

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

SCHÖNE NEUE

15. Juli 2015, örtliches Krankenhaus

Ungeduldig zieht Tom seine Eltern durch die Eingangshalle. Der Sechsjährige ist aufgeregt. Morgen wird er eingeschult. Und das Einzige, das ihn noch von der heiß ersehnten Schultüte trennt, ist der obligatorische Termin im Neuro-Zentrum. Auch Max und Laura sind nervös. Denn gleich bekommen sie die Ergebnisse des Gehirn-Screenings ihres Sohns mitgeteilt. Seit kurzem ist diese Untersuchung vor dem ersten Schuljahr gesetzlich vorgeschrieben.

Dr. Berger kommt ins Besprechungszimmer und schiebt eine holografische Superdisk in den Computer. An der Wand erscheint ein Diagramm mit einer Vielzahl von Säulen; fast alle sind blau eingefärbt, nur zwei leuchten signalrot. »Alles wunderbar«, verkündet der Arzt routiniert. »Kein erhöhtes Risiko für Schizophrenie, Depressionen oder andere psychische Erkrankungen. Keine strukturellen Defekte im Gehirn. Ihr Tom hat quasi den Garantieschein für geistige Gesundheit.«

»Und was bedeuten die roten Balken?«, will Max wissen. »Der eine zeigt eine Prädisposition für aggressives Verhalten, der andere weist auf mögliche Probleme beim räumlichen Vorstellungsvermögen hin. Aber halb so wild, Ihr Sohn muss ja kein Architekt werden. Außerdem kennen wir jetzt seine Schwachstellen und können ihn individuell fördern – zum Beispiel in Geometrie.«

»Aber Tom ist doch nicht aggressiv.« Max zieht die Stirn in Falten und wirft einen fragenden Blick auf seine Frau. »Nein«, pflichtet Laura ihm bei, »da müssten Sie mal unseren Nachbarsjungen sehen. Und der ist erst vier! Sind Sie sicher, dass hier kein Fehler vorliegt?«

»Studien haben klar ergeben, dass ein bestimmtes Aktivitätsmuster in der Hirnrinde die Wahrscheinlichkeit um 35 Prozent erhöht, dass jemand später einmal ein Gewaltverbrechen begeht. Und genau dieses Aktivitätsmuster liegt in Toms Hirnscans vor. Der Befund ist eindeutig.«

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

NEURO-WELT

Gedankenlesen, Gedächtnisspielen, Neurochips – die Hirnforschung macht rasante Fortschritte und wirft dabei ganz neue ethische Fragen auf: Wie manipulierbar wird der Mensch?

VON ULRICH KRAFT

Natürlich ist diese Szene reine Fiktion. Fragt sich nur, wie lange noch. Denn die im Neuro-Zentrum zum Hirnscan eingesetzten Technologien existieren bereits, auch wenn sie noch nicht so präzise arbeiten. Innerhalb von nicht einmal zwei Jahrzehnten hat sich die Hirnforschung vom kleinen Randgebiet zu einem der größten Wissenschaftszweige überhaupt entwickelt. Staat und Industrie investieren Milliarden, um zu ergründen, wie das komplexeste Gebilde des Kosmos funktioniert. Jedes neurowissenschaftliche Institut, das etwas auf sich hält, wirft heute mit modernen Magnetresonanz- oder Positronen-Emissionstomografen tiefe Blicke unter die Schädeldecke – und registriert, was im Gehirn von Probanden beim Denken, Fühlen, Handeln und Glauben so vor sich geht. Dabei schlagen die Hirnkartografen ein unglaubliches Tempo an. Im Wochenrhythmus erscheinen Studien über die geglückte Vermessung neuer Geisteslandschaften der einsigen Terra incognita in unserem Kopf.

Gemeinsam arbeiten die Forscher auf einen Tag hin, der alle bisherigen High-

lights der Wissenschaftsgeschichte in den Schatten stellen dürfte: der Tag, an dem der neuronale Code vollständig entschlüsselt ist. Der Tag, an dem Neuro-Experten die Sprache der Nervenzellen problemlos verstehen. Und damit auch der Tag, an dem der Mensch sich selbst, seine Motive, sein Wirken und Handeln uneingeschränkt begreift. Denn die Hirnforschung geht davon aus, dass sich unser gesamtes Erleben mit neuronalen Prozessen begründen lässt.

DIE LETZTEN GEHEIMNISSE DES MENSCHEN

Noch vermag niemand zu sagen, wann diese Stunde schlägt, ob in 30, 50 oder 100 Jahren. Dennoch zweifeln die meisten Hirnforscher nicht daran, dass sie dem zweieinhalb Pfund schweren Organ mit seinen 100 Milliarden Nervenzellen irgendwann auch die letzten Geheimnisse entlocken werden. »Die Vorgänge im Gehirn liegen ebenso in der Reichweite der Wissenschaft wie der Ursprung des Universums«, urteilt Antonio Damasio, Leiter des neurologischen Instituts der University of Iowa und einer der prominentesten Vertreter seiner Zunft. »Bald werden wir wissen, wie wir Glück, Trau-

er, Lust und Schmerz erfahren, und selbst die Mechanismen des Bewusstseins werden uns keine Rätsel mehr aufgeben.« Dann geht für Damasio ein »Menschheitstraum in Erfüllung«.

Doch längst nicht alle Fachleute teilen diese Euphorie. Bei manchen dominiert vielmehr die Sorge, dass systematische Hirnscans und zentrale »Persönlichkeitsdatenbanken« schon bald die Sciencefiction-Welt verlassen und Wirklichkeit werden. »Weit mehr als unsere Gene macht uns das Gehirn aus. Es bestimmt die speziellen Eigenarten unseres persönlichen Leistungsvermögens, unserer Gefühle, unserer Überzeugungen«, warnt Donald Kennedy, Chefredakteur des renommierten Wissenschaftsmagazins »Science« und selbst ein erfahrener Neurobiologe. »Schon jetzt möchte ich nicht, dass mein Arbeitgeber oder meine Versicherungsgesellschaft mein Genom kennt. Und was mein »Brainom« angeht, möchte ich nicht, dass irgendjemand es kennt. Schließlich geht es hier um den intimsten Kern meiner Identität.«

Kennedy gehört zu einer illustren Runde von Wissenschaftstheoretikern, Hirnforschern, Soziologen und Bioethikern, die 2002 auf dem Jahrestreffen der ►

▷ amerikanischen Society for Neurosciences eine neue Disziplin ins Leben riefen: die Neuroethik. Deren Protagonisten beschäftigen sich mit den gesellschaftlichen und politischen Folgen, die das rasant wachsende Wissen über die Arbeitsweise unseres Zentralorgans mit sich bringen könnte. Ihr wichtigstes Ziel definiert Judy Illes, Direktorin des Stanford Center for Biomedical Ethics, in

derzeit präzisestes Instrument einsetzen: die funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT). Mit einer Auflösung von zwei Millimetern bilden die Geräte ab, welche Hirnregionen in Aktion treten, wenn wir gerade gestresst sind oder bis über beide Ohren verschossen – oder wenn wir entscheiden, ob wir uns lieber einen neuen BMW kaufen oder doch einen Mercedes.

»Die Vorgänge im Gehirn liegen ebenso in der Reichweite der Wissenschaft wie der Ursprung des Universums«

Antonio Damasio, University of Iowa, Neurologe

klaren Worten: »Schutz und Geheimhaltung der menschlichen Gedanken«.

Momentan dienen die meisten Studien ausschließlich dem besseren Verständnis des Gehirns. Vor allem was dessen »mittlere Ebene« betrifft, die Kommunikation von Zellverbänden aus einigen hundert oder tausend Neuronen, tappt man noch weit gehend im Dunkeln. Doch die Methoden, mit denen Neurowissenschaftler heute versuchen, diese Grundfragen zu klären, entwickeln sich rasant weiter und könnten morgen dazu dienen, das Denkorgan zu manipulieren.

»Es ist sehr wahrscheinlich, dass unser zunehmendes Vermögen, im Gehirn zu lesen, auch in anderen Bereichen genutzt wird. Um geeignete Bewerber für einen Job auszuwählen, um Krankheiten zu diagnostizieren und zu behandeln, um festzustellen, wer wirklich Anspruch auf Schwerstbehindertenrente hat, und zu guter Letzt – um das Gehirn aufzuwerten«, prophezeit Arthur Caplan, Bioethiker an der University of Pennsylvania und bislang alles andere als ein Technologiepessimist. Nach Caplans Ansicht wird die Hirnforschung die Gesellschaft vor eine weitaus größere Herausforderung stellen als die Gentechnik. Deshalb möchten sich die Neuroethiker mit den möglichen Folgen der neuen Techniken schon auseinander setzen, bevor diese unwiderruflich zu unserem täglichen Leben gehören.

Höchste Zeit, mahnt auch Judy Illes. Die promovierte Psychologin hat analysiert, zu welchem Zweck Hirnforscher ihr

»Die Zahl der Studien mit offensichtlichen sozialen und gesellschaftlichen Auswirkungen nimmt stetig zu«, bilanziert Illes. »Dazu gehören Untersuchungen der menschlichen Kooperationsbereitschaft, des Konkurrenzverhaltens, neurophysiologische Auffälligkeiten bei gewalttätigen Personen oder die genetischen Einflüsse auf Hirnstruktur und -funktion.«

Auch vor Angst, Lügen, Liebe oder Religiosität machen Neurowissenschaftler nicht Halt. Und je besser verstanden wird, wie das Zusammenspiel der Neurone so komplexe Verhaltensweisen und Gefühle hervorbringt, desto mehr Möglichkeiten zur Intervention und Manipulation bieten sich.

NEURO-HYPE IN DEN MEDIEN

Denken wir darüber vielleicht noch zu wenig nach? Wer regelmäßig Zeitung liest oder fernsieht, gewinnt einen anderen Eindruck. In den Medien ist die wissenschaftliche Eroberung des menschlichen Gehirns bereits ein Boomthema. Nur klingen die Szenarien oft so, als wäre die Zukunft bereits Gegenwart. Mischwesen aus Mensch und Maschine, Gedankenlesemaschinen, die in Sekundenbruchteilen politische Gesinnung, Teamfähigkeit und Durchsetzungskraft eines Stellenbewerbers ermitteln, Pillen, die unseren kognitiven Fähigkeiten auf die Sprünge helfen, uns stets bei bester Laune halten oder unerschöpfliche Energie bescheren, und so weiter. Eines Tages gibt es dann vielleicht sogar das wohlige

Gefühl des Verliebtseins auf Rezept: Schmetterlinge im Bauch – zum Schließen. Dazu den per Neuroimplantat vermittelten Orgasmus auf Knopfdruck. Und damit naht wohl das Ende der »konventionellen« Fortpflanzung, denn wer würde unter diesen Umständen noch so etwas Kompliziertes wie eine zwischenmenschliche Beziehung auf sich nehmen?

Kein Wunder also, dass die Fortschritte der Hirnforschung bei vielen Menschen einerseits Faszination, andererseits aber auch Ängste wecken. Doch was ist wirklich dran an der Horrorvision vom Homo sapiens mit gläsernem Gehirn, am neurotechnologisch manipulierten und kognitiv aufgerüsteten Menschen der Zukunft? Dass schlechte Nachrichten mehr Gehör finden als gute, wussten Psychologen schon vor der Erfindung der fMRT. Könnte es nicht sein, dass die neuen Technologien unser Leben vielmehr verbessern als bedrohen?

Zumindest für Menschen mit psychischen und neurologischen Erkrankungen verspricht das wachsende Wissen über die Funktionsweise unseres Denkkorgans neue Hoffnung. Die ist auch dringend nötig, denn Leiden, die mit Störungen und Fehlfunktionen des Gehirns zusammenhängen, befinden sich auf dem Vormarsch. Depressionen beispielsweise bezeichnet die Weltgesundheitsbehörde WHO schon heute als die größte gesundheitliche Gefahr des 21. Jahrhunderts. Und in den immer älter werdenden Gesellschaften der westlichen Industrienationen avancieren die meist in den Totalausfall der kognitiven Fähigkeiten mündenden Demenzerkrankungen fast schon zur Epidemie. Geht die Entwicklung so weiter, wird bis 2050 allein in den USA das Heer der Alzheimerpatienten auf 13 Millionen anschwellen.

Lange Zeit galten solche »Geisteskrankheiten« als unabwendbare Schicksalsschläge – schlicht, weil man die Ursachen nicht kannte. Heute ist das dank des Booms der Hirnforschung und ihrer »gefährlichen« Technologien anders. Insbesondere die bildgebenden Verfahren brachten bei vielen dieser einst so rätselhaften Leiden endlich Licht ins Dunkel. So entdeckten kanadische Forscher Anfang dieses Jahres, dass depressive Jugendliche einen deutlich kleineren Hippocampus besitzen als ihre gesunden Altersgenossen. Das Hirnareal spielt bei der Verarbeitung von Emotionen eine zentrale Rolle. Außerdem gerät im Gehirn der Betroffenen der Neurotransmitterhaushalt aus dem Gleichgewicht: Der Spiegel des »Glückshormons« Serotonin sinkt weit unter die Norm.

IMPFFEN GEGEN ALZHEIMER?

Bei Alzheimerpatienten wird der einst als unabwendbar angesehene Nervenzelluntergang durch ein fehlerhaftes Protein ausgelöst. Dessen Bildung könnte sich möglicherweise verhindern lassen, etwa durch eine Impfung mit Antikörpern, die spezifisch an das krank machende Eiweiß binden. Weltweit arbeiten Wissenschaftler fieberhaft an einer solchen Therapie. Doch der Durchbruch lässt noch auf sich warten.

Dennoch: Dass Hirnforscher die hinter diesen Krankheiten steckenden Mechanismen immer besser verstehen, stößt die Tür weit auf zu effektiveren Medikamenten und neuen, vielleicht revolutionären Behandlungsmethoden. So manche bahnbrechende Innovation hat den klinischen Alltag bereits erreicht. Etwa die so genannten SSRIs (Serotonine-Reuptake-Inhibitoren). Die Präparate verlangsamen die Wiederaufnahme von Seroto-

nin in die Nervenzellen und erhöhen so im Gehirn depressiver Patienten den Spiegel dieses für die Psyche so wichtigen Neurotransmitters. Konsequenz: Die Stimmungslage der Betroffenen hellt sich auf. Da die SSRIs nicht nur effektiver sind, sondern zudem weniger Nebenwirkungen haben, haben sie die klassischen Antidepressiva fast schon vom ärztlichen Rezeptblock verdrängt.

Auch Peter Eichhammers Ende 2003 erzielter Durchbruch in der Tinnitus therapie wurde nur möglich, weil Hirnforscher ihrem Lieblingsobjekt mittlerweile bei der Arbeit zusehen können. Allein in Deutschland quälen die subjektiven Geräuschempfindungen mehr als drei Millionen Menschen. Für jeden vierten Tinnituspatienten gerät der Verlust der Stille sogar zur schier unerträglichen Belastung. Die Patienten können sich kaum noch konzentrieren, schlafen nicht mehr, bekommen Depressionen oder Angststörungen.

Wirksame Hilfe gab es bislang nur selten, meist mussten die Betroffenen lernen, mit der Geräuschkulisse zu leben. Der Grund: Die Wissenschaft vermutete die Quelle des lästigen Lärms lange Zeit im Innenohr. Falsch, wie man heute dank fMRT weiß. Das permanente Klingeln entsteht im Gehirn! Dessen auditorische Areale im Cortex feuern nämlich auch dann Impulse ab, wenn es für das Ohr gar nichts zu hören gibt.

Eichhammer und seinem Team von der Universität Regensburg gelang es, die überaktiven Hörzentren zu bremsen und so das Übel an der Wurzel zu packen. Dabei nutzten die Wissenschaftler ein Verfahren, das ebenfalls erst in den letzten zwei Jahrzehnten entwickelt wurde: die transkranielle Magnetstimulation, kurz TMS. Stromdurchflossene Spulen bauen bei dieser Methode ein extrem ▷

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

▷ starkes Magnetfeld auf, mit dem sich die auf elektrischen Impulsen basierende Kommunikation zwischen den Nervenzellen beeinflussen lässt. Und zwar von außen: durch die Schädeldecke hindurch. Den magnetischen Zauberstab richteten die Regensburger Forscher auf den hyperaktiven Hörcortex ihrer an schwerem chronischem Tinnitus leidenden Patienten. Und siehe da – bereits nach fünf jeweils halbstündigen Therapiezyklen verringerte sich die Geräuschkulisse in den meisten Fällen deutlich. Der Effekt hielt sogar über ein halbes Jahr an.

Auch bei anderen Krankheiten weckt das Verfahren große Hoffnungen, denn TMS kann mehr, als nur die Aktivität

dert sich nach der Behandlung das Verhalten, die Befindlichkeit oder der Hormonspiegel, zeigt dies, dass die stimulierten oder gedämpften Hirnareale beim Krankheitsgeschehen eine Rolle spielen.« Auf diese Weise, so der Forscher, ließen sich aber auch grundlegende menschliche Fähigkeiten wie Kreativität oder Lernfähigkeit untersuchen.

ERINNERN IN DER RÖHRE

Das ist bisher die Domäne der fMRT. Ein typisches Experiment zur Erforschung des Erinnerungsvermögens sieht etwa so aus: Der Proband lernt zunächst eine Reihe von Begriffen. Dann legt er sich in die Magnetröhre und versucht, sich möglichst viele Begriffe wieder ins

»Es ist sehr wahrscheinlich, dass unser zunehmendes Vermögen, im Gehirn zu lesen, auch in anderen Bereichen genutzt wird. Um geeignete Bewerber für einen Job auszuwählen, um Krankheiten zu diagnostizieren und zu behandeln, um festzustellen, wer wirklich Anspruch auf Schwerstbehindertenrente hat, und zu guter Letzt – um das Gehirn aufzuwerten«

Arthur Caplan, University of Pennsylvania, Bioethiker

von Nervenzellen verändern. Wie Neurowissenschaftler von der Universität Innsbruck herausfanden, regt die Magnettherapie das Wachstum von Nervenzellen an und sorgt sogar dafür, dass im Gehirn neue Neurone sprießen. Menschen mit neurodegenerativen Erkrankungen, also etwa Alzheimerpatienten, könnten davon eines Tages profitieren.

Für die unmittelbare Zukunft sieht Frank Padberg die TMS in einem anderen Bereich – der Erforschung der neurophysiologischen Ursachen psychischer Leiden. »Indem man bestimmte Hirnregionen via TMS beeinflusst, kann man Rückschlüsse auf die Mechanismen einer Krankheit ziehen«, erklärt Padberg, der an der LMU in München das Verfahren bei depressiven Patienten erprobt. »Än-

Gedächtnis zu rufen. Währenddessen zeichnen Forscher die Hirnaktivität auf und beobachten, welche Areale an dem Erinnerungsprozess beteiligt sind.

Doch die Neurowissenschaftler arbeiten bereits daran, den Einsatzbereich des bildgebenden Verfahrens über die reine Grundlagenforschung hinaus zu erweitern. 2002 zeigte ein Experiment, in welche Richtung diese Bemühungen gehen. Vinod Menon und sein Team von der Stanford University konfrontierten Kinder, Jugendliche und Erwachsene mit dem so genannten Stroop-Test und registrierten gleichzeitig ihre Hirnaktivität. Bei diesem Test müssen die Probanden möglichst schnell die Farbe nennen, in welcher der Name einer Farbe gedruckt ist. Das Gemeine daran: Farbe und Wort

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

stimmen nicht überein. Steht auf dem Monitor »blau«, lautet die Lösung rot; und grün bei »gelb«. Klingt einfach, ist es aber nicht. Denn das Gehirn hat Lesen sehr viel besser automatisiert als das Benennen von Farben. Wer das Wort »blau« in roter Farbe liest, muss seinen ersten Impuls unterdrücken, um richtig zu antworten. Besonders Kinder haben damit Schwierigkeiten, doch mit zunehmendem Alter bewältigt das Denkkorgan die Aufgabe besser.

Diese Fortschritte konnten die amerikanischen Forscher auf den fMRT-Bildern sehen; die Scans von Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen unterschieden sich deutlich. Der Clou an der Sache: Heranwachsende, deren Gehirnreifung

die fMRT im Mittelpunkt. Der Psychologe scannte zunächst die Hirnaktivität von Schülern mit Dyslexie – einer Lese- störung – bei verschiedenen Lesetests. Nach einem intensiven Spezialtraining untersuchte er seine jungen Probanden noch einmal und stellte fest, dass die Aktivitätsmuster ihrer Gehirne denen normaler Leser jetzt sehr viel ähnlicher waren.

Die fMRT ermöglicht damit etwas, was bisher bei der Therapie von psychischen und neurologischen Krankheiten als Schwachpunkt galt – die objektive Beurteilung der Wirkung. Die präzisen Hirnbilder machen die Effektivität einer Behandlungsmethode ähnlich messbar wie den Blutdruck eines Hypertonikers. Ob ein Verfahren wirkt oder nicht, lässt sich mit bildgebenden Verfahren anhand von Veränderungen der neuronalen Aktivität überprüfen.

Und mehr noch: Was spricht eigentlich dagegen, dass Gabrielis Hirnscan auf Dyslexie Teil eines sehr viel umfangreicheren Testprogramms wird – speziell entworfen, um möglichst früh herauszufinden, in welchen Lernbereichen Kinder individuelle Schwächen besitzen? Oder aber besondere Talente! So wie beim kleinen Tom in unserem Eingangsbeispiel, dessen eingeschränktes räumliches Vorstellungsvermögen ihm vielleicht eines Tages im Mathematikunterricht Schwierigkeiten bereiten wird. Sofern man seine Probleme nicht von vornherein kennt und entsprechend eingreift. Denn dann könnten die Lehrer ein spezifisches Lernkonzept erarbeiten, exakt angepasst an die individuellen Fähigkeiten eines jeden Schülers. Spätestens nach dem Pisa-Schock dürfte diese Möglichkeit nicht nur Bildungsminister reizen.

Wie viel ethischen Zündstoff fMRT-gestützte Diagnoseverfahren andererseits bergen, zeigt die Arbeit eines Teams um Greg Siegle. Die Wissenschaftler von der University of Pittsburgh untersuchten, ob das Gehirn von depressiven Menschen auf negative Begriffe anders reagiert als das gesunder. Ihr spezielles Interesse galt dabei der Amygdala, dem Gefühlszentrum unseres Denkkorgans. Dort wurden die Forscher auch fündig. Im-

mer wenn die depressiven Probanden ein trauriges Wort hörten – beispielsweise »Hungersnot« oder »Massenmord« –, nahm die Aktivität in der Amygdala zu, und zwar für fast eine halbe Minute.

Bei Personen, die noch nie depressive Phasen durchleben mussten, reagierte das Emotionsareal ebenfalls, der anfängliche neuronale Aufruhr klang jedoch bereits nach zehn Sekunden wieder ab. Siegles Erklärung zufolge fällt es Gesunden leichter, sich von den deprimierenden Worten gedanklich wieder zu verabschieden.

Das Brisante an dieser Technik: Angenommen, in sämtlichen Personalabteilungen stünde ein fMRT – so unwahrscheinlich das im Moment auch erscheinen mag. Wenn sich dann ein Bewerber mit Depressionen vorstellt, die Krankheit aus verständlichen Gründen aber lieber nicht erwähnt, hat er absolut keine Chance. Verheimlichen unmöglich, der neuronal versierte Personalchef liest in seinem Gehirn wie in einem offenen Buch. Die Konsequenz liegt auf der Hand: Ein nicht depressiver Kandidat würde wohl den Vorzug bekommen.

MASCHINELLER IQ-TEST

Genauso könnte man die graue Masse nach Indizien für andere mentale Störungen durchforsten – immer vorausgesetzt, die entsprechenden Aktivitätsmuster sind bekannt. Oder vielleicht sogar die Intelligenz des Stellenbewerbers checken, präzise und auf einen Blick, nicht wie heute durch ausgeklügelte, aber doch vergleichsweise ungenaue psychologische Assessmentcenter-Tests.

Doch möglicherweise muss dann schon niemand mehr befürchten, etwas weniger Hirnschmalz könne ihm zum Nachteil gereichen. Denn an Medikamenten, die den kognitiven Fähigkeiten des Menschen gezielt auf die Sprünge helfen, wird bereits mit Hochdruck gearbeitet. Memory Pharmaceuticals heißt eine der führenden Firmen auf diesem Gebiet – schon der Name zeigt an, in welche Richtung die Reise geht: In ihrem Labor in New Jersey entwickeln Forscher Pillen gegen das Vergessen.

Gründer des Unternehmens ist einer der führenden Köpfe der Gedächtnis- ▶

nicht normal verlief, wiesen ein anderes Aktivitätsmuster auf als gesunde Gleichaltrige. Durch Kombination von fMRT und Stroop-Test lassen sich Verzögerungen in der Hirnreifung also früher erkennen als mit den üblichen psychologischen Testverfahren, so das Fazit der Forscher.

NACHHILFE NACH NEURO-SCREENING

Gerade bei Störungen der geistigen Entwicklung spielt der Zeitpunkt der Diagnose aber eine entscheidende Rolle, denn durch frühzeitiges gezieltes Training der kognitiven Fähigkeiten können die Kleinen den Rückstand noch aufholen.

Menons Stanforder Kollege John Gabrieli demonstrierte letztes Jahr, wie gut das funktioniert. Auch hier stand

▷ forschung: Eric Kandel. Der Gewinner des Nobelpreises für Medizin 2000 versucht, schwindenden Geistesleistungen mit einem Wirkstoff namens MEM 1414 entgegenzutreten. Die Substanz erhöht indirekt den Spiegel eines Proteins, das für die Bildung des Langzeitgedächtnisses entscheidende Bedeutung besitzt – CREB. Je mehr CREB in den Nervenzellen herumschwimmt, desto schneller und zuverlässiger brennen sich lang anhaltende Erinnerungen in unsere grauen Zellen ein.

Zumindest bei Tieren funktioniert das Viagra fürs Gehirn schon. Unter dem Einfluss von MEM 1414 lernen greise Mäuse im Labyrinth den Weg zum Futter wieder so schnell wie ihre jugendlichen Artgenossen. Kandel ist sicher, dass sein »Brain-Booster« auch beim Menschen funktioniert – und zwar schon recht bald: »Meine Freunde fragen mich immer, wann die kleine rote Pille kommt«, so der 74-Jährige. »Wenn wir weiterhin solche Fortschritte machen wie bislang, gibt es in fünf bis zehn Jahren Medikamente gegen den altersbedingten Gedächtnisverlust.«

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

Erste Studien am Menschen laufen seit Anfang 2003, nicht zuletzt dank der 150-Millionen-Dollar-Finanzspritze des Pharmariesen Roche, mit dem Memory Pharmaceuticals vor zwei Jahren eine Allianz einging. Überhaupt mischen bei der Jagd nach der ersten Gedächtnispille mittlerweile fast alle Big-Player der Branche mit: Merck, Johnson & Johnson, GlaxoSmithKline, Bayer. Ein Elefantenrennen. Und dem Sieger winkt ein gigantischer Markt.

»MEDIKAMENTE« FÜR GESUNDE?

Offiziell werden die Forschungsbemühungen zwar gern als Suche nach einem Medikament gegen Alzheimer deklariert, doch das halten viele Insider lediglich für einen Vorwand: »Die Behandlung von Demenzerkrankungen liefert nur die medizinische Rechtfertigung«, meint James McGaugh, Neurowissenschaftler an der University of California in Irvine. »Die Pharmafirmen geben es nicht zu, aber sie haben es auf ganz normale Menschen abgesehen – auf den 44-jährigen Geschäftsmann, der versucht, sich einfach besser an die Namen seiner Kunden zu erinnern. Dort wartet der Profit.«

Im Endeffekt geht es um nichts anderes als darum, einen vollkommen natürlichen Alterungsprozess aufzuhalten. Denn mit den Jahren lässt die Leistungsfähigkeit des Gedächtnisses langsam nach. Es fällt uns schwerer, eine Fremdsprache zu lernen, wir können uns nicht mehr so viele Telefonnummern merken, verschusseln öfter mal die Brille oder den Autoschlüssel. Welcher Mittvierziger würde es nicht begrüßen, wenn sich diese frustrierende altersbedingte Vergesslichkeit abstellen ließe – durch einen Gedächtnistrainer zum Schlucken. Paul Herrling, Forschungsleiter bei Novartis, macht keinen Hehl daraus, dass die Branche über diese Möglichkeit nachdenkt: »Es wäre ein riesiger Markt, doch die Medikamente müssten extrem sicher sein.«

Selbigen zu erschließen ist zumindest in den USA vor drei Jahren wesentlich einfacher geworden. Seitdem gilt die »milde kognitive Störung« offiziell als Krankheit – und damit auch als behandlungsbedürftig. Mehrere Pharmafirmen überprüfen gerade, ob ihre bereits zugelassenen Alzheimermittel nicht auch den »norma-

len« Alten helfen könnten, das Nachlassen des Gedächtnisses abzubremsen.

Eines dieser Medikamente hat Jerome A. Yesavage getestet. Allerdings befanden sich seine Versuchsteilnehmer allesamt im Vollbesitz ihrer geistigen Kräfte – es handelte sich um Piloten. Yesavage ließ sie zunächst in einem Flugsimulator komplizierte Manöver und Notfallsituationen trainieren. Eine Gruppe schluckte danach einen Monat lang das Alzheimermedikament Donezipil, die andere ein Placebo. Als der Psychologe von der Stanford University seine Kandidaten im Anschluss erneut ins virtuelle Cockpit

Kinder zugelassen, auf die das Aufputschmittel paradoxerweise beruhigend wirkt (siehe G&G 3/2004, S. 54). Doch mittlerweile greifen auch Manager, Wissenschaftler, Kreativberufler und vor allem prüfungsgeplagte Studenten gern mal in die Pillendose – illegalerweise.

»In meinen Kursen kennt jeder Leute, die das Zeug schlucken oder verkaufen«, berichtet Farah. »Und das beschränkt sich nicht nur auf die Uni, es ist ein nationaler Trend.« Einer ihrer Studenten habe sogar von einem Hockeytrainer erzählt, der seine Spieler vor jedem Match ermahnte, nur ja ihr Ritalin zu nehmen.

sen beeinflussbar. So gibt es in England bereits ein Medikament gegen Schüchternheit. Nur – was ist Schüchternheit überhaupt? Eine Krankheit? Oder nicht eher ein individueller Charakterzug, der die Persönlichkeit eines bestimmten Menschen eben ausmacht? Und weiter gefragt: Wie bewertet man Geiz? Als pathologisch, nur weil wir Großzügigkeit im Allgemeinen mehr schätzen?

Sicherlich lockt der Gedanke, so mancher unbequemen und unliebsamen Eigenschaft per Pille den Garaus zu machen. Doch droht dann nicht auch eine extreme Gleichmacherei, sowohl zwi-

»Wenn wir weiterhin **solche Fortschritte** machen wie bislang, gibt es in fünf bis zehn Jahren Medikamente gegen den altersbedingten Gedächtnisverlust«

Eric Kandel, Columbia University New York, Medizin-Nobelpreisträger

bat, waren die Donezipil-Flieger ihren unbehandelten Mitprobanden deutlich überlegen. Insbesondere schwierige Landeanflüge und Notsituationen wie einen Abfall des Öldrucks bewältigten sie wesentlich schneller und sicherer. Yesavage ist sich der Konsequenzen seiner Studie durchaus bewusst: »Wenn kognitive Verbesserungen auch bei geistig gesunden Personen möglich werden, wirft das bedeutende ethische und rechtliche Fragen auf.«

Für Martha Farah vom Center for Cognitive Neuroscience der University of Pennsylvania dient schon die aktuelle Generation der Psychopillen längst nicht mehr nur der Therapie von Krankheiten. »Die Verbesserung von normalen neurokognitiven Funktionen mit pharmakologischen Mitteln ist für viele Menschen unserer Gesellschaft längst Tatsache«, so die Neuropsychologin in der Mai-Ausgabe der Fachzeitschrift »Nature Neuroscience«. »Dazu gehören Stimmung, Gedächtnis, Appetit, Libido und Schlaf.«

TREND ZUM HIRNDOPING

Wenn es darum geht, den Geist chemisch auf Trab zu bringen, gilt Ritalin momentan als Mittel der Wahl. Die amphetaminähnliche Substanz ist eigentlich nur zur Behandlung hyperaktiver

Sollte sich diese Art des Hirndopings noch weiter ausbreiten, befürchten Farah und ihre Kollegen weit reichende Konsequenzen: »Dann kommt es zwangsläufig zu Situationen, in denen Menschen dazu gezwungen sind, ihre geistigen Fähigkeiten auch wirklich zu verbessern.« Denn schließlich würde jeder Berufstätige bemerken, dass er mit Gedächtnispillen und Wachmachern schneller und effektiver arbeitet als ohne – und endlich wieder mit dem psychopharmakologisch längst »getunten« Kollegen am Nebentisch mithalten kann.

»Was ist, wenn der Verbleib im Job oder in der Schule davon abhängt, ob jemand bei der neurokognitiven Leistungssteigerung mitmacht?«, fragen die Forscher und meinen es durchaus ernst. Denn dass sich die Gesellschaft eines Tages teilt in pharmainduzierte geistige Überflieger einerseits und Unterprivilegierte andererseits, die jegliche kognitive Aufrüstung ablehnen (oder sie sich vielleicht nicht leisten können), erscheint angesichts der immer präziseren Eingriffe in unsere Hirnchemie nicht länger abwegig.

Da unser gesamtes Denken, Fühlen und Handeln dem elektrochemischen Zusammenspiel der Neurone entspringt, werden aber nicht nur die kognitiven Fähigkeiten, sondern auch Verhaltenswei-

sen den Menschen als auch im Bezug auf die Befindlichkeiten jedes Einzelnen? Schließlich machen Stimmungsschwankungen, Schrulligkeiten, Hochs und Tiefs, produktive und faule Tage das Leben aus. In einer Welt, in der Stimmungsaufheller wie das in den USA schon als Lifestyle-Medikament geltende Antidepressivum Prozac stets für beste Laune und ungebremsten Optimismus sorgen, Ritalin uns unbändige Energie verleiht und Gedächtnispillen aus jedem einen Erinnerungskünstler machen, wäre es womöglich mit alledem aus und vorbei.

GEDÄCHTNIS AUS SILIZIUM

Alan Rudolph ist fest davon überzeugt, dass wir unserem Denkorgan eines nicht allzu fernen Tages künstlich auf die Sprünge helfen werden. Allerdings gehen seine Fantasien in eine ganz andere Richtung. Rudolph koordiniert bei der Darpa, dem Forschungsarm des amerikanischen Verteidigungsministeriums, ein vorerst auf zwei Jahre angelegtes 24-Millionen-Dollar-Vorhaben. Das Ziel: die Entwicklung einer Schnittstelle zwischen Gehirn und Maschine.

Einen der ehrgeizigsten Teilbereiche dieses Renommierprojekts leitet Ted Berger von der University of Southern California in Los Angeles. Berger und sein

- ▷ Team wollen den Hippocampus durch einen Computerchip ersetzen, also jene Hirnregion, die bei der Speicherung unserer Erinnerungen eine zentrale Rolle spielt. Obwohl die Wissenschaftler noch nicht vollständig verstehen, wie die Nervenzellnetze Informationen überhaupt verarbeiten, planen sie für die Zukunft Großes. Eines Tages sollen Neuroprothesen Patienten mit Schädigungen des Hip-

»Wenn kognitive Verbesserungen auch bei geistig gesunden Personen möglich werden, wirft das bedeutende ethische und rechtliche Fragen auf«

Jerome A. Yesavage, Stanford University, Psychologe

pocampus wieder in den Vollbesitz ihrer geistigen Kräfte bringen – eine Gedächtnisstütze aus Silizium für Alzheimerkranke und Schlaganfallopfer.

Dass die Darpa ihn nicht so großzügig unterstützt, weil sein Implantat vielleicht einmal Hirngeschädigten helfen könnte, weiß der Wissenschaftler. Denn sollte die Technologie funktionieren, lassen sich damit die kognitiven Fähigkeiten des Menschen fast beliebig erweitern. Berger selbst skizziert folgendes Szenario: Auf dem Gedächtnischip könnte man komplexe Ausweichmanöver speichern, die einem Kampfpiloten Flugbewegungen ermöglichen würden, die er durch konventionelles Training nicht oder nur sehr langsam lernt. Trifft er trotzdem eine falsche Entscheidung, unterbindet das System diese Reaktion. »Wer einen F-18-Kampfjet fliegt, kann sich keine Fehler leisten«, so Berger.

FUNKVERKEHR VON HIRN ZU HIRN

Im Kinohit »Matrix« mutierte der Held Neo binnen einer Minute zum perfekten Kung-Fu-Kämpfer. Das notwendige Wissen wurde von der Festplatte des Computers direkt in sein Gehirn eingespielt – über ein neuronales Interface. Genau diese Vision hat Darpa-Projektleiter Alan Rudolph, und er bezweifelt nicht, dass sich sein Traum erfüllt: »Auf lange Sicht wird auch die direkte Kommunikation von Hirn zu Hirn möglich.«

Wenn Mischwesen aus Mensch und Maschine eines Tages nicht länger über Kinoleinwände, sondern auf der Straße flanieren, dürfte das unser Selbstbild gewaltig erschüttern. Denn die »Cyborgs« wären dem rein biologischen Menschen in vielerlei Hinsicht haushoch überlegen. Konsequenz: Homo sapiens verliert seinen angestammten Platz als Krone der Schöpfung.

Bioethiker Arthur wirft eine andere Frage auf, die auch dann relevant wird, wenn die Neurotechnologien Kranken vorbehalten bleiben: »Angenommen man verändert das Gehirn – wie weit kann man dann gehen, bevor man eine völlig andere Person erschafft?« Oder anders formuliert: Ist ein Mensch mit Gedächtnisimplantat immer noch derselbe? Bei einer Hüftprothese oder einer künstlichen Herzklappe wird das wohl niemand bezweifeln, aber bei einem Hirnchip?

In diesem Punkt lässt sich die Suche nach einer konsensfähigen Antwort vielleicht noch eine Weile auf die lange Bank schieben. Andere Erkenntnisse der modernen Neurowissenschaften berühren hingegen schon jetzt Kernpunkte des menschlichen Daseins. Stichwort »freier Wille«. Subjektiv hat wohl jeder den Eindruck, dass er selbst in den meisten Situationen entscheidet, was er tun und lassen möchte, und nach sorgfältigem Abwägen des Für und Wider seine Handlungen bestimmt. Pustekuchen, sagen mittlerweile etliche Hirnforscher. Wir sind keineswegs Herr im eigenen Haus. Was wir als bewusste Entscheidungen wahrnehmen, sei lediglich das Endergebnis einer im Verborgenen ablaufenden Kette von Hirnprozessen – und die viel beschworene Willensfreiheit folglich nur eine Illusion!

Die ketzerisch klingende These basiert auf einem mittlerweile schon als legendär zu bezeichnenden Versuch von Benjamin Libet. Vor gut zwanzig Jahren entdeckte der Neurophysiologe, dass das Denkorgan eine Handlung – in dem Fall das Krümmen eines Fingers – bereits einleitet, bevor sein Besitzer sich zu dieser Handlung überhaupt entschließt. Neuere Studien bestätigen das Ergebnis und damit auch Libets Fazit: »Wir tun

nicht, was wir wollen, sondern wir wollen, was wir tun!«

Dass unsere »freien« Entscheidungen nichts anderes sein sollen als die unabwendbare Folge neuronaler Prozesse, ist mehr als nur ein unangenehmer Gedanke. Die Widerlegung der Willensfreiheit hätte auch vor Gericht Folgen. Denn wenn ein Verbrecher nur tut, was sein Gehirn ihm befiehlt, trägt er dann überhaupt die Verantwortung für seine Tat?

Auch die Verbrechensbekämpfung könnten die bildgebenden Verfahren revolutionieren:

25. Mai 2030, Berliner Olympiastadion

Tom, mittlerweile 21, macht sich auf den Weg zum letzten Saisonspiel seiner Hertha. Nervös ist er, angespannt, doch das wundert nicht: Noch ein Sieg, und die Berliner sind Meister. Entschlossen, sein Team bis zur letzten Sekunde nach vorn zu peitschen, passiert Tom die Sicherheitskontrolle. Plötzlich blinkt ein rotes Licht auf, ein Beamter stoppt ihn.

»Entschuldigung, aber wir dürfen Sie nicht ins Stadion lassen. Ihre Hirnscans ergaben Anzeichen für aggressive Gefühle.«

»Das ist doch nicht Ihr Ernst?! Okay, ich hatte vorhin Streit mit meiner Freundin, aber ...«

»Schon klar, doch laut unserer Datenbank neigen Sie nun einmal zu erhöhter Gewaltbereitschaft. Und heute gilt Sicherheitsstufe 2. Tut mir Leid.«

Utopie? Nein, meint Judy Illes. Die Fortschritte bei der funktionellen Magnetresonanztomografie, gepaart mit dem seit dem 11. September 2001 stark gestiegenen Sicherheitsbedürfnis, würden die Entwicklung solcher Geräte beschleunigen. Zumindest auf amerikanischen Flughäfen rechnet die Neuroethikerin binnen zehn Jahren mit der Einrichtung systematischer Hirnscans.

Momentan sind Neuroforscher beim Gedankenlesen noch auf die Kooperationsbereitschaft ihrer Probanden angewiesen, die sich in die enge Röhre des

Tomografen quetschen müssen. Doch schon dabei dringen sie so tief in deren Innerstes vor, dass man sich mittlerweile durchaus überlegen sollte, welche Geheimnisse man wirklich preisgeben will.

Ende letzten Jahres entlarvte Jennifer Richardson vom Dartmouth College in New Hampshire Menschen mit versteckten Rassenvorbehalten anhand von fMRT-Bildern. Je vorurteilsbeladener die Versuchsteilnehmer waren, desto stärker leuchtete ihr präfrontaler Cortex beim Anblick eines Farbigen auf.

Mario Bauregard interessiert sich hingegen dafür, was im Gehirn vor sich geht, wenn Versuchspersonen erotische Videofilme ansehen. Wie der Neurowissenschaftler von der University of Montreal feststellte, explodiert die Aktivität in bestimmten Emotionsarealen, sobald ein Proband eine Szene sexuell stimulierend findet. – Und was ist mit Ihnen? Erregen Sie Männer, Frauen – oder am Ende gar beide Geschlechter? Macht Sie Kuschelsex an oder bevorzugen Sie SM-Praktiken? Wer das lieber für sich behalten möchte, darf sich auf keinen Fall bei Mario Bauregard melden, denn vor seinem »Hirnschanner« können Sie keine auch noch so geheime sexuelle Fantasie verbergen.

MIT NEUROMARKETING AUF KUNDENFANG

Sogar Marketingstrategen versuchen inzwischen, mit bildgebenden Verfahren zu unseren innersten Wünschen vorzudringen (siehe G&G 3/2004, S.14). Sie interessiert etwa, warum wir lieber Persil kaufen als ein No-Name-Billigwaschmittel. Wenn sie das herausgefunden haben, können sie unser Konsumverhalten noch gezielter beeinflussen – beispielsweise durch einen Werbespot, der die Belohnungszentren im Gehirn aktiviert oder besonders lang im Gedächtnis haften bleibt. »Neuromarketing« heißt das neue Zauberwort der Branche.

Der Mensch, eine gläserne Marionette. Und an den lenkenden Fäden Spezialisten in Sachen Neurophysiologie – oder einfach jeder, der die nötigen Geräte besitzt und weiß, was er zu tun hat. Ist das die Verheißung der Hirnforschung für das 21. Jahrhundert? – Sicherlich, je besser man die neuronalen Prozesse

kennt, die unser Denken, Fühlen und Handeln hervorbringen, desto manipulierbarer werden wir. Kanadischen Forschern gelang es bereits, durch Magnetstimulation bei ihren Probanden religiöse Empfindungen zu wecken – Gottes Nähe auf Knopfdruck. Dass emotions- und willenlos gemachte Soldaten Kriege führen, von Militärs per Funk über ein neuronales Interface ferngesteuert – selbst dieses Szenario könnte in nicht allzu ferner Zukunft technologisch machbar sein. Spätestens solchen Anwendungen wird die Gesellschaft hoffentlich einen Riegel vorschieben. Aber auch die anderen ethischen Fragestellungen gilt es zu erörtern, und zwar besser heute als morgen, denn die Erschließung des Kosmos im Kopf schreitet rasant voran.

Die Hirnforschung zu stoppen, nur weil sie das Potenzial zum Missbrauch birgt, ist hingegen schon allein deswegen nicht sinnvoll, weil viele Kranke von dem wachsenden Wissen profitieren. Wer unter Depressionen leidet, wird so wirkungsvolle Medikamente wie Prozac auch dann schätzen, wenn Gesunde damit ihre Stimmung ebenfalls aufbessern. Und überhaupt: Was spricht eigentlich dagegen, mit »Brain-Boostern« die kognitiven Fähigkeiten zu optimieren oder mit Neurochips das Wissen zu erweitern? Möglicherweise nur die gängige Vorstellung, dass wir uns Glück und Erfolg durch harte Arbeit verdienen müssen – getreu dem Motto »Ohne Fleiß kein Preis«. Vielleicht besteht die größte Schwierigkeit der Neuro-Revolution also darin, uns von ein paar lieb gewonnenen Gedanken zu verabschieden. ◀

ULRICH KRAFT, Mediziner und ständiger G&G-Mitarbeiter, lebt als freier Wissenschaftsjournalist in Berlin.

Literaturtipps

Farah, M. et al.: Neurocognitive Enhancement: What Can We Do and What Should We Do? In: Nature Reviews Neuroscience 5, 2004, S. 421–425.

Farah, M.: Emerging Ethical Issues in Neuroscience. In: Nature Neuroscience 5(11), 2002, S. 1123–1129.