

Experten gehen der Entscheidungsfreiheit auf den Grund

# Ist unser Wille wirklich frei?

Im Labor können Ärzte menschliches Handeln anhand neuronaler Impulse im Gehirn voraussagen. Sie wissen also, was ein Mensch tun wird, bevor er es selbst weiß. Was heißt das für unseren freien Willen? Gibt es ihn überhaupt?

von Markus Feigl

**W**ir schreiben den 13. September 1848. Es ist Mittwoch, halb fünf am Nachmittag. Die Eisenbahnarbeiter der Rutland & Burlington Railroad im US-amerikanischen Vermont freuen sich auf das Ende ihrer Schicht. Die Sonne steht tief, als Vorarbeiter Phineas Gage die letzte Sprengung des Tages vorbereitet.

Der clevere 25-Jährige verwendet dafür ein extra für ihn angefertigtes, etwa einen Meter langes Eisenrohr. Es hat einen Durchmesser von drei Zentimetern. Er steckt es in einen Hohlraum im Felsen, schüttet Ammoniumnitratpulver hinein und schiebt eine lange Lunte in das Rohr. Dann noch Sand, um die Kraft der Explosion nach unten zu lenken. Gage steht über der Lunte, öffnet den Mund, um seinen Kollegen noch etwas zu sagen. Plötzlich ein lauter Knall. Eine Stichflamme aus dem Fels. Das Rohr schießt durch Gages Wange und kommt unter dessen

Schädeldecke wieder hervor. Gage stürzt und verliert das Bewusstsein. Metallisch scheppernd fällt das Rohr 25 Meter entfernt zu Boden, von Blut und Gehirnmasse überzogen.

Vier Minuten später wacht der Mann auf. Er kann sich an alles erinnern, ist ansprechbar und kann – von seinen Kollegen gestützt – sogar gehen. Er scherzt, als der Arzt eintrifft: „Herr Doktor, jetzt kommt ordentlich Arbeit auf Sie zu.“ Phineas Gage verliert sein linkes Auge, Wunden im Gesicht bleiben zurück – aber nach kurzer Zeit scheint er wieder völlig gesund zu sein.

Nur Freunde und Familie berichten, seine Persönlichkeit habe sich verändert. Gage galt vor dem Unfall als umgänglicher, zuverlässiger und strebsamer junger Mann. Danach erlebten ihn seine Mitmenschen als kindisch, unzuverlässig und aufbrausend. Spätere Untersuchungen seines Schädels ergaben, dass das Eisenrohr Teile des Frontallappens seines Gehirns zerstört haben musste – den Teil des Denkorgans, von dem Wissenschaftler vermuten, dass er für die Persönlichkeit zuständig ist.

## Nur eine Folge von Lernprozessen

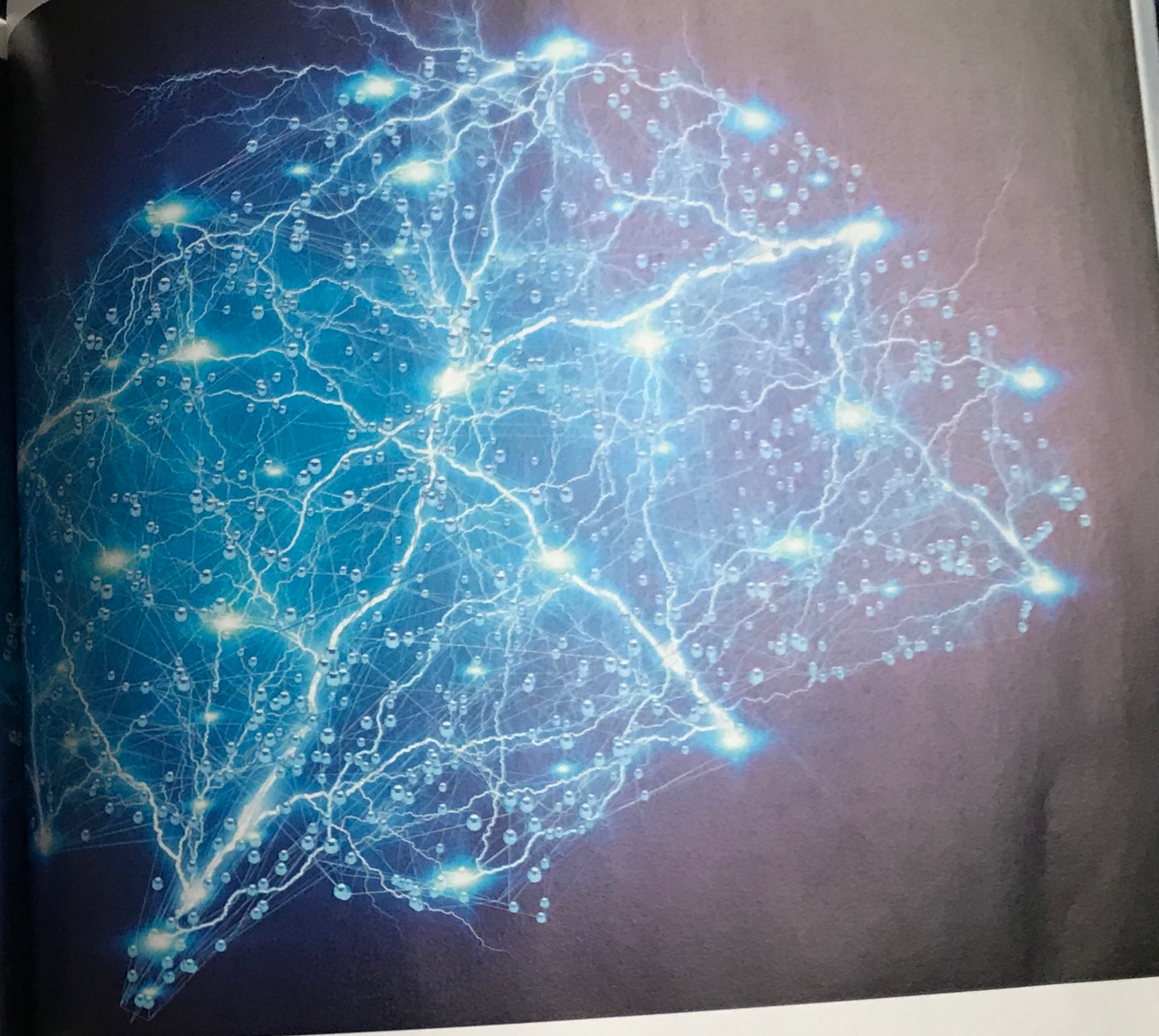
Gages Fall stellt die Wissenschaft bis heute vor ein Rätsel. Wie konnte sich seine Persönlichkeit durch eine Verletzung derart verändern? Können wir Menschen nicht aus freien Stücken entscheiden, ob

Wenn wir eine Entscheidung fällen, zündet in unserem Gehirn ein wahres Feuerwerk von Aktionen. Im Bild eine symbolische Darstellung der komplexen neuronalen Prozesse in unserem Kopf.

wir nett sind oder unfreundlich, fleißig oder faul, gut oder böse?

„Nein, das können wir nicht“, glaubt Wolf Singer vom Ernst Strüngmann Institute for Neuroscience in Frankfurt am Main. Der Neurophysiologe bezeichnet den freien Willen als Illusion: „Der Mensch kann nicht frei bestimmen. Es kommt ihm nur so vor.“ Das Bewusstsein sei eine bloße Folge von Lernprozessen. Kleinkinder würden den Willen der Mutter als den eigenen ansehen.

Singer glaubt, dass wir erst durch Erziehung lernen, selbst Entscheidungen zu treffen. „Das Gehirn funktioniert kausal. Entscheidungen werden von vielen Faktoren bestimmt, die im Gehirn abgewogen werden.“ Singer bezieht sich dabei auf Experimente der beiden Gehirnfor-



3D-Illustration: sedecore/Shutterstock.com

scher Libet und Haynes. Benjamin Libet führte in den 80er-Jahren einen revolutionären Versuch durch. Seine Probanden sollten zu einem beliebigen Zeitpunkt eine Hand heben. Sie waren dabei an einen Elektroenzephalografen angeschlossen, der ihre Gehirnströme maß. Libet registrierte in diesen EEG-Aufzeichnungen Gehirnaktivitäten, die der Entscheidung, die Hand zu heben, vorausgingen und den Probanden nicht bewusst waren.

## Zwang zur Bewegung

Diese Gehirnaktivität wird heute als Bereitschaftspotenzial bezeichnet. Libet war nicht der Entdecker des Bereitschaftspotenzials, folgte aber als Erster: Das Gehirn trifft die Entscheidung, die Hand zu heben, teilt das dann dem Bewusstsein

mit, und das Bewusstsein denkt, es habe selbst entschieden. Das bedeutete für Libet, dass Menschen keine bewussten Entscheidungen treffen würden. Seiner Logik folgend müsste die geplante Bewegung dann allerdings auch ausgeführt werden, komme was wolle.

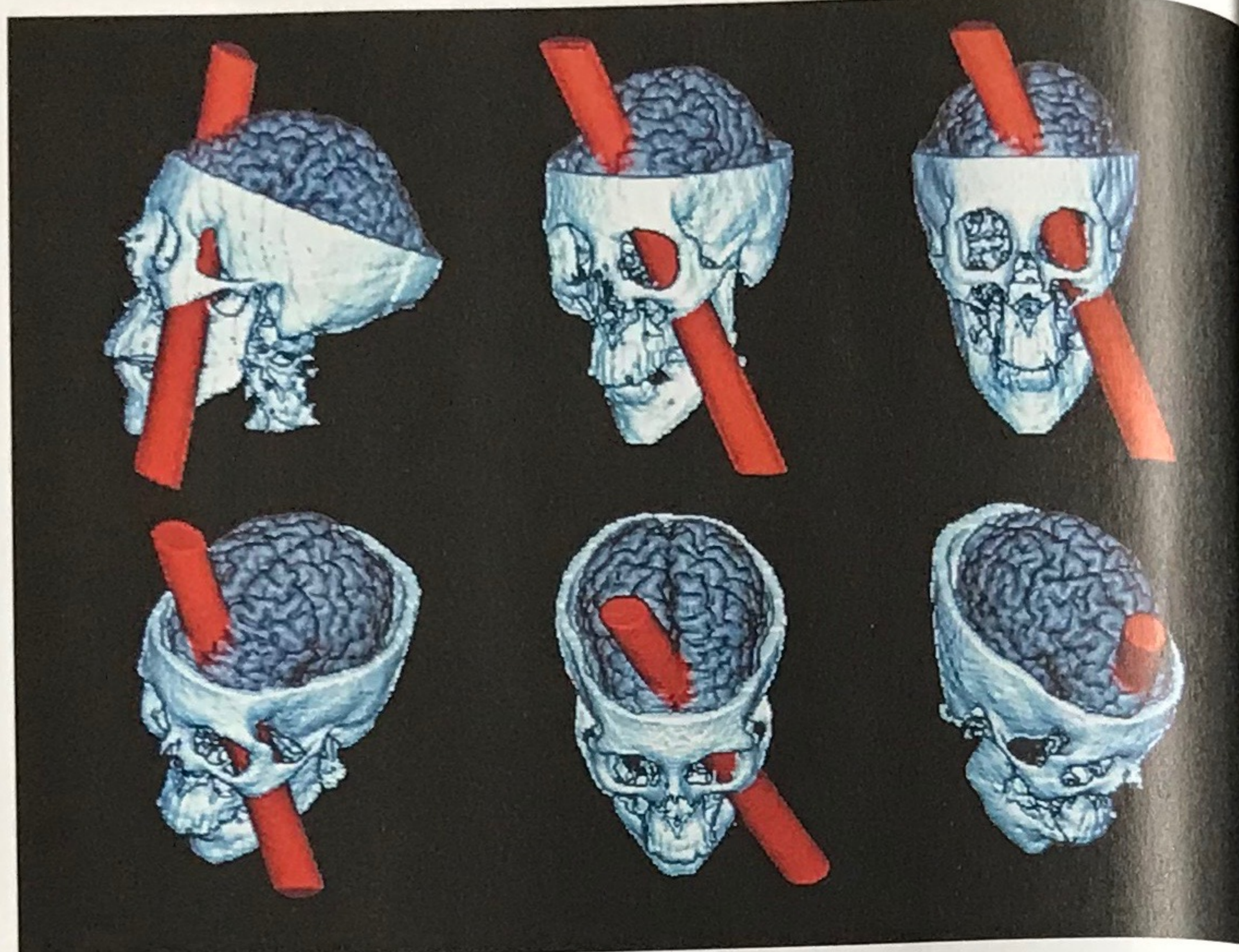
John-Dylan Haynes, Professor am Bernstein Center for Computational Neuroscience in Berlin, stellte das infrage und setzte Probanden vor einen Monitor. Zeigte dieser ein grünes Bild, sollten die Probanden ein Pedal drücken. Bei Rot sollten sie nichts tun. Dabei wurden, wie damals beim Libet-Experiment, ihre Gehirnströme mittels EEG gemessen. Dieses Mal jedoch änderte Haynes die Farbe auf Rot, sobald ein Bereitschaftspotenzial gemessen wurde. Wenn das

Bereitschaftspotenzial tatsächlich der Entschluss des Gehirns war, die Bewegung auszuführen, wären die Probanden nicht mehr in der Lage, das Betätigen des Pedals zu stoppen, mutmaßte er.

## Das Bewusstsein greift ein

In 60 Prozent der Fälle gelang ihnen das auch tatsächlich nicht. Dennoch stellte sich heraus, dass das Bewusstsein eine geplante Bewegung noch verhindern kann, wenn dafür genug Zeit bleibt. Bei Haynes' Probanden zeigte sich das Bereitschaftspotenzial eine Sekunde vor der Bewegung. 300 Millisekunden vor der Bewegung trat die Entscheidung ins Bewusstsein. Dieses konnte den Beschluss innerhalb von 100 Millisekunden – einer Zehntelsekunde – verhindern. Danach

bild der wissenschaft 4-2018 85



Berühmt wurde der Unfall des amerikanischen Eisenbahnarbeiters Phineas Gage. Eine Eisenstange durchbohrte seinen Kopf und zerstörte Teile des Frontallappens seines Gehirns. Gage überlebte den Unfall – aber seine Persönlichkeit änderte sich nach der Verletzung grundlegend.

ist die Neurowissenschaft noch nicht.“ Dennoch zweifelt er nicht am Ergebnis von Haynes’ Studie, denn die Entscheidungsfindung bei einem neurowissenschaftlichen Experiment ist meist stark eingeschränkt. Der Proband entscheidet sich bloß zwischen links und rechts oder zwischen zwei Farben.

„Dabei ist es natürlich möglich, Aktivierungsprozesse im Gehirn zu beobachten und zu interpretieren“, sagt Seigers Kollege Manfred Klöbl. Allerdings müsse man sich die Gehirnaktivität bei der immer gleichen Handlung wiederholt ansehen, um zu einem Schluss zu kommen. „Der Traum vom Gedankenlesen liegt in weiter Ferne“, schmunzelt er.

Auch was das Bereitschaftspotenzial nun genau ist, kann die Wissenschaft noch nicht beantworten. Man geht davon aus, dass damit eine Bewegung initiiert wird. Allerdings wurde bei einem Versuch im Jahr 2013 festgestellt, dass eine Veränderung der Gehirnaktivität nicht nur bei Bewegungsprozessen, sondern auch vor Kognitionsprozessen wie Kopfrechnen stattfindet. Möglicherweise wird die Bereitschaft initiiert, einen Gedankenprozess in Gang zu setzen.

Eine tiefer gehende Erforschung des Gehirns, ohne dabei den Schädel öffnen zu müssen, wurde erst mit der funktionellen

Magnetresonanztomografie möglich. In jedem Tomografen befindet sich ein großer Magnet, der ein starkes Magnetfeld erzeugt, sowie Spulen, die kleinere, steuerbare Magnetfelder ermöglichen. Der Patient wird fixiert und dann diesen Magnetfeldern ausgesetzt. Die so ausgelösten wechselnden Zustände der Atomkerne – vor allem der Wasserstoffkerne – im menschlichen Körper verursachen jene Ströme, die Klöbl mithilfe des Tomografen messen kann.

**Wenn Atomkerne in Schwung kommen**

Das Signal, also die Art und Weise, wie die Kerne zurückfallen, richtet sich danach, wie die Umgebung der Wasserstoffkerne beschaffen ist. Anhand dieser Unterschiede entsteht auf dem Monitor des Forschers ein Bildkontrast von hell und dunkel.

Was man bei den Aufnahmen sieht, ist der Unterschied zwischen sauerstoffreicherem und sauerstoffärmerem Blut. „Denn die An- oder Abwesenheit von Sauerstoff verändert die magnetischen Eigenschaften des Hämoglobins, des roten Blutfarbstoffs, und somit des Umfelds der Wasserstoffkerne“, sagt Klöbl.

Sauerstoffärmeres Blut führt zu stärkeren Störungen im Magnetfeld, schwächeren Signalen und einer dunkleren

Farbe des Bilds an den betroffenen Stellen. Sauerstoffreicherer Blut schwächt das Magnetfeld hingegen weniger und liefert deshalb entsprechend hellere Bildwerte.

Beim schichtweisen Durchleuchten des Kopfs eines Patienten erstellt der Tomograf der Forscher an der Medizinischen Universität Wien alle zwei Sekunden ein Bild des gesamten Gehirns mit einer Auflösung von 3 mal 3 mal 3 Millimetern und 0,7 Millimeter Abstand zwischen den einzelnen Schichten. „Das sind natürlich Werte, die man anpassen kann. Mit anderen Einstellungen sind Scans des gesamten Gehirns im Subsekundenbereich möglich. Damit nähert man sich der Schnelligkeit eines EEGs langsam an und kann auch sehr kurze Veränderungen messen“, erklärt Klöbl.

**Bewegte Bilder**

Bei jedem Denkvorgang werden die zuständigen Gehirnregionen mit zusätzlichem sauerstoffreichem Blut versorgt, um den Energieaufwand abzudecken. Bewegt der Proband also seine Finger, führt das zu einer erhöhten Sauerstoffversorgung des für Bewegungen zuständigen Motorcortex am oberen Rand des Gehirns. Sieht sich der Proband etwas an, führt das zur Aktivierung des visuellen Cortex im Hinterkopf.

Diese Veränderungen werden als Bilder erfasst, aus denen Karten mit leuchtenden Gehirnregionen berechnet werden. Während sich die Finger bewegen, leuchtet der Motorcortex auf dem Monitor der Forscher weiß auf. Bunte Abbildungen, wie man sie häufig sieht, machen die Geräte allerdings nicht von selbst. Die Forscher errechnen sie anhand der aufgenommenen Daten oft in mehreren Arbeitsstunden.

Der Denkvorgang selbst läuft sowohl chemisch als auch elektrisch ab. Genau wie unser ganzer Körper besteht auch unser Gehirn aus Zellen, den Neuronen. Diese Nervenzellen verfügen über Dendriten, die aussehen wie Antennen oder Äste eines Baumes, und ein Axon, das der elektrischen Reizweiterleitung dient.

Während die Dendriten für den Empfang des Signals verantwortlich sind, leiten die Axone – lange, weiße Fäden – das Signal zu anderen Nervenzellen weiter. Die Kommunikation von Zelle zu Zelle

findet an den Synapsen statt. Botenstoffe, sogenannte Neurotransmitter, werden am Ende eines Axons des sendenden Neurons ausgeschüttet und docken an Rezeptoren an, die meist an den Dendriten des nächsten Neurons sitzen.

**Null oder Eins – wie beim Computer**

„Dort lösen sie entweder weitere Aktionspotenziale aus oder tragen zu deren Inhibierung bei. Das bedeutet, sie hemmen die Generierung weiterer Potenziale“, erklärt Seiger den Vorgang. „Das Feuern oder Nichtfeuern eines Aktionspotenzials ist eine Art Null oder Eins, wie bei einem Computer. Nur dass ein Neuron nicht einen Impuls, sondern Hunderttausende Impulse von anderen Neuronen zugesandt bekommt.“ Ein Großteil der Aktivität unseres Gehirns findet auf diese Weise statt.

Es gibt aber auch Synapsen, die elektrisch miteinander verbunden sind. Welche Aufgaben sie im Gehirn erfüllen, ist noch nicht völlig geklärt. „Vermutlich sind sie für Aufgaben vorgesehen, bei denen etwas sehr schnell oder synchronisiert geschehen muss. Denn das elektrische Signal ist weit schneller als die chemische Kommunikation über Neurotransmitter“, sagt Seiger. Elektrisch miteinander verbundene Neuronen spielen beispielsweise bei Reflexen eine Rolle. Einige Reflexe gehen aber bereits vom Rückenmark aus. Das passiert so schnell und automatisiert, dass das Signal das Gehirn gar nicht mehr erreicht.

**Wenn die Chemie nicht stimmt**

Zweifel am freien Willen sind dort besonders stark, wo unsere Taten und unser Denken durch äußere Umstände beein-

**Was ein Sprung aus 192 Meter Höhe verriet**

Tübinger Wissenschaftlern ist es zum ersten Male gelungen, das Bereitschaftspotenzial außerhalb des Labors bei Probanden zu messen, die einen Bungee-Sprung aus 192 Meter Höhe absolvierten. Unter dem Bereitschaftspotenzial verstehen Hirnforscher jene Spannungsverschiebung im Gehirn, die eine bevorstehende willentliche Handlung anzeigt – noch bevor es dem Handelnden bewusst

ist, dass er gleich eine Bewegung ausführen wird. Der Psychiater Surjo R. Soekadar und sein Mitarbeiter Marius Nann nutzten zur Messung per EEG (Elektroenzephalogramm) einen kabellosen Verstärker, den die Probanden als Kappe auf dem Kopf trugen. Ein Ergebnis der Forscher: Das Bereitschaftspotenzial ist vor Bungee-Sprüngen ausgesprochen stark ausgeprägt.

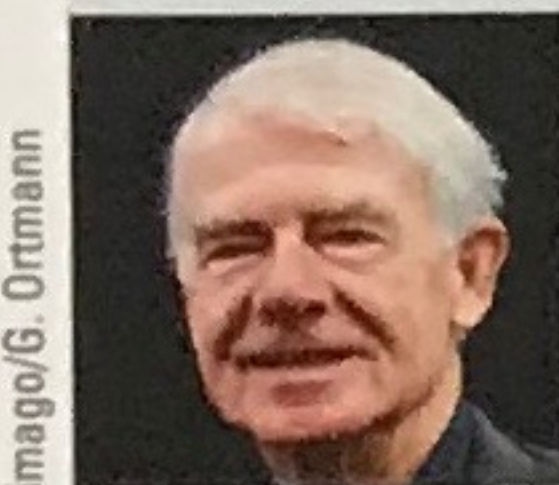


bild der wissenschaft 4-2018 87

mauritus images/P. Fearn/Alamy, Computerrekonstruktion: Science Photo Library/P. Landmann

S. R. Soekadar

## „Die Verantwortung bleibt“



WOLF SINGER ist Neurophysiologe am Ernst Strüngmann Institute for Neuroscience in Frankfurt am Main

### Professor Singer, hat der Mensch einen freien Willen?

Das kommt auf die Definition von freiem Willen an. Der Mensch kann jedenfalls nicht frei bestimmen. Es kommt ihm bloß so vor.

### Können Sie mir das erklären? Habe ich nicht aus freien Stücken entschieden, diesen Artikel zu schreiben?

Zu jeder Entscheidung gibt es vorangehende neuronale Aktivitäten. Einige davon werden uns bewusst, andere nicht. Oft werden uns die Prozesse erst bewusst, nachdem die Entscheidung schon getroffen ist. Sie haben etwas über das Thema „Freier Wille“ gelesen und dann sind Attraktoren in Ihrem Gehirn angesprungen. Ihr Gehirn wurde neugierig und hat mehr Argumente dafür gefunden, über den freien Willen zu schreiben als über ein anderes Thema.

### Also gaukelt mir mein Gehirn den freien Willen bloß vor?

Ja. Denn wir führen über die Prozesse, die im Gehirn ablaufen, ja kein Protokoll. Wir verstehen sie meist nicht einmal. Uns kommt es nur so vor, als sei das Bewusstsein, mit dem wir glauben Entscheidungen zu treffen, den neuronalen Prozessen vorrangig. Aber die Entscheidungen müssen doch im Gehirn fallen – außer man betrachtet das Bewusstsein als etwas, das sich außerhalb des Körpers befindet und auf ihn einwirkt.

### Muss ich demnach keine Verantwortung für meine Taten übernehmen?

Sie sind natürlich weiterhin Urheber dessen, was Sie tun. Und Sie müssen notfalls bestraft werden, um Ihr Verhalten zu ändern. Vergleichen wir das mit schizophrenen Menschen. Die hat man lange Zeit als von Dämonen besessen betrachtet. Heute weiß man, dass sie aufgrund medizinischer Umstände Opfer sind. Das bedeutet aber nicht, dass man sie nicht aus Sicherheitsgründen einsperrt, wenn sie gewalttätig werden. Wir stempeln sie nur nicht mehr als schlechte Menschen ab.

flusst werden, die uns selbst nicht bewusst sind. Neurotransmitter wie Serotonin zeigen etwa, dass es einen Zusammenhang zwischen Chemie und Emotion geben muss. Herrscht Serotoninmangel im Gehirn, kann der Mensch depressiv werden. Eine Behandlung mit Antidepressiva – also mit Tabletten, die die Verfügbarkeit von Serotonin im synaptischen Spalt, dem Zwischenraum zwischen Dendrit und Axon, erhöhen – führt üblicherweise nach ein bis zwei Wochen dazu, dass sich der Patient wieder besser fühlt.

„Wir wissen zwar ziemlich gut, was sich auf zellulärer Ebene abspielt“, gibt Seiger zu, „aber warum am Ende der antidepressive Effekt eintritt, ist noch Gegenstand aktueller Forschung. Grundlage der Depression dürfte ein globales Ungleichgewicht im Neurotransmitterhaushalt sein. Offen ist auch noch die Frage, warum einige Patienten auf diese Form der Therapie nicht ansprechen.“

Experimente mit Split-Brain-Patienten werfen ebenfalls Fragen nach der freien Willensentscheidung auf. Das sind Menschen – etwa manche Epileptiker –, deren rechte und linke Gehirnhälfte chirurgisch voneinander getrennt wurden. Bei der Operation wurde das Corpus callosum (der „Balken“) gekappt, ein dicker Nervenstrang, der die beiden Hemisphären verbindet. Die Gehirnhälften können dann nicht mehr miteinander kommunizieren.

### Erfundene Gründe fürs Verhalten

Sieht ein solcher Patient im Experiment nur mit jenem Auge, das mit der rechten – der „kreativen“ Gehirnhälfte – verbunden ist, ein Schild, auf dem steht, dass er den Raum verlassen soll, steht er auf und geht. Fragt man ihn aber, wo er hin will, kann er es nicht beantworten. Denn die linke Gehirnhälfte, die das Sprachzentrum beherbergt, hat das Schild ja nicht gelesen und weiß es folglich nicht.

In Experimenten wurde festgestellt, dass diese Patienten dann Gründe für ihr Handeln erfinden und diesen auch selbst Glauben schenken. So sprechen die Patienten zum Beispiel von plötzlichem Durst oder einer zu hohen Temperatur im Versuchsraum.

Ist das ein Indiz dafür, dass uns das Gehirn nur vorspielt, unsere Handlungen

seien selbstbestimmt? Der Wiener Neurowissenschaftler René Seiger meint: „Daraus einen fehlenden freien Willen abzuleiten, ist sehr weit hergeholt.“ Und Wolf Singer ist überzeugt: „Das sind sozial geprägte Reaktionen. Durch unsere Erziehung lernen wir, dass wir für alles, was wir tun, eine Verantwortung tragen. Darum lügt einem das Gehirn dann vor, dass man Durst hatte.“

### Ein philosophisches Problem

Bei der Frage, ob wir unsere Entscheidungen bewusst und frei treffen können, gehen die Meinungen weit auseinander. Neurowissenschaftler Seiger hält das für ein philosophisches Problem, das die Medizin nicht lösen kann. Passend dazu nannte Sven Walter, Philosoph an der Universität Osnabrück, sein Buch „Illusion freier Wille?“ im Untertitel: „Grenzen einer empirischen Annäherung an ein philosophisches Problem“.

Die Philosophie beschäftigt sich bereits seit Jahrtausenden mit der Frage, ob der Wille frei sei oder nicht. Deterministen wie Wolf Singer gehen davon aus, dass wir in einer vorbestimmten Welt leben – dass also alles in unserem Universum durch natürliche Ursachen festgelegt ist. Dann wäre es nichts mit unserem freien Willen.

Kompatibilisten hingegen glauben, dass der Determinismus mit dem freien Willen vereinbar ist. Manfred Klöbl etwa sagt: „Ein gewisser Determinismus wäre die Grundlage für einen freien Willen, so-



Das Corpus callosum, der „Balken“, verbindet die beiden Hirnhälften miteinander. In diesem DW-MRI-Bild (Difussionsgewichtete Magnetresonanztomografie) ist es rot eingefärbt.

fern es diesen gibt. Denn am Ende treffen wir alle Entscheidungen anhand unserer Erfahrungen. Wir leben in einer kausalen Welt. Eines führt zum anderen. Wenn wir dieses Ursache-Wirkungs-Prinzip einfach ausklammern, leugnen wir das. Dann wäre der freie Wille reiner Zufall und deshalb wiederum nicht der unsere.“

Sein Kollege René Seiger behauptet sogar: „Es ist keinesfalls gesichertes Wissen, dass die Gesetze der Kausalität, wie wir sie in der Natur vorfinden, auch zwingend auf unseren Geist und unsere Denkprozesse übertragbar sind.“

### Alles bloß eine Illusion?

Aber können wir mit unserem eingeschränkten Erkenntnisapparat überhaupt herausfinden, ob wir einen freien Willen besitzen? Der Physiker Ilan Samson schrieb einmal süffisant: „Der Illusionsaspekt der Willensfreiheit unterscheidet sich in nichts von dem beim ‚Rot sehen‘, wenn Licht einer bestimmten Wellenlänge

in das Auge fällt. Der einzige Unterschied besteht darin, dass keine praktischen Konsequenzen daraus erwachsen, dass ‚Rot sehen‘ eine Illusion ist, während es schwerwiegende Konsequenzen zu haben scheint, dass die Willensfreiheit eine Illusion ist.“

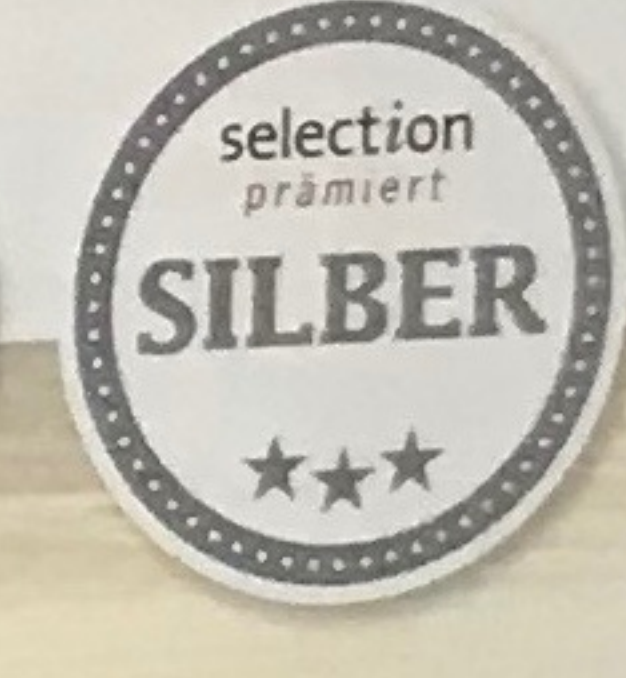
Wollen wir also einfach nicht wahrhaben, dass wir fremdgesteuert sind? Neurophysiologe Wolf Singer hat mit der Vorstellung, dass sein Gehirn für ihn entscheidet, kein Problem. Philosoph Jürgen Habermas hingegen befürchtete, die Welt wäre dann „stumm und starr“. Bleibt nur der ernüchternde Schluss: Die Naturwissenschaft kann keine zufriedenstellende Antwort auf die Frage geben, ob unser Wille frei ist oder nicht.



MARKUS FEIGL, Wissenschaftsautor in St. Pölten, ist nach wie vor davon überzeugt, diesen Beitrag aus freiem Willen geschrieben zu haben.

das genussmagazin

# selection



## Diesen Sternen können Sie vertrauen.

Unsere Fachjuroren bewerten für Sie Weine und andere Getränke. Die Ergebnisse sehen Sie im Heft und unter [www.magazin.wein.com/selection](http://www.magazin.wein.com/selection)

Fordern Sie dort Ihr kostenloses Probeheft an.

Ihr Chefredakteur & Verkostungsleiter  
Wolfgang Hubert

[wein-textperten-hubert@t-online.de](mailto:wein-textperten-hubert@t-online.de)