, eine elektrisch messbare Erregung. Diese wird weitergeleitet an bestimmte Bereiche in unserem Gehirn und in unserem Körper. Neurobiologen haben inzwischen eine sehr gute Vorstellung davon, wie so ein Lichtsignal weitergeleitet wird und welche

Bereiche des Gehirns am Sehen beteiligt sind. Es gibt zum Beispiel die sogenannte Sehrinde in unserem Großhirn und wenn diese geschädigt oder krank ist, verlieren wir unser Sehvermögen. Dann sind wir im schlimmsten Fall blind. Die Hypothesen oder Modelle der Neurobiologie postulieren aufgrund dieser Erkenntnis, dass unsere optischen Sinneswahrnehmungen in einem bestimmten Abschnitt unseres Gehirnes, nämlich der Sehrinde, entstehen [5]. Nur, sie haben nicht die geringste Ahnung, auf welche Art und Weise dieses strahlende Kino in unserem Gehirn projiziert wird. Sie kennen die Mechanismen nicht. Genau an der Schnittstelle, an welcher das elektrische Nervensignal des Sehnervs auf einen Verband von Gehirnnervenzellen trifft, passiert etwas... Unbekanntes. Es entsteht dieser gewaltige, bewegte, vielfarbige Film als eine innere Repräsentation unserer äußeren Umwelt. Aufgrund der existierenden Lichtwellen, die wir mit unseren Augen wahrnehmen können, bildet sich ein optischer Teil von Bewusstsein.

Analog verhält es sich mit unseren anderen Sinneswahrnehmungen. Duftmoleküle lösen elektrische Reize an den Riechzellen unserer Nasenschleimhaut aus, elektrische Signale werden in das sogenannte Riechhirn weitergeleitet und wir empfinden Gerüche als einen weiteren Bestandteil von Bewusstsein. Aber was ist der zugrundeliegende, zelluläre Mechanismus?

Wir hören Worte: Schallwellen bewegen die Knöchelchen in unserem Innenohr, es entsteht ein elektrischer Impuls. Dieser wird an bestimmte Gehirnnervenzellen weitergeleitet und wir hören und verstehen beispielsweise Sprache. Schallwellen werden in Echtzeit zu bewusstem Verstehen decodiert. Aber was passiert in diesen Hörzellen, die vom Hörnerv innerviert werden? Was ist der Code?

Mit allen zur Verfügung stehenden wissenschaftlichen Methoden können wir diese Fragen nach dem Code von Bewusstsein aus molekularbiologischer Sicht nicht beantworten. Es ist ein völliges Mysterium. Die Biochemie im Inneren einer Nervenzelle unterscheidet sich nicht wesentlich von der anderer Zellen. Das Besondere an Nervenzellen ist, dass sie elektrische Erregung leiten und multiple, vielverzweigte Kontakte mit anderen Nervenzellen eingehen können. Ihre elektrischen Signale werden von Millionen anderer Nervenzellen aufgenommen, „verarbeitet“ und an viele Millionen anderer Nervenzellen weitergeleitet. Auf diese Art und Weise entstehen die sogenannten neuronalen Netze. Wie daraus jedoch Bewusstsein wird, ist unklar.

Der bekannte Quantenphysiker Roger Penrose und der kanadische Biologe und Anästhesist Stuart Hameroff behaupten, dass un-

sere Gehirnleistung auf quantenphysikalischen Prozessen basiert. Also auf einer Ebene, die millionenfach kleiner und verrückter ist als die Modellebene der Atome und Moleküle [6, 7]. Dies ist an prominenter Stelle publiziert und mannigfach diskutiert. Bewiesen werden konnte die Theorie bisher nicht, im Übrigen ebenso wenig wie die String- und Multiversum-Theorie.

Wir wissen nur Folgendes: Sind bestimmte Gehirnbereich geschädigt oder erkrankt, kann es sein, dass wir im Extremfall taub werden, oder blind oder die Bedeutung der Sprache nicht mehr verstehen. Mit anderen Worten: Anteile von Bewusstsein fallen aus. Die gängige neurobiologische Hypothese, dass Töne, Bilder, Gerüche oder Tastempfindungen in einem damit assoziierten Gehirnteil „entstehen“, mit anderen Worten -hier bewusst werden- ist falsch. Da es hierfür keinerlei molekularbiologische Erkenntnisse gibt, können wir nur sagen: diese Gehirnregionen sind am Entstehen von Bewusstsein beteiligt. Das Gehirn ist ein Glied in der Kette der Bewusstseinsentstehung.

Ein Glied in der Kette, die dazu führt, dass unser inneres Erleben existent wird. Würden ich uns mit einem Computer vergleichen, würde ich sagen, das Gehirn oder bestimmte Abschnitte davon, sind ein sehr wesentlicher Teil der Hardware, die es zur Entstehung von Bewusstsein braucht. Wenn diese Hardware erkrankt oder beschädigt ist, funktioniert die biologische Mechanik unserer bewussten Wahrnehmung nicht mehr so, wie sie sollte. Ein Computer macht überhaupt nur Sinn, wenn jemand vor ihm sitzt, der zunächst einmal Informationen in ihn eingibt.

Was würde also passieren, wenn keine Schallwellen auf unser Ohr oder keine Lichtwellen auf unser Auge treffen würden? Was würde passieren, wenn wir keinen sensorischen Input hätten? Vermutlich Nichts. Wir würden nichts wahrnehmen, was bewusst werden könnte. Vorgänge die zu bewusstem Erleben führen, entstehen also zunächst einmal und in einem erheblichen Maße, außerhalb unseres Körpers.

Herzschlag und Gehirnwelle

Auf der Suche nach den Geheimnissen von Wahrnehmung und Bewusstsein können wir den organischen menschlichen Körper jedoch nicht außen vor lassen. Es ist klar, um Bewusstsein zu erleben brauchen wir, als ein Glied in der Kette, unser Gehirn. Und um zu leben, unser Herz. Aber was ist mit den eingangs erwähnten Dimensionen von Bewusstsein, die dem Herzen

zugeschrieben werden?

Bei meinen Untersuchungen habe ich verblüffende Ähnlichkeiten bei diesen beiden Organen entdeckt, die ja auf den ersten Blick unterschiedlicher nicht sein könnten.

Gehirn und Herz sind autonom und können sich jeweils elektrisch selbst erregen. Diese Selbsterregung passiert über bestimmte Ionenkanäle in Zellwänden, den sogenannten Funny Channels. Sie kommen fast ausschließlich in Herz und Gehirn vor. Im Gehirn finden wir sie in einem Bereich, den man Thalamus nennt und der als Tor zum Bewusstsein gilt. Auch das Herz hat seinen eigenen Schrittmacher, mit dem es sich ein Leben lang selbst erregt, den sogenannten Sinusknoten. Der Sinusknoten besteht aus Herzmuskelzellen, die sich jedoch wie Nervenzellen verhalten und in deren Wand Funny Channels zur Selbst-Erregung eingebaut sind. Sie sorgen -unter anderem- dafür, dass unser Herz während unseres Lebens fortlaufend schlägt. Autonome Selbsterregung spielt eine Rolle beim Generieren von Gedanken und emotionalem Erleben, das nicht unmittelbar von der Umwelt getriggert wird [8].

Sowohl das Herz, als auch das Gehirn haben ein eigenes Reizleitungssystem, in dem sich die Erregung ausbreitet. Im Gehirn passiert dies über die vielfältigen Verzweigungen der Nervenzellen, die sich zu einem dreidimensionalen neuronalen Netz zusammenfinden, im Herzen über die Herzmuskelzellen.

Herzmuskelzellen sind etwas sehr Besonderes. Im Gegensatz zu den Muskelzellen der Skelettmuskeln verzweigen sich Herzmuskelzellen ebenfalls zu einem komplexen dreidimensionalen Netz. Dieses dreidimensionale Muskelfasernetz bildet die Organstruktur des Herzens mit den Herzhöhlen. Herzmuskelzellen können, genauso wie Nervenzellen, elektrische Erregung weiterleiten. Die Erregungsübertragung läuft dabei über sogenannte *Gap Junctions*.

Das sind superschnelle Zellverbindungen, die auch bei den Nervenzellen des Gehirns vorkommen. Im Gegensatz zu den viel langsameren Synapsen ist eine Erregungsübertragung in beide Richtungen möglich.

Elektrische Erregung ist ein inhärenter Bestandteil der Funktion beider Organe und beide sind zeitlebens elektrisch erregt. Im Gehirn trägt die Erregung, auf ungeklärte Weise, zur Entstehung von Bewusstsein bei. Im Herzen führt sie sie zur Kontraktion der Herzhöhlen und zum Transport von Blut. Und ich wüsste keinen Grund, weshalb der Strom und die Energie, die im Herzen fließen, nicht ebenfalls zur Bewusstseinsbildung beitragen sollten. Im Gegensatz zu Gehirnzellen, die ab und zu schlafen, sich ausruhen, oder nur arbeiten, wenn sie

belohnt werden, sind Herzmuskelzellen niemals müde. Das Herz schlägt immer. Findet im Gehirn keine Erregung mehr statt, spricht man vom Hirntod und in analoger Weise von Herztod wenn im Herzen keine Erregung mehr stattfindet. Beide Organe sind untrennbar mit unserem Leben und damit unserem lebendigen Bewusstsein verbunden.

Das Herz und das Gehirn erzeugen durch ihre elektrische Erregung starke elektromagnetische Felder. Im Gehirn kann man die Summe aller Nervenerregungen als sogenanntes *Elektroenzephalogramm* (EEG) über Elektroden auf unserem Kopf ableiten. Im Herzen wird das bekanntere *Elektrokardiogramm*, kurz EKG erzeugt. Das Herz generiert das weitaus stärkste elektromagnetische Feld im Körper, dessen elektrische Spannung ca 60 mal stärker als die des Gehirns ist. Insgesamt ist das Magnetfeld des Herzens 5000 mal stärker als das des Gehirns.

Die elektrische Erregung und die elektromagnetischen Felder haben eine jeweils eigene Rhythmik: das gesunde Herz schlägt in einem sogenannten Sinusrhythmus, der sich beim Erwachsenen ca. 80-100 Mal pro Minute wiederholt, wobei sich die Frequenz an die Bedürfnisse des Körpers anpasst. Wir können dies feststellen, wenn wir unseren Puls tasten. Das Gehirn verändert das Erregungsmuster zum Beispiel im Wach-Schlaf-Rhythmus, oder in Anspannungs- und Entspannungsphasen. Exemplarisch seien die bekannten Beta-Wellen genannt, die eine erhöhte Konzentration anzeigen oder die Delta-Wellen, die auftreten wenn wir schlafen.

Beide Organe verfügen über eine Wahrnehmungsfunktion (Sensorik) und Bewegungssteuerung (Motorik) und sind explizit zu autonomer Informationsverarbeitung fähig. Das Herz hat ein eigenes „kleines Gehirn“ mit 40 000 Nervenzellen und eine biologische Sensorik für diverse Rezeptoren: so kann es permanent den Druck in den Herzhöhlen und im Blut messen, es kann das chemische Milieu des Blutes bestimmen, zum Beispiel den Sauerstoffgehalt und pH Wert und es hat Rezeptoren für zahlreiche Hormone, Neurotransmitter und andere im Blut gelöste Botenstoffe [9]. Diese Informationen werden in elektrische Signale umgewandelt und über das autonome Nervensystem an das Gehirn gesendet. Darüber hinaus kann das Herz über die aufgenommene Information auch selbst steuern und an die wechselnden Anforderungen des Körpers anpassen. Das heißt, neben den bekannten Herzfunktionen als Pumpe und Lebensmotor ist das Herz auch ein Sinnesorgan, das biochemische und physikalische Informationen aus dem Blut und den Zellen wahrnimmt und an das Gehirn weiterleitet. Das Gehirn kann Informationen aus dem Blut aufgrund der Blut-Hirn Schranke nur in sehr eingeschränktem Maße wahrnehmen. Man

könnte auch sagen, das Herz fühlt für das Gehirn. Und es laufen sehr viel mehr Nervenbahnen vom Herzen zum Gehirn als umgekehrt.

Unser Oberstübchen und die Pumpe des Lebens haben energetische bzw. rhythmische Blockaden oder Störungen, die von der Schulmedizin auf verblüffend ähnliche Art und Weise therapiert werden. Beim Herzen sind es die bekannten Herzrhythmusstörungen. Im Gehirn treten Denkblockaden oder auch irreguläre Erregungsmuster auf, die zum Beispiel zu Krampfanfällen oder Bewegungsstörungen führen können. Therapeutisch werden unter anderem direkte Stimulationselektroden in das Herz (Herzschrittmacher) oder Gehirn (z.B. Neurostimulation bei M. Parkinson) implantiert. Bei bestimmten Krankheiten werden auch externe Elektroschocks angewendet, zum Beispiel beim lebensbedrohlichem Kammerflimmern am Herzen oder den potentiell ebenfalls lebensbedrohlichen Depressionen. Massenhaft eingesetzt werden Medikamente wie Betablocker, die das „nervöse“ Herz beruhigen: also es langsamer machen und den Blutdruck regulieren. Diese haben als „Nebenwirkung“ auch den Effekt, dass sie das Gehirn müde machen. Darüber hinaus sind stimulierende oder hemmende Psychopharmaka, die auf das Gehirn einwirken, in jeglicher Couleur auf dem Markt und ein Massentherapeutikum.

Beide Organe produzieren Hormone und haben dadurch eine Steuerungsfunktion für wichtige Körperprozesse. Das Herz produziert das ANP (*Atrial Natriuretic Peptide*), welches auch als Balance Hormon bezeichnet wird und für den Flüssigkeits- und Elektrolythaushalt unseres Körpers zuständig ist. Es hat Einfluss auf Niere, Blutgefäße, Nebennierendrüsen, aber auch diverse regulatorische Gehirnfunktionen. Weiterhin inhibiert es die Freisetzung von Stresshormonen und reduziert die Sympathikusaktivität. Es stimuliert die Funktion und das Wachstum der Reproduktionsorgane und interagiert mit dem Immunsystem. ANP hat auch Einfluss auf Motivation und Verhalten. Die Herzventrikel sind auch Hauptproduzenten des Brain Natriuretic Peptide. Es heißt so, weil man lange dachte, es würde nur im Gehirn produziert. Herz und Hirn produzieren teilweise sogar die gleichen Hormone und Neurotransmitter. Beispielhaft sei das Dopamin genannt, welches zu einer Steigerung der Herzleistung führt und auch bei Glücksempfinden, Motivation und Belohnung eine wichtige Rolle spielt. Zuletzt fand man auch heraus, dass das Herz das als „Liebeshormon“ bekannte Oxytocin produziert [10]. Es ist involviert in Vorgänge bei der Geburt, aber auch in Denkprozesse, die Ausbildung von Toleranz, Vertrauen, Sex und mütterlichem Verhalten. Eine wesentliche Rolle spielt es auch

beim Entstehen von Paarbeziehungen. Interessanterweise wird im Herzen genauso viel Oxytocin produziert wie im Gehirn.

Herz und Hirn sind extrem gut vernetzt und verpackt. Das Gehirn schwimmt in Flüssigkeit, man könnte auch sagen in einem Wassertank aus Gehirnflüssigkeit und ist von Knochen ummantelt. Das Herz ist von den Lungen umgeben und sozusagen in eine Luftpolsterfolie eingewickelt. Wasser und Luft sind sehr durchlässige Medien für Wellen und Teilchen mit denen wir quantenphysikalisch und energetisch auf multiple Art mit der Umwelt in Verbindung stehen. Beide Organe stehen zudem in permanentem Kontakt mit jeder Körperzelle: das Herz über die etwa 100 000 Kilometer Blutgefäße in unserem Körper, welche es versorgt und das Gehirn über etwa 800 000 Kilometer an Nervenbahnen.

Beide Organe sind Epizentren intra- und interpersoneller Kommunikation, und, so meine Hypothese, unmittelbar beteiligt an der Entstehung von Bewusstsein. Wenn elektrische Erregung in den Nervenzellen des Großhirnes an der Aktivierung oder Entstehung von Bewusstsein beteiligt ist, führt auch die elektrische Erregung in den Herzmuskelzellen zu Bewusstseinsanteilen. Es mag sein, dass man mit dem Herzen nicht die Quadratwurzel der Zahl Pi berechnen kann, aber es wird so sein, dass die Bewusstseinsanteile, die wir im Herzen fühlen, auch im Herzen lebendig werden.

Was sich Herz und Hirn zu sagen haben

Zwischen den beiden Organen bestehen multiple, bidirektionale Interaktionen in Form von neuronalen, endokrinen sowie biochemischen und biophysikalischen Kommunikationsmustern.

Das elektromagnetische Feld des Herzens (*EKG*) ist in bis zu mehreren Metern Abstand vom Menschen messbar. Es gibt Messungen die zeigen, dass eine Synchronisierung der Magnetfelder des Herzens und des Gehirns möglich ist. Etwa bei bestimmten, meditationsgeleiteten Zuständen von Empathie und Mitgefühl. Die Autoren sprechen von einem Effekt der Resonanz. Dieser Resonanzeffekt wurde auch bei Müttern mit ihren Babies gezeigt, wobei das Herz des Babies das mütterliche Gehirnmagnetfeld in Synchronisation zieht [11].

Die Pumpe in unserer Brust und das Denkorgan im Kopf erregen sich elektrisch gegenseitig über jeweils zuleitende Nervenbahnen. Das Herz hat von allen Organen die meisten Nervenverbindungen zum Gehirn und deutlich mehr Nervenverbindungen laufen vom Herzen in Richtung Gehirn als umgekehrt. Nervenleitungen, die vom Herzen zum Gehirn führen, verursachen Än-

derungen der elektrischen Aktivität desselben wessen. Das ist im EEG und mit speziellen Tomographen messbar. Insbesondere findet man diese Einflüsse in frontocorticalen Gehirnzentren und den Zentren, die mit Sehen assoziiert werden. Also nicht irgendwo unten im Reptilienhirn sondern in Bereichen, die mit subjektivem Erleben, Denken und Kreativität assoziiert sind, dem sogenannten Neocortex.

In einem der wichtigsten wissenschaftlichen Organe der Neurowissenschaften, der Zeitschrift *Nature Neuroscience* erschien 2013 ein Artikel der beweist: das Gehirn reagiert auf Signale, die aus dem Herzen stammen und Signale aus dem Herzen beeinflussen unsere Wahrnehmung und Entscheidungen. Mit jedem Herzschlag leiten Sensoren des Herzens Informationen zum Gehirn und an den Neocortex weiter [12]. Wenn das Gehirn darauf antwortet, lassen sich dort sogenannte herzschlagevozierte Potentiale (Heart Beat Evoked Potentials) nachweisen. Dabei handelt es sich um messbare Änderungen bestimmter Gehirnströme als Antwort auf die Nachrichten aus dem Herzen. Dies zu messen, ist sehr aufwendig und bedarf einer äußerst sensitiven Technologie.

In einem Experiment wurde folgendes durchgeführt: Probanden wurde ein schwacher visueller Stimulus gezeigt, nämlich grau-weiße Muster mit so geringem Kontrast, dass sie an der optischen Wahrnehmungsschwelle liegen, also häufig überhaupt nicht bewusst wahrgenommen werden. Wenn so ein Stimulus einem Probanden in einer Phase präsentiert wurde, in welcher das Gehirn auf den Herzschlag reagierte, war die Wahrscheinlichkeit signifikant größer, dass er das Bild (den Stimulus) bewusst sehen konnte. Vor der Stimuluspräsentation konnten weder vielfältige physiologische Körpermessgrößen, noch die allgemeine Erregbarkeit des Gehirns, die korrekte visuelle Erkennung vorhersagen. Wurde der Stimulus erkannt, mussten die Probanden einen Knopf drücken. Die Autoren folgern, dass die Signale des Herzens an das Gehirn unmittelbar unsere Entscheidungen beeinflussen.

Des Weiteren transportieren die Signale des Herzens an das Gehirn eine Information, welche das direkte physiologische Sehvermögen beeinflusst. Wurde ein Stimulus erkannt, sah man, dass dieser Vorgang wieder umgekehrt das Herz beeinflusste: es wurde langsamer nach der Entscheidung, es schien sich zu entspannen. Das besondere an diesen Ergebnissen ist: der Stimulus war emotional neutral, ein Muster aus Graustufen und Weiß mit geringem Kontrast. Das heißt, Emotionen oder Gefühle oder bestimmte Erwartungen wurden als Störgrößen ausgeschlossen.

Das Elektroenzephalogram, das EKG des Gehirns, ist keine neue medizinische Erfindung und die Typisierung der größeren Ausschläge in typische Wach- und Schlafwellen existiert seit Jahrzehnten. Die kleinen Wellen und ruckligen Linien dazwischen wurden von der Medizin lange Zeit als Artefakte oder Störgeräusche gesehen, welche die Messgenauigkeit trübten. Die Messung mit hochsensiblen Tomographen zeigt nun am Beispiel der herzschnagevozierten Potentiale: „permanente neurologische Makro-Aktivitäten sind nicht etwa unspezifische Geräusche, sondern hochstrukturierte Körpersignale, die in der Gehirnaktivität abgebildet werden und die die Wahrnehmung beeinflussen. Die vorgestellte Studie erbrachte den physiologischen Beweis, dass der kleine Prinz recht hatte. „Man sieht nur mit dem Herzen gut“.

Wir wissen allerdings nicht, wann oder weshalb das Gehirn auf einen Herzschlag reagiert oder wann nicht. Gegenwärtig wissen wir nur, dass es so ist. Frühere Beobachtungsstudien kamen zu dem Schluss: „herzschnagevozierte Potentiale sind Marker der kortikalen Repräsentation kardialer Informationen und ihre Amplituden korrelieren mit der Fähigkeit zur Selbstwahrnehmung und Empathie“ [13]. Mit anderen Worten: in Situationen, in denen ihr Gehirn deutlich auf ihren Herzschlag reagiert, können haben sie eine intensivierete Wahrnehmung ihrer selbst und empfinden mehr Mitgefühl gegenüber anderen.

Herz und Hirn sind über das autonome Nervensystem verbunden. Es regelt innere Prozesse, auf die wir keinen willentlichen Einfluss haben. Unter anderem die Herzfrequenz, Funktionen des Darmes, der Leber, der Nieren und Sexualfunktionen. Es beeinflusst auch das Hormon- und Immunsystem. Vereinfacht ausgedrückt, besteht das autonome Nervensystem aus einem Gaspedal (*sympathisches Nervensystem*) und einer Bremse (*parasympathisches Nervensystem*) und das führt auch dazu, dass das Herz nicht in einer starren Frequenz schlägt. So wird unser Herz schneller, wenn wir joggen oder langsamer, wenn wir schlafen. Aber auch in der Ruhe ist das Herz kein Metronom, sondern die Herzfrequenz nimmt immer ein ganz kleines bisschen zu und dann wieder ab. In der Regel passiert dies auch synchron mit der Atmung. Dieses Phänomen nennt man Herzfrequenzvariabilität. Es ist ein minimaler Swing, der mit bloßem Auge auf den meisten EKGs nicht sichtbar und auch beim Fühlen des Pulses kaum wahrnehmbar ist. Jedoch, in der Computeranalyse tritt er deutlicher zu Tage. Die Herzfrequenzvariabilität gilt als ein wesentlicher Parameter eines gesunden, schwingungsfähigen Herzens, einer ausgeglichenen Interaktion von Herz und Gehirn und ist ein Produkt des dynamischen Zusammenspiels vieler Körper- und Organsysteme [14]. Die

Schwingungsfähigkeit des Herzens beeinflusst wiederum die emotionale Schwingungsfähigkeit und ist assoziiert mit präfrontalen, subcorticalen Kreisläufen, welche flexible und angemessene kognitive Antworten auf Umwelteinflüsse ermöglichen [15]. Sowohl Erkrankungen des Gehirns (z.B. Depressionen), als auch des Herzens (z.B. Herzinfarkt) können mit einer eingeschränkten Herzfrequenzvariabilität einhergehen.

Wir wissen noch sehr wenig über diese Mechanismen. Daher entwickelten sich in den letzten Jahren die medizinischen Disziplinen der Neurokardiologie und der Kardiopsychologie, die sich damit näher befassen. Störungen des Herzens haben Einfluss auf die Gehirn- und Körperleistung und umgekehrt. Es ist wie in einer innigen Liebesbeziehung. Ist das eine Organ erkrankt, wird es das Andere häufig auch. Zum Beispiel können ausgeprägte Herzrhythmusstörungen über Schlaganfälle zu vielfältigen Erkrankungen des Gehirns und der Psyche führen und umgekehrt machen unter anderem Stress und Angststörungen auch das Herz krank. Man nennt dies „Störungen der neurokardialen Achse“. Am medial bekanntesten ist das *Broken Heart Syndrom*, das nun um das *Happy Heart Syndrom* ergänzt wurde. Starke emotionale Belastungen, seien sie positiv oder negativ, veranlassen das Gehirn in diesen Fällen voll auf das Gaspedal zu treten und es tritt eine Verkrampfung oder Dauerkontraktion des Herzens ein. Das Herz und das Gehirn wollen oder können sich nicht mehr entspannen und die Pumpleistung ist am Ende so reduziert, dass ein lebensbedrohlicher Zustand eintritt.

Das Herz steht über einen speziellen Blutkreislauf mit dem Gehirn in enger Verbindung. Man nennt ihn den Gehirnkreislauf und er wird vom autonomen Nervensystem durch Autoregulation unter allen Umständen aufrecht erhalten. 30% des Blutvolumens und Energiebedarfs des Körpers gehen an das Gehirn. Denn ohne die Funktion unseres einzigartigen Gehirns, verlieren wir die Fähigkeit der bewussten Wahrnehmung und Steuerung. Bewusstlosigkeit ist meistens ein lebensbedrohlicher Zustand. Die untrennbare Verbindung beider Organe (Herz und Hirn) erkennen wir auch daran, dass bei einem Herzstillstand nach einigen Minuten der Hirntod als Erstes eintritt.

Mit jedem Herzschlag entsteht eine Pulswelle, die sehr viel schneller durch das Blutgefäßsystem wandert als der tatsächliche Blutstrom. Diese Pulswellen, die durch die Arterien und Gewebe wandern, können jedes Körperorgan beeinflussen und enthalten biophysikalische Informationen, die in der Stärke der Pulswelle und ihrer Frequenz kodiert sind. Der Neurochirurg James R. Doty, schreibt, wenn er den Schädel öffnet und auf das Gehirn blickt, pulsiert das ganze Gehirn im Rhythmus des Herzens [16]. Die Pulswellen drücken auf Zellproteine und

durch diesen mechanischen Reiz kommt es zu Ionenströmen an der Zellwand und zu elektrischen Aktivitäten an den Nervenzellen. Die Psychokardiologie zeigt, dass Menschen sogar die Fähigkeit zur Synchronisierung von Pulswellen haben, sofern sie empathisch verbunden sind. Diese Mechanismen interpersoneller biophysikalischer Phänomene sind noch sehr unvollständig untersucht und verstanden.

Die faszinierend bunten Bilder der funktionellen Magnetresonanztomographie, die seit einiger Zeit medienwirksam publiziert werden, sind im Übrigen nichts anderes als Darstellungen der veränderten Durchblutung bestimmter Gehirnbereiche bei kognitiven Prozessen und nicht etwa neuronale Bewusstseinsprozesse. Die Gehirndurchblutung wird vielmehr dorthin vermehrt hingeleitet, wo gerade am meisten Energie und Sauerstoff gebraucht wird und ist somit ein indirektes Maß für eine gesteigerte Aktivität bestimmter Nervenzellen. Was wir auf diesen Bildern sehen ist ein vermehrter Blutfluß aus dem Herzen zu bestimmten Bereichen im Gehirn.

Selbst der *Liquor*, die Gehirnflüssigkeit, in der unser Gehirn schwimmt und welche die Hohlräume in Gehirn und Rückenmark füllt, zirkuliert pulsatil [17]. Da der Liquorraum über einen sehr feinen Kanal mit dem Innenohr kommuniziert, kann dies auch unsere akustische Wahrnehmung beeinflussen.

In jedem Falle spielen rhythmische Aktivitäten bei der Kommunikation von biologischen Systemen und Ihrer Umgebung eine zentrale Rolle. Information ist in Mustern rhythmischer Aktivität kodiert. Genaugenommen in der Länge der Entstehungsphasen. Ein Aktionspotential an der Nervenfaser ist immer gleich lang. Auch eine gesunde Herzkontraktion im EKG hat immer die gleiche Dauer. Eine Änderung der Frequenz und damit einer Informationseinheit, ergibt sich aus der Zeitspanne zwischen den Kontraktionen, aus der Länge der Entspannung.

Aber nicht nur die Qualität der Pulswelle, sondern insbesondere auch über die im Blut gelösten Neurotransmitter und Hormone schicken sich Herz und Gehirn permanent Nachrichten. Wie bereits erwähnt, produzieren und verwenden Herz und Hirn teilweise die gleichen Hormone und schicken sich darüber unablässig Nachrichten. Zum Beispiel synthetisiert das Herz das als Liebeshormon bekannte Oxytocin und das Gehirn Adrenalin, welches das Herz „mutig“ macht.

Schließlich kommuniziert das Herz der Mutter mit dem Gehirn des ungeborenen Babys. Der Herzschlag hat eine enorm beruhigende Wirkung auf intrauterine Föten und auf das Kind, welches zum Stillen angelegt wird. Das Herz der Mutter ist das Erste, was wir in unserem Leben hören.

Die Physiologie der Wahrheit

Das Gehirn steuert unseren Körper und bewusste Wahrnehmung entsteht exklusiv im Gehirn. Dies ist immer noch ein weitverbreitetes Paradigma der Neurowissenschaften. Deren Vertreter bevölkern heute Talkshows und ihre populistischen Äußerungen tragen dazu bei, dass sich der Mensch als ein Gehirn betrachtet, an welchem maschinenhaft ein Körper hängt, den es zu optimieren gilt. Eine Art Roboter mit zentraler Gehirnsteuerung. Es ist auch beliebter Sprachgebrauch „von seinem Körper zu reden“ und dabei erlebt sich das sprechende Ich als getrennt vom Körper oder als dessen Oberaufseher. „Ich würde ja gerne dies und jenes machen, aber mein Körper macht nicht mit“. Es herrscht der Irrglaube, wir stünden kurz davor, den Gehirncode zu entschlüsseln. „Doch die Bilanz fällt eher enttäuschend aus“ heißt es im Memorandum reflexiver Neurowissenschaften von 2014. Man könne nicht alle psychischen Prozesse abschließend mit biochemischen Prozessen beschreiben. Und es besteht die völlig ungelöste Kernfrage: Wie kreierte das Gehirn subjektives Erleben? Alle bisherigen Theorien des Bewusstseins seien metaphorisch und empirisch nicht zu überprüfen [18].

Lange wurde übersehen, oder war nicht bekannt, dass die aufsteigenden neuronalen Signale des Körpers direkten Einfluss haben auf unsere Gefühle und unsere bewussten kognitiven Fähigkeiten [19]. Solche Signale sind subtil und die Antwort des Gehirns darauf ist extrem schwer nachzuweisen. Doch wissen wir heute, dass solche Signale auch aus dem Darm aufsteigen, sogenannte viscerosensorische Signale, und wir können spekulieren, dass unser Bauchgefühl eben nicht nur ein Gefühl ist, sondern lebenswichtige Signale an das Gehirn enthält.

Im wissenschaftlichen Fokus steht derzeit auch die Muskulatur mit ihren Botenstoffen, den sogenannten Myokinen und deren Botschaften an das Gehirn. Seit Stunden arbeite ich an diesem Text, aber wenn ich gleich ein paar Runden um den Block laufe, meine Muskeln bewege, ist mein Gehirn wieder „frei“. Ich fühle mich als etwas Ganzes, fühle meinen Körper als Einheit – nicht als zwei Teile, bestehend aus Körper und Gehirn.

Die integrative Sicht der gesamten organischen Entität des Körpers als eine Einheit, in welcher sämtliche Kompartimente unablässig miteinander kommunizieren und im Austausch stehen, bezeichnet man als Embodiment. Ich weiß nicht, ob wir unser Bewusstsein jemals entschlüsseln werden, aber ich bin mir sicher, der Code liegt im wissenschaftlichen Begreifen des Körpers als Einheit und keinesfalls nur im Gehirn. Körperzentrierte Therapien und spirituelle Schulen kennen das

Phänomen, dass man gerade über den Körper Zugang zum Bewusstsein erlangt und bestimmte Vorgänge dechiffrieren kann, schon lange und arbeiten damit.

Die Erkenntnisse der Quantenphysik lassen den Schluss zu, dass unsere Grenzen nicht an der Oberfläche unserer Haut aufhören, sondern dass wir mit allem Existierenden verbunden sind. Unabhängig davon hatten viele Menschen schon einmal dieses Gefühl „mit allem verbunden zu sein“, zum Beispiel wenn sie nachts in den Sternenhimmel blickten, ins Universum.

Die Ergebnisse der Multiversum-Theorie, in welcher die Gesetze der Astrophysik und Quantenmechanik vereint werden, legen nahe, „dass es viele Universen mit vielen verschiedenen Versionen physikalischer Gesetzen gibt“ [1]. Des Weiteren leben wir, so die amtliche Physik, in einem 11-dimensionalen Gebilde deren direkt erfahrbare Dimensionen der dreidimensionale Raum und die Zeit sind. Hawkins und Mlodinow schreiben in ihrem Buch, „Der große Entwurf“ sieben dieser Dimensionen seien jedoch „so eng aufgewickelt, dass wir sie nicht bemerken“ [1].

Wir können das mit unseren Sinnen nicht mehr begreifen. Oder doch? Sind Liebe, Wahrheit, Präsenz, Mitgefühl, Weisheit, Stärke und Freude diese Dimensionen? Nicht jede dieser Qualitäten ist für die meisten von uns spontan verfügbar, jedoch, wenn sie fühlbar oder „fühlwahr“ werden, wenn sie sich abwickeln und entfalten, öffnen sie einen Raum, eine Dimension, ein eigenes Universum.

Ist es so, dass wir das Offensichtliche nicht sehen? Ich postuliere, dass wir die Dimensionen der M-Theorie sehr wohl wahrnehmen. Denn Bewusstsein ist nicht nur die Summe von Gefühlen, sondern ein Raum mit vielen Dimensionen und eigenen Universen und mit eigenen Gesetzmäßigkeiten. Als unvollständige Beweiskette dafür dienen mir die Symphonien Beethovens, AC/DC, die Höhlenmalereien der Steinzeit, Picasso, Gandhi, Anne Frank, Einstein, Olivia, Ying und Yang, Marie Curie, Schopenhauer, Pan Tau, Freud und Porsche.

Die Evolution des Menschen dauert nun schon sieben Millionen Jahre. Die Natur hatte viel Zeit uns mit multiplen Wahrnehmungsmöglichkeiten auszustatten, auch mit dem guten alten Instinkt, den ich an dieser Stelle abschließend würdigen möchte. Das Zeitalter der Technisierung und Naturwissenschaften dagegen dauert bisher maximal drei- bis vierhundert Jahre. Es ist sehr verständlich, dass wir in dieser kurzen Zeit noch keine Messinstrumente für alle Dimensionen entwickeln konnten, zum Beispiel für Liebe oder Wahrheit. Und es

ist verständlich, dass wir die Sensorik an unserem Körper dafür noch nicht nachweisen können. Aber wir sollten uns davor hüten zu behaupten, dass es solche Sensoren nicht gibt und dass Liebe, Weisheit, Mitgefühl und die vielen essentialen Qualitäten des Herzens „nur“ Gefühle seien. Es sind Dimensionen eines Raumes, mit dem Namen Bewusstsein. Die Physik hat diese Dimensionen der Wahrnehmung nun berechnet. Im Grunde kann es an einem Beispiel ganz einfach erklärt werden: wir können unsere dreidimensionale Umwelt unmittelbar mit unseren Sinnen wahrnehmen oder wir können diesen Raum mathematisch darstellen. Beides ist richtig, aber nicht das Gleiche.

Dabei ist das Herz nicht der Speicherort für die genannten Dimensionen, denn Herzen kann man transplantieren und dies beeinflusst nachweislich nicht oder nur in sehr geringem Ausmaß zum Beispiel die Liebe zu einer Person. Das Herz ist ein biologischer Prozessor von Liebe, nicht der Container. Ebenso wenig ist das Gehirn der Container von Bewusstsein oder Intelligenz sondern ein wesentliches Glied im Entstehungsprozess dieser Dimensionen. Die Topographie des Bewusstseins ist in jeder unserer Körperzellen und auch außerhalb unseres Körpers lebendig. Wir sind permanent von Bewusstsein umgeben.

Seit uralten Zeiten weiß die Menschheit, dass wir die Dimensionen des Herzens nicht nur dort wahrnehmen sondern auch, aus dem Herzen heraus, in seiner pulsierenden Exekutivfunktion, ins Leben zu bringen. Mit technischem Instrumentarium ist Menschlichkeit als ein Akt von Liebe nicht messbar. An dieser Stelle ist das Leben der Technologie um ein paar Millionen Jahre evolutionärer Entwicklung voraus. Es braucht ein Herz und ein Gehirn um das zu verstehen.

Literatur

1. Hawking S, Mlodinow L: Der große Entwurf- Eine neue Erklärung des Universums. 6 Aufl., Rowolth Verl. 2016.
2. Bojowald M: Zurück vor den Urknall: Die ganze Geschichte des Universums. 3. Aufl., Fischer Verl. 2010
3. Hawking S: Eine kurze Geschichte der Zeit. 10 Aufl., Rowolth Verl. 2011
4. Michio Kaku: Die Physik des Bewusstseins: Über die Zukunft des Geistes. 1 Aufl., Rowolth Verl. 2015
5. Beck H, Anastasiadou S, Meyer zu Reckendorf C: Faszinierendes Gehirn: Eine bebilderte Reise in die Welt der Nervenzellen. Springer Verl. 2015
6. Hameroff S, Penrose R. Consciousness in the universe: a review of the 'Orch OR' theory. 11(1):39-78. Phys Life Rev. 2014
7. Hameroff S. Quantum walks in brain microtubules-a biomolecular basis for quantum cognition? 6(1):91-7.Top Cogn Sci. 2014
8. Benarroch EE. HCN channels: function and clinical implications. 80(3):304-10. Neurology. 2013
9. Gordan R, Gwathmey JK, Xie LH. Autonomic and endocrine control of cardiovascular function. 7(4):204-14.World J Cardiol. 2015
10. Gutkowska J, Jankowski M, Antunes-Rodrigues J. The role of oxytocin in

- cardiovascular regulation. 47(3):206-14. Braz J Med Biol Res. 2014
11. McCraty R, Zayas MA. Cardiac coherence, self-regulation, autonomic stability, and psychosocial well-being. 29;5:1090. Front Psychol. 2014
 12. Park HD, Correia S, Ducorps A, Tallon-Baudry C. Spontaneous fluctuations in neural responses to heartbeats predict visual detection. 17(4):612-8. Nat Neurosci. 2014
 13. Luft CD, Bhattacharya J. Aroused with heart: Modulation of heartbeat evoked potential by arousal induction and its oscillatory correlates. Oct 27;5. Sci Rep. 2015
 14. Shaffer F, McCraty R, Zerr CL. A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. Sep 30;5. Front Psychol. 2014
 15. Grossmann I, Sahdra BK, Ciarrochi J. A Heart and A Mind: Self-distancing Facilitates the Association Between Heart Rate Variability, and Wise Reasoning. Apr 8;10:68 Front Behav Neurosci. 2016
 16. Doty JR: Into the Magic Shop: A Neurosurgeon's Quest to Discover Avery Verl. 2016
 17. Kern M, Aertsen A, Schulze-Bonhage A, Ball T. Heart cycle-related effects on event-related potentials, spectral power changes, and connectivity patterns in the human ECoG. 81:178-90. Neuroimage 2013
 18. Tretter F. et al: Memorandum „Reflexive Neurowissenschaft 2014. Online at: <http://www.psychologie-heute.de/home/lesenswert/memorandum-reflexive-neurowissenschaft/> accessed: Nov 11. 2016
 19. Fukushima H, Terasawa Y, Umeda S. Association between interoception and empathy: evidence from heartbeat-evoked brain potential. 79(2):259-65 Int J Psychophysiol. 2011

Korrespondenz

Priv. Doz. Dr. med. Reinhard Friedl
 Herzchirurgie, Intensivmedizin, Echokardiographie
 Gützkowerstr. 48
 17489 Greifswald
 reinhard.friedl@online.de

