

NEUROLOGIE

Im Strom des

Gewöhnlich erscheint uns die Welt als bruchlos, wie ein endloses Video. In seltenen Momenten jedoch erstarrt alles Treiben um uns herum – ganz so, als hätte jemand die Pausetaste gedrückt ...

VON OLIVER SACKS

Die Zeit«, schrieb der argentinische Schriftsteller Jorge Luis Borges (1899–1986), »ist der Stoff, aus dem ich gemacht bin. Sie ist ein Fluss, der mich davonreißt, aber der Fluss bin ich ...«

All unser Handeln und Tun hat eine zeitliche Dimension, ebenso all unsere Wahrnehmungen und Gedanken, also der Inhalt unseres Bewusstseins. Wir leben in der Zeit, wir verplanen sie – wir sind Zeitwesen durch und durch. Aber ist diese von uns gelebte Zeit tatsächlich ein Kontinuum – so wie Borges' Fluss? Oder gleicht sie eher einer Aneinanderreihung einzelner Augenblicke, ähnlich den Perlen auf einer Schnur?

Der schottische Philosoph David Hume (1711–1776) vertrat die Ansicht, das Bewusstsein setze sich aus diskreten Momenten zusammen. Für ihn war der Geist »nichts anderes als ein Bündel oder eine Ansammlung verschiedener Wahrnehmungen«, die unablässig und unfassbar schnell aufeinander folgen.

Der Psychologe und Philosoph William James (1842–1910) fand die Hume'sche Sichtweise ebenso überzeugend wie irritierend – schien sie doch der Intuition zunächst einmal zu widersprechen. In dem berühmten Kapitel »Stream of thought« in seinen »Principles of Psycho-

logy« von 1890 betonte der Harvard-Professor, dass uns das Bewusstsein immer kontinuierlich erscheint, »ohne Bruch, ohne Sprung, ohne Spaltung« – niemals »zerstückelt«. Der Inhalt des Bewusstseins mag sich kontinuierlich verändern, doch gleiten wir dabei geschmeidig von einem Gedanken zum nächsten, von einer Wahrnehmung zur anderen. Für James floss das Denken – und er prägte dafür den Begriff »Strom des Bewusstseins«. Aber auch James fragte sich: »Ist das Bewusstsein in Wirklichkeit vielleicht doch nicht bruchlos ... und täuscht eine Kontinuität nur vor, so wie ein Zoetrop?«

LAUFT, BILDER, LAUFT!

Zoetropen – »Wundertrommeln« – und ähnliche Apparate (siehe Bild S. 34) waren zu James' Zeiten äußerst beliebt. Sie fehlten nur in wenigen Haushalten der viktorianischen Mittelschicht. Die allermeisten beherbergten in ihrem Innern eine Trommel oder eine Scheibe, auf die man eine Serie von Zeichnungen gemalt oder geklebt hat: laufende Tiere, Ballspieler, turnende Akrobaten, wachsende Pflanzen – jeweils in verschiedenen Stadien. Von außen lässt sich jedes Bild einzeln betrachten. Setzt jemand die Trommel in Bewegung, schnellen die Zeichnungen eine nach der anderen vorbei, und ab einer bestimmten Geschwindig-

keit entsteht der Eindruck eines einzelnen, sich stetig verändernden Bildes. Sobald die Trommel langsamer rotiert, verschwindet die Illusion wieder. Sah man Zoetropen für gewöhnlich als Spielzeuge an, so wurden sie damals doch häufig von Wissenschaftlern oder Philosophen für ernsthaftere Zwecke benutzt: Sie sollten die Bewegungsabläufe von Tieren ebenso wie die Vorgänge des Sehens erhellen.

Vor der Erfindung der Wundertrommel in den 1830er Jahren wäre niemand auf den Gedanken gekommen, dass reglose Bilder überhaupt den Eindruck von fließender Bewegung hervorrufen könnten. Wie sollte das möglich sein, wo sie doch ruhten? Schon allein die Vorstellung schien ein Widerspruch in sich. Das Zoetrop bewies indes, dass das Gehirn einzelne Bilder zu einer Illusion kontinuierlicher Bewegung verschmelzen kann. Nach dieser Erfindung ließ dann auch die Geburt des Kinofilms nicht mehr lange auf sich warten.

Diesen hätte vermutlich auch William James zum Vergleich herangezogen, hätte er sein Werk einige Jahre später geschrieben. Die dichte Abfolge thematisch miteinander verknüpfter Bilder, der visuelle Erzählstrang, gesponnen aus der Perspektive des Regisseurs – all das macht den Film zu einer recht guten Metapher für den Bewusstseinsstrom. Vermutlich nicht ganz zufällig imitieren auch die

Bewusstseins

TIEFER EINTAUCHEN

In den vergangenen Jahren avancierte das »Rätsel Bewusstsein« zum heißesten Forschungsthema der Neurowissenschaften.

technischen und konzeptionellen Kunstgriffe des Films – Zoom, Aus- und Überblendungen, Auslassungen, Assoziationen – ziemlich gut das Gleiten und Driften des Bewusstseins.

Im Jahr 1908 benutzte der französische Philosoph Henri Bergson (1859–1941) in seinem Buch »Schöpferische Entwicklung« eben diese Analogie und widmete ihr einen ganzen Abschnitt:

»Von der vorbeigleitenden Realität nehmen wir sozusagen Momentbilder auf ... wir müssen sie längs eines abstrakten, gleichförmigen, unsichtbaren, auf dem Grunde des Erkenntnisapparates liegenden Werdens aufreihen, um nachzubilden, was das Charakteristische dieses Werdens selbst ist ... wir tun nichts weiter, als einen inneren Kinematographen in Gang zu setzen ... Der Mechanismus unseres gewöhnlichen Denkens ist kinematographischen Wesens.«

Doch wie nahe kamen James und Bergson der Wahrheit, als sie unsere visuelle Wahrnehmung – und sogar den Fluss des Bewusstseins an sich – mit einem solchen Mechanismus vergli- ▷

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

▷ chen? Besitzen die Vorgänge im Gehirn, die Wahrnehmung und Bewusstsein verbinden, tatsächlich Ähnlichkeit mit jenen von Kamera und Projektor? Gleicht die Wahrnehmung durch Augen oder Gehirn einer Reihe von Momentaufnahmen, die dann im Empfinden zu einem Kontinuum verschmelzen? Zu James' und Bergsons Lebzeiten ließen sich diese Fragen noch nicht beantworten.

Schon in den 1960er Jahren hatten einige meiner Migränepatienten von einer zwar seltenen, aber sehr beunruhigenden Störung ihrer Wahrnehmung berichtet. Während einer heftigen Kopfschmerzattacke geht plötzlich die visuelle Kontinuität und der Bewegungsfluss verloren; stattdessen sehen die Betroffenen in schneller Folge aufflackernde Standbilder. Diese sind manchmal klar und scharf; dann folgt eines dem anderen ohne Überschneidung. Doch im Allgemeinen erscheinen sie ein wenig verschwommen – wie bei einer Langzeitbelichtung. Zudem ist das erste Bild noch sichtbar, wenn schon das nächste erscheint, sodass sich drei oder vier solcher Eindrücke überlagern, während die älteren immer schwä-

cher werden. Der Effekt erinnert an einen zu lange belichteten, unscharfen Film, der dann bei der Vorführung auch noch zu langsam abgespult wird – oder aber an die Chronofotografien von Étienne-Jules Marey (1830–1904) aus den 1880er Jahren (siehe Bild S. 37).

MIGRÄNE: WENN DIE WELT FLIMMERT, FLACKERT, SCHWIRRT

Etliche meiner Migränepatienten hatten mir diese seltsamen visuellen Effekte geschildert. Die Bilder flimmern offenbar mit einer Frequenz zwischen sechs und zwölf Hertz, wie ich damals für mein Buch »Migräne« notierte. Im Fall eines Migränedeliriums kommt es bisweilen sogar zu kaleidoskopartigen Mustern, deren Flackern sich im weiteren Verlauf beschleunigen kann, bis der vertraute Bewegungseindruck wieder hergestellt ist oder der Eindruck kontinuierlich ineinander übergehender Halluzinationen entsteht. Die medizinische Literatur lieferte keine genaue Beschreibung für das Phänomen – was kaum überrascht, da die kurzen, seltenen Anfälle sich in der Regel weder vorhersehen noch gezielt

auslösen lassen. Ich bezeichnete es daher als »kinematografisches Sehen« (Cinematographical Vision), weil meine Patienten ihre Eindrücke immer mit zu langsam abgespielten Filmen verglichen.

Für diese seltsame Erscheinung existierte damals keine befriedigende physiologische Erklärung. Aber ich begann mich zu fragen, ob unsere visuelle Wahrnehmung nicht ganz konkret mit dem Film verwandt ist; ob sie nicht tatsächlich auf kurzen Momentaufnahmen von der Umgebung beruht, die dann – normalerweise – miteinander verschmolzen werden, um unserem visuellen Bewusstsein die vertraute Kontinuität zu vermitteln – ein Fusionsprozess, der unter den ungewöhnlichen Bedingungen jener Migräneanfälle offenbar ausblieb.

Auch bei epileptischen Anfällen und Vergiftungen (vor allem mit halluzinogenen Substanzen wie LSD) treten derartige Effekte auf. Manchmal ziehen bewegte Objekte eine Spur oder Schlieren hinter sich her; Bilder wiederholen sich oder bleiben als Nachbilder extrem lange bestehen. Ähnliches habe ich selbst erlebt, als ich während meines Aufenthalts in Mikronesien den Pflanzensaft Sakau trank – dort ein beliebtes Rauschmittel.

Einige meiner damaligen Eindrücke schilderte ich später in meinem Buch »Die Insel der Farbenblinden«:

»Geisterhafte Blütenblätter leuchten an einer Blume auf dem Tisch, umgeben sie wie ein Lichthof; bewegt man sie ... bleibt eine leichte Spur, ein visueller Schmier Schatten ... eine wogende Palme sehe ich als eine Folge von Momentaufnahmen – wie ein Film, der, zu langsam abgespielt, seine Kontinuität verliert.«

SCHEINDUELL

Zetrotpe oder Wundertrommeln gibt es in verschiedensten Ausführungen. Hier erkennt man auf den Spiegeln der inneren Trommel Standbilder, die auf der Innenseite des äußeren Rings angebracht sind. Wird dieser über die Kurbel in Bewegung gesetzt, entsteht ab einer bestimmten Geschwindigkeit die Illusion eines stetig bewegten Bilds.



FILMUSEUM POTSDAM / MATTHIAS MARX

Verblüffend ähnliche Berichte hörte ich in den späten 1960er Jahren von einigen meiner Patienten mit »postencephalitischem Syndrom«. Als Folge einer bestimmten Gehirnhautentzündung war ihr Dopaminsystem so stark beschädigt, dass sie – teilweise seit Jahrzehnten – nahezu bewegungslos in einem tranceartigen Zustand »eingefroren« waren – ein Zustand, aus dem sie das damals neue Medikament L-DOPA vorübergehend befreite. Manche von ihnen erlebten in dieser Zeit einige kinematografische Visionen, besonders wenn sie durch L-DOPA übererregt waren; andere dagegen gerieten in außergewöhnliche, zuweilen stundenlange Wahrnehmungsstillstände, in denen nicht nur die visuelle Kontinuität verloren ging, sondern auch der Fluss ihres Handelns und Denkens immer wieder stockte.

GEFANGEN IM AUGENBLICK

Eine meiner Patientinnen – Hester Y. – litt besonders unter diesen Symptomen. Einmal rief man mich wegen einer Überschwemmung im Waschraum auf die Station. Frau Y. hatte ein Bad nehmen wollen und stand nun völlig regungslos in der Flut. Als ich sie berührte, zuckte sie zusammen und fragte: »Was ist passiert?« »Das müssen Sie mir erzählen«, antwortete ich. Sie erklärte, sie sei dabei gewesen, sich ein Bad einlaufen zu lassen. Das Wasser in der Wanne stand vielleicht knöcheltief ... Dann hatte ich sie

ner einfachen optischen Täuschung erkennen – dem Necker-Würfel (siehe Bild S. 36 unten). Betrachten wir diese zweideutige Strichzeichnung, wechseln wir normalerweise alle paar Sekunden die Perspektive: Zunächst scheint der Würfel aus der Papierebene hervorzutreten, dann wieder weicht er dahinter zurück, und selbst mit größter Willensanstrengung kann man dieses Hin- und Herkippen nicht verhindern. Dabei ändert sich die Zeichnung selbst nicht, ebenso wenig wie das Bild auf unserer Netzhaut. Offenbar befindet sich das Bewusstsein im Konflikt zwischen zwei alternativen Interpretationen. Der Perspektivenwechsel ist mit einer charakteristischen Hirnaktivität verbunden, die sich mit den Methoden der funktionellen Bildgebung bei allen gesunden Testpersonen beobachten lässt. Ein Patient jedoch, der sich auf Grund eines postencephalitisches Syndroms in einem Stillstand befindet, kann über Mi-

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

FILMVORLÄUFER

Die hintereinander geklebten Bilder in »Wundertrommeln« (um 1830) erinnern bereits an einen Filmstreifen.

fort im Fluss begriffen ist. Und nun sollten meine eigenen klinischen Ergebnisse diese Lehrmeinung in Zweifel ziehen?

Derart sensibilisiert, stieß ich auf die faszinierende Fallgeschichte einer »Bewegungsblindheit«, die der Neuropsychologe Josef Zihl von der Ludwig-Maximilians-Universität in München und seine Mitarbeiter 1983 veröffentlicht hatten: Nach einem Schlaganfall war die Patientin L. M. nicht mehr fähig, Bewegungen wahrzunehmen. Die Krankheit hatte hochspezifische Bereiche des visuellen Cortex ihres Gehirns beschädigt, von denen aus physiologischen Tierstudien bekannt ist, dass wir sie für die Wahrnehmung von Bewegung benötigen. Frau M. »sah« über mehrere Sekunden hinweg »erstarrte Bilder« und war sich wäh-

Frau Y. hatte ein Bad nehmen wollen und stand nun völlig regungslos in der Flut. Als ich sie berührte, zuckte sie zusammen und fragte: »Was ist passiert?«

angetippt – erst da bemerkte sie die Überschwemmung. Offenbar war ihre Wahrnehmung in jenem Moment erstarrt, als der Wasserpegel gerade einmal wenige Zentimeter betrug.

Diese Beobachtungen zeigten, dass das Bewusstsein für etliche Zeit erstarren kann, während automatische, unbewusste Funktionen wie die Atmung oder die Körperhaltung durchgehend aufrechterhalten werden. Solche Wahrnehmungsstillstände lassen sich auch mit Hilfe ei-

nuten oder gar Stunden unverändert ein und dieselbe Perspektive beibehalten.

Es scheint also, als ob sich der normale Bewusstseinsstrom nicht nur in kleine Teile zerstückeln lässt. Vielmehr kann er auch phasenweise sogar über Stunden stocken. Dieses Phänomen verblüffte mich noch mehr als die kinematografische Wahrnehmung. Schließlich galt seit der Zeit von William James als nahezu unumstößlich, dass das Bewusstsein sich naturgemäß ständig ändert und immer-

renddessen keinerlei visueller Veränderung um sie herum bewusst. Davon abgesehen verhielt sich der Strom ihrer Wahrnehmung und ihres Denkens aber normal. Beispielsweise unterhielt sie sich mit einem Freund, der vor ihr stand, bemerkte jedoch nicht, wie sich dessen Lippen bewegten oder sich sein Gesichtsausdruck veränderte. Ging er halb um sie herum, »sah« Frau M. ihn weiterhin vor sich stehen, obwohl seine Stimme inzwischen von hinten kam. ▶

▷ Dann wieder schien ihr ein Auto in beträchtlicher Entfernung zu stoppen; doch als sie die Straße überqueren wollte, war es schon da und hätte sie fast überfahren. Goss sie sich einen Tee ein, sah sie den glitzernden Strahl an der Tülle – und im nächsten Moment bemerkte sie, dass die Tasse bereits übergelaufen war. All das war für sie äußerst verwirrend und bisweilen auch gefährlich.

Das kinematografische Sehen, die von Zihl beschriebene Bewegungsblindheit und vermutlich auch die »Stillstände« mancher Patienten mit einem postencephalitischen Syndrom stellen unterschiedliche Phänomene dar. Folglich beruhen Bewegungswahrnehmung sowie die Kontinuität des visuellen Bewusstseins wohl nicht auf einem einzigen Mechanismus, sondern auf mehreren. Unter dem Einfluss von Rauschmitteln, während eines Migräneanfalls oder bei bestimmten Hirnverletzungen scheinen sie teilweise oder allesamt nicht richtig zu funktionieren. Gelegentlich jedoch offenbaren sich die verborgenen Mechanismen der Bewegungswahrnehmung

und bisweilen vermehren sich seine Blätter auf wundersame Weise, oder es erscheinen breitere, dunkle Streifen.

DAS BEWUSSTSEIN – EINE FILMKAMERA?

Eine verwandte Täuschung kennen Sie vielleicht aus Kinofilmen: Zuweilen scheinen die Räder fahrender Postkutschen rückwärts zu laufen oder fast stillzustehen. Dieses »Radphänomen« ist die Folge einer fehlenden Synchronisation zwischen der Bilderfrequenz des Films und der des rotierenden Rads. Doch warum erlebe ich Derartiges auch in der Realität, wenn ich zu meinem in gleichmäßiges Morgenlicht getauchten Ventilator hinaufblicke? Entspricht mein eigener Wahrnehmungsprozess etwa den aneinander gefügten Einzelbelichtungen einer Filmkamera?

Dale Purves und seine Kollegen von der Duke University in North Carolina haben reale Radphänomene eingehend untersucht, indem sie bemalte Drehscheiben benutzten: Bei allen ihren Versuchspersonen fanden sie solche Fehlwahrneh-

so vermutet Purves, funktioniere Kino so gut, weil wir selbst wie eine Filmkamera Zeit und Wirklichkeit in Momentaufnahmen zerteilen. Darüber hinaus ermöglichte es wohl gerade dieser Mechanismus dem Gehirn, Bewegungen zu detektieren und einzuschätzen: Schließlich müsse es sich dann nur noch die verschiedenen Positionen der Objekte in den aufeinander folgenden Bildern merken und daraus Richtung und Geschwindigkeit der Bewegungen kalkulieren.

Doch damit ist es nicht getan. Wir berechnen Bewegungen nicht wie ein Roboter. Wir empfinden Bewegung, genauso wie wir Farben oder räumliche Tiefe wahrnehmen, und zwar als einzigartige qualitative Erfahrung, die für unsere visuelle Aufmerksamkeit und das Bewusstsein entscheidend ist. Dabei ereignet sich etwas Unbegreifliches: Objektive, neuronale Prozesse generieren subjektive Erlebnisse – es entstehen »Qualia«. Während Philosophen noch darüber diskutieren, wie es zu solch einer Transformation kommen kann und ob diese überhaupt rational zu begreifen ist,

Frau M. unterhielt sich mit einem Freund, der vor ihr stand, bemerkte jedoch nicht, wie sich dessen Lippen bewegten oder sich sein Gesichtsausdruck veränderte. Ging er halb um sie rum, »sah« sie ihn weiterhin vor sich, obwohl seine Stimme nun von hinten kam

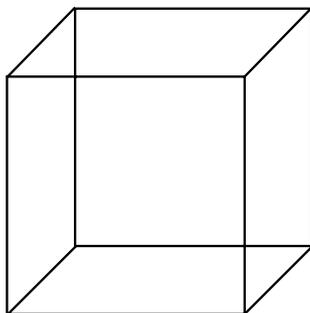
mung auch im Alltag. Wenn ich im Bett liege und zum Deckenventilator hinaufschau, kommt es mir manchmal so vor, als ob seine Blätter plötzlich für ein paar Sekunden die Drehrichtung umkehren, um dann genauso abrupt zu ihrer eigentlichen Vorwärtsbewegung zurückzukehren. Seltener hat es auch den Anschein, als wenn der Ventilator stockt,

selbst unter absolut gleichmäßigen Beleuchtungsbedingungen.

Nach Ansicht der beiden Forscher verarbeitet das visuelle System Information in regelmäßig aufeinander folgenden Abschnitten – und zwar etwa drei bis zwanzig pro Sekunde. Normalerweise würden diese »Episoden« als ununterbrochener Wahrnehmungsstrom erlebt. In der Tat,

begnügen sich die meisten Neurowissenschaftler damit, sie als Tatsache zu akzeptieren – und machen sich gleich daran, die »neuronalen Korrelate« des Bewusstseins zu erforschen.

William James sinnierte über Zoetrope als Metaphern für das bewusste Gehirn, Bergson über die Fotografie – doch diese Vergleiche waren aus der Not geboren und für ihre Erfinder selbst nur unbefriedigende Analogien. Erst in den vergangenen zwanzig bis dreißig Jahren erreichten die Neurowissenschaften einen Kenntnisstand, der Forschern erlaubt, sich der neuronalen Basis des Phänomens empirisch zu nähern. Tatsächlich mauserte sich die Erkundung des Bewusstseins, das vor den 1970er Jahren noch fast als Terra incognita galt, zu ei-



EINFACHER FLIPFLOP
Mal kippt der »Necker-Würfel« aus der Papierebene heraus, mal tritt er dahinter zurück.



MUSEE MAREY BEAUNE, FRANKREICH

nem zentralen Anliegen und fesselt Wissenschaftler weltweit. Mittlerweile wird es in jeder erdenklichen Form untersucht, von der elementaren Wahrnehmung, wie man sie bei allen Tieren findet, bis hin zu den höheren Ebenen von Gedächtnis, Bildsprache und Selbstbewusstheit.

Heute lassen sich die Aktivitäten von hundert und noch mehr Neuronen im Gehirn gleichzeitig messen, selbst bei wachen, nicht narkotisierten Tieren, die in diesem Moment einfache mentale Aufgaben bewältigen. Mittels bildgebender Verfahren wie der funktionellen Magnetresonanztomografie können wir zudem die Interaktionen von größeren Hirnarealen beim Menschen studieren. Daneben ist ein neues Fachgebiet entstanden: die computergestützte neuronale Modellierung. Hier wird mathematisch zu simulieren versucht, wie Netzwerke von Neuronen unter verschiedenen Bedingungen auf Reize reagieren und sich organisieren.

NEURONALER DARWINISMUS

So fügen sich neue und alte Konzepte zusammen und machen die Suche nach den neuronalen Korrelaten des Bewusstseins zu einem der aufregendsten Abenteuer in den Neurowissenschaften überhaupt. Ein entscheidender Schritt war dabei die Betrachtung ganzer »Populationen« von Neuronen. Dies wird nicht nur der riesigen Zahl an Nervenzellen im Gehirn (etwa einhundert Milliarden) gerecht, es berücksichtigt auch besser den

Einfluss des Lernens. So stellt man sich heute das Gehirn nicht mehr statisch und unflexibel wie einen Computer vor, sondern favorisiert ein Modell, das der biologischen Realität näher kommt: die »empirische Selektion«. Demnach bestimmen vor allem unsere Erfahrungen die Vernetzung und die Funktionalität des Gehirns – natürlich innerhalb der genetischen, anatomischen und physiologischen Grenzen. Über die gesamte Lebenszeit eines Individuums gesehen, spielen dabei die Auswahl bestimmter Neuronengruppen – bestehend aus bis zu rund tausend einzelnen Zellen – und ihr Einfluss auf die Organisation des Gehirns eine ähnliche Rolle wie die natürliche Selektion bei der Evolution der Arten. So prägte Gerald M. Edelman, in den 1970er Jahren auf diesem Gebiet ein Pionier, den Begriff des »neuronalen Darwinismus«. Der französische Neurowissenschaftler Jean Pierre Changeux, der sich intensiver mit den Verknüpfungen von einzelnen Neuronen beschäftigt, spricht ganz ähnlich vom »Darwinismus der Synapsen«.

Schon William James hatte betont, dass es sich beim Bewusstsein nicht um einen Gegenstand handelt, sondern um einen Prozess. Dessen neuronale Basis besteht für Edelman in der dynamischen Interaktion zwischen den Neuronengruppen in verschiedenen Regionen der Großhirnrinde sowie zwischen dieser, dem Thalamus und weiteren Hirnbereichen. Edelmans Theorie zufolge kommt Bewusstsein durch eine enorme Zahl re-

WIE FLIEGT EIN PELIKAN?

Der Physiologe Étienne-Jules Marey (1830 – 1904) bahnte in Frankreich den Weg für die Hochgeschwindigkeitsfotografie. Für seine Bewegungsstudien baute er sich spezielle Fotoapparaturen, mit denen er bis zu 60 Aufnahmen pro Sekunde belichten konnte.

ziproker, also sich gegenseitig beeinflussender Rückkopplungsschleifen zu Stande – und zwar vor allem zwischen Gedächtnissystemen in weiter vorne gelegenen Hirnregionen und jenen hinteren Hirnbereichen, die Wahrnehmungen kategorisieren.

Auch Francis Crick (1916–2004), einer der Entdecker der DNA-Doppelhelix, sowie sein Kollege Christof Koch vom Caltech in Kalifornien gehörten zu den Wegbereitern einer neuronalen Theorie des Bewusstseins (siehe Artikel ab S. 41). Seit ihrer ersten Zusammenarbeit in den 1980er Jahren haben sich die beiden Forscher eingehend mit der elementaren visuellen Wahrnehmung befasst. In seinem neuen Buch »Bewusstsein – ein neurobiologisches Rätsel« schildert Koch die persönliche Geschichte ihrer Suche nach der neuronalen Basis des Bewusstseins.

In einem Übersichtsartikel mit dem Titel »A Framework for Consciousness«, der im Februar 2003 in der Fachzeitschrift »Nature Neuroscience« erschien, stellten Crick und Koch Vermutungen ▶

- ▷ über die neuronalen Korrelate der Bewegungswahrnehmung an: darüber, wie das Gehirn visuelle Kontinuität erkennt oder konstruiert, und auch über die scheinbare Kontinuität des Bewusstseins an sich. Crick und Koch schlugen vor, dass »bewusste Aufmerksamkeit (für das Sehen) einer Serie von statischen Momentaufnahmen gleicht und die Bewegung sozusagen darauf »gemalt« wird ...«.

VERBINDE, WAS ZUSAMMENGEHÖRT

Als ich diese Sätze las, fühlte ich mich sofort an jene Vorstellung von Bewusstsein erinnert, die James und Bergson schon hundert Jahre zuvor entwickelt hatten – und die mir nicht mehr aus dem Kopf ging, seit mir in den 1960er Jahren Migränepatienten ihre kinematografischen Visionen geschildert hatten. Hier steckte freilich noch mehr dahinter: ein auf neuronaler Aktivität basierendes Substrat für das Bewusstsein.

Die von Crick und Koch postulierten Momentaufnahmen unterscheiden sich allerdings von den kinematografischen. So variiert die Dauer zweier aufeinander folgender Schnapsschüsse vermutlich. Außerdem, so betonen die beiden Forscher, fällt das Registrieren etwa der Form eines Objekts zeitlich nicht unbedingt etwa mit dem Feststellen seiner Farbe zusammen. Die dabei jeweils zu Grunde liegenden neuronalen Vorgänge der Aufnahme laufen automatisch ab und entsprechen wahrscheinlich einem neuronalen Mechanismus niederer Ordnung.

Doch eben weil jede Wahrnehmung eines Gegenstands das Registrieren etli-

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

TRÄGE VISIONEN

Warum erscheint eine im Kreis geschwungene Fackel wie ein durchgehender Feuerring? Über diese Frage rätselte man offenbar schon vor 2000 Jahren: Bereits der römische Schriftsteller Seneca erwähnt in seinen Schriften die »Langsamkeit des Sehens«. Systematisch untersucht wurde das Phänomen jedoch erst ab dem 19. Jahrhundert.

cher Attribute umfasst, müssen diese noch auf einer vorbewussten Ebene wieder miteinander verbunden werden. Dieses Bindungsphänomen scheint auf einem gleichzeitigen, synchronisierten Feuern der Neurone in verschiedenen sensorischen Arealen zu beruhen – und kann gelegentlich auch ausbleiben. Francis Crick zitierte in seinem Buch »The Astonishing Hypothesis« einen solchen kuriosen Fall: Ein Freund meinte auf einer belebten Straße einen Kollegen wiederzuerkennen und wollte ihn gerade ansprechen. Da erst bemerkte er, dass der schwarze Bart nicht zu diesem, sondern zu einem anderen Passanten gehörte – und der vertraute kahle Kopf und die Brille sogar zu einem dritten.

Das Attribut »Bewegung« mag im dafür zuständigen Zentrum des visuellen Cortex durch verschiedene Neurone repräsentiert sein, die mit einer bestimmten Rate feuern. Doch das ist erst der Beginn eines komplizierten Prozesses. Damit uns die Bewegung bewusst wird, muss laut Crick und Koch das Feuern – oder eine höhere Repräsentation davon – eine gewisse Intensität überschreiten und auf

gegenseitig beeinflussende Aktivität von Milliarden Nervenzellen hervorrufen.

Doch um ins Bewusstsein zu gelangen, muss die konzertierte Aktivität einer oder mehrerer Neuronenkoalitionen nicht nur eine Intensitätsschwelle überschreiten, sondern auch für rund hundert Millisekunden auf diesem Niveau gehalten werden. Dies entspricht der Dauer eines »perzeptiven Moments« – ein Ausdruck, den erstmals der Psychologe J. M. Stroud in den 1950er Jahren einführte. Er repräsentierte für ihn das »Quäntchen« psychologischer Zeit (ungefähr eine Zehntelsekunde, wie er anhand seiner Experimente abschätzte), das notwendig war, um sensorische Informationen zu einer Einheit zu integrieren.

Die scheinbare Kontinuität des visuellen Bewusstseins erklären Crick und Koch mit »Hysterese«, einem Nachwirken der Aktivität der Neuronenkoalitionen, die den eigentlichen Reiz überdauert (siehe S. 44). Diese Vorstellung ähnelt in gewisser Weise den Theorien zur »Trägheit des Sehens« aus dem 19. Jahrhundert. In seiner »Physiologischen Optik« von 1860 schrieb der Physiker Hermann von Helmholtz:

von Neuronenkoalitionen, das heißt einem Zuviel oder Zuwenig an Hysterese.

Unter normalen Umständen funktioniert unser visuelles System »bruchlos« und verrät nichts von dem Prozess, der dahinter steckt. Erst wenn dieser experimentell oder durch eine neurologische Störung zerlegt wird, treten seine Strukturelemente zu Tage. So untermauert vor allem die Zersplitterung in flimmernde, eingefrorene oder verschwommene Bilder bei bestimmten Vergiftungen oder schweren Migräneanfällen die Theorie, dass das Bewusstsein tatsächlich aus diskreten Momenten aufgebaut wird.

FLIEGENFANGEN AUTOMATISIERT

Auf welchem Weg auch immer die Fusion dieser Schnappschüsse erreicht wird, sie ist auf jeden Fall eine Voraussetzung für ein fließendes Bewusstsein. Ein solches entwickelte sich wahrscheinlich erstmals vor einer viertel Milliarde Jahren bei den Reptilien. Amphibien dagegen leben allem Anschein nach ohne Bewusstseinsstrom. Ein Frosch beispielsweise lässt keine aktive Aufmerksamkeit erkennen und scheint bewegte Objekte

Ein Freund meinte auf einer belebten Straße einen Kollegen wiederzuerkennen und wollte ihn gerade ansprechen. Da erst bemerkte er, dass der schwarze Bart nicht zu diesem, sondern zu einem anderen Passanten gehörte – und der vertraute kahle Kopf und die Brille sogar zu einem dritten

diesem Niveau gehalten werden. Bewusstsein ist für sie also ein Schwellenphänomen. Für eine Neuronengruppe gilt es dazu weitere Hirnareale (gewöhnlich im Frontalhirn) »anzuheuern« und sich dabei mit Millionen anderer Neuronen zu verbünden. Solche Koalitionen können binnen Bruchteilen einer Sekunde gebildet und wieder gelöst werden. Sie umfassen reziproke Verbindungen zwischen dem visuellen Cortex und vielen anderen Hirnregionen, sodass sich deren Neuronenverbände kontinuierlich miteinander austauschen können. Ein einziger visuell bewusst wahrgenommener Gegenstand kann also die gleichzeitige und sich ge-

»Das erfordert lediglich, dass die Einwirkungen schnell genug aufeinander folgen, sodass das Nachwirken des einen Reizes in der Wahrnehmung noch nicht abgeklungen ist, wenn der nächste kommt.« Von Helmholtz und seine Zeitgenossen nahmen an, dass die Nachwirkung in der Retina stattfindet, während Crick und Koch sie in den Neuronenkoalitionen des Cortex ansiedeln. Mit anderen Worten: Die Empfindung von Kontinuität beruht auf dem steten Überlappen aufeinander folgender perzeptiver Momente. Die von mir beobachteten Formen des kinematografischen Sehens beruhten also möglicherweise auf einer veränderten Erregbarkeit

nicht visuell zu verfolgen. Seine optische Welt sieht vermutlich vollkommen anders aus als unsere. Dennoch besitzt er wohl die automatische Fähigkeit, insektenähnliche Objekte in seinem Gesichtsfeld zu identifizieren und als Antwort darauf seine Zunge herausschnellen zu lassen. Manche Forscher behaupten gar, das Sehen eines Froschs sei letztlich nichts anderes als ein Mechanismus zum Fliegenfangen.

So wie ein dynamisches, fließendes Bewusstsein auf der untersten Ebene ein aktives Prüfen und Schauen erlaubt, so ermöglicht es auf einer etwas höheren Ebene die Wechselwirkung zwischen ▶

▷ Wahrnehmung und Gedächtnis, zwischen Gegenwart und Vergangenheit. Ein derartiges »primäres« Bewusstsein, wie es Edelman nennt, erweist sich im Überlebenskampf als außerordentlich vorteilhaft, denn es erlaubt einem Tier, Entscheidungen zu treffen und sein Verhalten ausgehend von vergangenen und gegenwärtigen Ereignissen zu planen. Von diesem relativ einfachen primären Bewusstsein ist es aber noch ein Sprung

pher: *»Ich bin eine Kamera mit offenem Verschluss, nehme nur auf, registriere nur, denke nichts. Registriere den Mann, der sich am Fenster drüben rasiert, und die Frau im Kimono, die ihr Haar wäscht. Eines Tages werde ich alle diese Bilder entwickelt, sorgfältig kopiert und fixiert haben.«*

Doch wir machen uns etwas vor, wenn wir glauben, dass wir jemals einfach nur passive, unvoreingenommene Beobachter

Vergänglichkeit gibt? Unsere vorbeifliegenden Gedanken ziehen nicht umher wie wilde Rinder – so ein Bild von William James, das förmlich nach dem Cowboyleben im Amerika der 1880er Jahre riecht. Jeder einzelne Gedanke gehört uns, trägt unser Brandzeichen, ist als Besitzer früherer Gedanken geboren und »stirbt als Eigentum seines späteren Besitzers, dem er alles, was er als sein Selbst erkannt hat, weiter vererbt«.

Wir sind die Regisseure unseres eigenen Films – und gleichzeitig auch seine Schauspieler: *Jedes Bild und jeder Moment sind wir, sie gehören ganz und gar uns*

zum menschlichen Bewusstsein, das die Sprache dazu gewonnen hat sowie Selbstbewusstheit und ein explizites Gefühl für Vergangenheit und Zukunft. Gerade diese Qualitäten verleihen dem Bewusstsein einer Person seine thematische, individuelle Kontinuität.

MEINE EIGENE SEVENTH AVENUE

Während ich diese Zeilen niederschreibe, sitze ich in einem Café an der New Yorker Seventh Avenue und die Welt zieht an mir vorbei. Ich richte meine Aufmerksamkeit wie einen Scheinwerfer mal hierhin, mal dorthin – auf ein Mädchen in rotem Kleid, auf einen Mann, der einen drolligen Hund spazieren führt, auf die Sonne, die (endlich!) hinter den Wolken hervorlugt. All diese Ereignisse erhaschen meine Aufmerksamkeit für einen kurzen Moment. Doch warum greife ich aus tausend möglichen Wahrnehmungen gerade diese heraus? Dahinter verbergen sich meine individuellen Gedanken, Erinnerungen und Assoziationen. Denn das Bewusstsein ist immerzu aktiv und selektiert – unter der Last meiner Gefühle und persönlichen Bewertungen, die meine Auswahl und Wahrnehmung beeinflussen. So sehe ich nicht einfach nur die Seventh Avenue, sondern meine ganz eigene Seventh Avenue – geprägt von meinem Selbst, meiner Identität.

Der amerikanische Schriftsteller Christopher Isherwood (1904–1986) beginnt sein Berliner Tagebuch mit einer detaillierten fotografischen Meta-

sein könnten. Vielmehr gestalten wir jede Wahrnehmung, jede Szene mit, willentlich oder unbewusst. Wir sind die Regisseure unseres eigenen Films – und gleichzeitig auch seine Schauspieler: Jedes Bild und jeder Moment sind wir, sie gehören ganz und gar uns. Unsere Formen sind – wie Marcel Proust es ausdrückt – in jedem einzelnen Bild umrissen, auch wenn wir keine andere Existenz, keine andere Wirklichkeit haben.

Doch was hält unsere Bilder, diese flüchtigen Momente, zusammen? Was verleiht ihnen Kontinuität, wenn es nur

Unser wahres Sein basiert also weniger auf den physiologischen Vorgängen eines perzeptiven Moments, obwohl diese allem anderen zu Grunde liegen, dies vielmehr auf ihrer ganz eigenen Natur, die unser Wesen ausmacht. Damit kehren wir am Ende zurück zu Prousts Bild, das seinerseits Reminiszenzen an die Fotografie (und sogar an David Hume) enthält und nach dem wir nichts weiter sind als eine Versammlung flüchtiger Augenblicke – wenngleich sie wie in Borges' Strom ineinander fließen. ◀

© Oliver Sacks 2004

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

OLIVER SACKS ist praktizierender Neurologe und lehrt als Clinical Professor unter anderem am Albert Einstein College of Medicine in New York. Einem großen Publikum bekannt wurde er unter anderem als Autor des später auch verfilmten Buchs »Zeit des Erwachens«.

Literaturtipps

Changeux, J. P.: The Psychology of Truth: Neuroscience and Human Knowledge. Cambridge, Massachusetts: Belknap Press of Harvard University Press 2004.

Crick, F.: Was die Seele wirklich ist. Reinbek: Rowohlt 1997.

Edelman, G. M.: Das Licht des Geistes: Wie Bewusstsein entsteht. Düsseldorf: Walter 2004.

Koch, C.: Bewusstsein – ein neurobiologisches Rätsel. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, Mai 2005.

Sacks, O.: Migräne. Reinbek: Rowohlt 1994.

Sacks, O.: Die Insel der Farbenblinden. Reinbek: Rowohlt 1997.