



Dieser Text ist der Wortlaut eines Vortrags, gehalten am Samstag, 6.12.2008 an der Evangelischen Akademie Baden in Bad Herrenalb im Rahmen der Tagung „Endzeit. Szenarien des Untergangs oder Bilder der Hoffnung?“

Apokalyptik in den Naturwissenschaften

## Erschaffung des neuen Menschen

Dr. Markus C. Schulte von Drach

Meine sehr geehrten Damen und Herren,  
vielen Dank für die freundliche Einladung.

Soweit ich es verstanden habe, lässt sich die Apokalypse nach dem Buch Daniel als Endzeitvision verstehen, einer Entwicklung zum Schlechten und zu einer Herrschaft der widergöttlichen Mächte. Schließlich wird Gott diese Mächte vernichten und ein neues Zeitalter beginnt. Auch in den Offenbarungen des Johannes wird die Apokalypse als Ende der Geschichte beschrieben, auf das eine neue Erde und ein neuer Himmel folgt.

Im allgemeinen Sprachgebrauch verwenden wir den Begriff aber ein wenig weiter gefasst. Und wenn wir unter Apokalypse auch das Ende der Welt und der Menschen, wie wir sie kennen, verstehen, dann steht uns möglicherweise eine Art Apokalypse tatsächlich in gar nicht allzu ferner Zukunft bevor.

Und ich meine damit nicht Katastrophen, einen Meteoriteinschlag oder die Folgen des Klimawandels. Ich meine keine drastische Veränderung der natürlichen Lebensumstände auf unserem Planeten.

Ich meine vielmehr eine dramatische Veränderung des Menschen und des Menschseins selbst.

Wenn man sich mit der Vergangenheit bis zurück in die Antike beschäftigt, so entsteht der Eindruck, dass es zwar einige Unterschiede gibt zwischen uns und unseren Vorfahren - aber dass wir es doch mit Menschen zu tun haben, die ziemlich so waren wie wir: Menschen mit geistigen Fähigkeiten wie die unseren, die in Gesellschaften lebten mit Denkern, Forschern und Philosophen, über deren Erkenntnisse wir heute noch staunen.

Selbst Romane, die vor mehreren hundert Jahren irgendwo auf der Welt geschrieben wurden, können wir heute noch gut lesen. Wir verstehen ihre Helden und fühlen mit ihnen. Und wir haben sogar unsere Freude an griechischen Sagen und Mythen, die bereits Tausende Jahre alt sind, zum Beispiel das Gilgamesch-Epos.

Das alles kommt daher, dass die Menschen sich seit mehreren zehntausend Jahren als biologische Lebewesen kaum verändert haben und sich auf der Grundlage ihrer gemeinsamen Natur überall auf der Welt ähnlich verhalten haben. Das gilt auch, obwohl es sogar heute weltweit noch ziemlich große kulturelle Unterschiede gibt. Winston Churchill hat einmal gesagt: „Je tiefer man in die Vergangenheit blickt, desto weiter sieht man in die Zukunft.“

Doch das trifft möglicherweise nicht mehr zu. Denn wir stehen vor einer Zäsur.

Wir spüren das derzeit noch nicht, weil die Veränderungen schleichend vor sich gehen. Doch in fünfzig oder hundert Jahren wird man vermutlich vom Beginn eines neuen Zeitalters sprechen, das irgendwann um die Jahrtausendwende ihren Ursprung hatte. Und den Menschen dieser Zukunft werden wir möglicherweise fremder erscheinen als uns die Angehörigen von Jäger- und Sammlervölkern im Amazonas-Dschungel oder die alten Griechen und Babylonier. Und uns würden die Menschen der Zukunft vielleicht genauso fremd erscheinen, wenn wir sie besuchen könnten.

Ihren Ausgang findet diese Apokalypse in den modernen Biowissenschaften, insbesondere in der Gentechnik, der Biotechnologie und den Neurowissenschaften. Wir stehen hier nämlich am Beginn einer rasanten Entwicklung auf der Grundlage von unglaublich schnell wachsenden Erkenntnissen und technischen Möglichkeiten.

Bevor ich auf die für mich eigentlich wichtigsten Entwicklungen zu sprechen komme, möch-

te ich noch einige medizinische Bereiche ansprechen, mit denen Sie vermutlich schon vertraut sind, weil sie in der Öffentlichkeit seit Jahren wahrgenommen und diskutiert werden.

Vielleicht haben Sie ja kürzlich diese Meldung gelesen oder davon gehört: Ein internationales Wissenschaftler-Team hat einer jungen Mutter in Barcelona das Leben gerettet mit Hilfe einer Luftröhren-Transplantation. Es handelte sich allerdings nicht um eine gewöhnliche Transplantation: Die Mediziner hatten zwar einen Luftröhrenteil eines Verstorbenen verwendet, die Zellen um das Knorpelgewebe - das Kollagen - jedoch entfernt und durch Gewebe ersetzt, das sich aus Knochenmarks-Stammzellen der Frau gebildet hatte. So entstand eine neue Luftröhre, die von der Patienten nach der Transplantation nicht abgestoßen wurde, da es sich ja um körpereigenes Gewebe handelte. Das ist nur Beispiel dafür, wie die Stammzellforschung uns nach und nach in die Lage versetzt, erkranktes Gewebe zu erneuern und in Zukunft vielleicht auch alte, verbrauchte Organe zu ersetzen.

Und wenn es sich nicht um embryonale Stammzellen handelt, sondern um adulte, die sogar aus dem eigenen Körper des Patienten stammen, so stoßen die Methoden der Mediziner bei uns auch kaum auf ethische Vorbehalte. Werden wir uns also in Zukunft im hohen Alter ein neues Herz, eine neue Niere, neue Lungen, und Lebern einsetzen lassen, um mehr zusätzliche Tage zu haben und zugleich mehr von den zusätzlichen Tagen?

In den Industrienationen wächst bereits jetzt die Lebenserwartung aufgrund der guten medizinischen und sonstigen Versorgung. Wo die Grenze liegt, steht noch gar nicht fest. Sollte die Verteilung der Ressourcen unseres Planeten so bleiben, wie sie derzeit ist – nämlich ungerecht –, so wird es in den entwickelten Nationen immer mehr alte Menschen geben, die immer älter werden, während im Rest der Welt junge Menschen um ihr Überleben kämpfen. Und sollte tatsächlich einmal irgendwann Gerechtigkeit herrschen, wird die menschliche Population insgesamt ein immer höheres Durchschnittsalter aufweisen. Vielleicht wird man sogar die Zahl der Kinder reglementieren müssen, wenn die Alten dem Nachwuchs keinen ausreichenden Platz machen wollen.

Machen wir einen Ausflug in die:

### **Genetik und die Gentechnik**

Die erste fast vollständige Entschlüsselung des menschlichen Genoms durch die internationale Forscherteams des Human Genom Pro-

jects dauerte mehr als zehn Jahre. Etwas schneller war das US-Unternehmen Celera von Craig Venter. Viel schneller wurde seitdem bereits das komplette Erbgut der beiden Wissenschaftler Venter und James D. Watson analysiert.

Und kürzlich meldeten zwei Teams von Wissenschaftlern, sie hätten die gesamte DNS von mehreren Personen innerhalb von acht Wochen entschlüsselt!

Bereits jetzt können Sie sich von kommerziellen Unternehmen bestimmte Gene analysieren lassen mit dem Ziel, Informationen über bestimmte Gesundheitsrisiken und das Vorhandensein einer der etwa 4000 bekannten Erbkrankheiten zu erhalten. Bis auf wenige Fälle wie Chorea-Huntington ist allerdings noch unklar, wie realistisch die Risiken von den Untersuchungen derzeit wiedergegeben werden und wie sinnvoll es ist, etwas darüber zu erfahren. Vor allem, wenn man gar nichts dagegen tun kann. Und das ist bei den meisten genetischen Risikofaktoren derzeit jedenfalls noch der Fall.



(Quelle: screenshot)

Doch angesichts der bisherigen Entwicklung können wir sicher sein: Es ist nur eine Frage relativ kurzer Zeit, bis jeder Mensch sein gesamtes Erbgut analysieren lassen kann, - wenn er sich das leisten kann - um zu erfahren, ob es einen genetisch begründeten Hang zum Übergewicht, ein erhöhtes Diabetes- oder Krebs-Risiko gibt, eine Anfälligkeit für Sucht oder ein überdurchschnittlich großes Risiko für Schizophrenie, Depressionen, Parkinson und so weiter.

Darauf kann man sich dann einstellen. Man kann daran auch verzweifeln.

Die Gesellschaft muss sich dann darauf verständigen, wer von diesen Daten erfahren darf oder sogar erfahren muss. Hat man nicht die moralische Verpflichtung, seinen Partner darü-

ber zu informieren, dass die gemeinsamen Kinder möglicherweise ein bestimmtes Risiko-Gen erben werden? Werden Ehen nur noch nach Genanalysen geschlossen? Wird es manchen Menschen verboten sein, Kinder gemeinsam oder überhaupt zu bekommen? Werden Eltern in Zukunft gezielt eine Reihe von Embryos heranwachsen lassen, die bestimmte Eigenschaften tragen sollen, von denen ein Kind ausgesucht wird, und die überzähligen Embryos werden zerstört?

Und ist es nicht unfair gegenüber dem Arbeitgeber, nicht anzugeben, dass man mit hoher Wahrscheinlichkeit bereits vorzeitig in Rente muss? Ist es nicht Betrug an der Krankenkasse und der Gemeinschaft der Beitragszahler, wenn man verschweigt, dass man voraussichtlich eine schwere Stoffwechselkrankheit entwickeln wird? Werden unsere Gehälter möglicherweise in Zukunft nicht mehr nur von Bildung und Qualifikation abhängen, sondern auch von unserer genetisch bedingten langfristigen Einsatzfähigkeit?

Vermutlich wird es in ferner Zukunft auch möglich sein, Gene in Keimzellen auszutauschen: Risiko-Gene werden dann durch normale Gene ersetzt, aber auch normale Gene werden wir durch Wunsch-Gene ersetzen können. Kinder, die sonst von ihren Eltern eine genetisch bedingte Krankheit erben würden, blieben davon verschont. Kritiker dieser sogenannten Keimbahntherapie befürchten, dass es dann tatsächlich zum „Designer-Baby“ kommen wird, dem Nachwuchs nach der am Schreibtisch entworfenen Blaupause, den schöneren, intelligenteren, größeren und stärkeren Kindern.

Die Genanalysen und die Gentechnik werden allerdings möglicherweise zur Entwicklung einer neuen Klassen-Gesellschaft beitragen. Es wird jene geben, die es sich leisten können, ihr Erbgut zu optimieren, und jene, deren Mittel dazu nicht ausreichen werden. Und selbst wenn die technischen Möglichkeiten allen Menschen frei zugänglich gemacht würden, wenn also alle „Risikogen-Träger“ zu „Erbgesunden“ werden könnten oder zumindest ihre Kinder so aufwachsen könnten, stellt sich die Frage, ob alle Menschen bereit wären, die Technik anzuwenden. Denn es gibt natürlich ethische und religiöse Vorbehalte.

Schon die medizinischen und gentechnischen Anwendungen der Zukunft, die sich bereits jetzt abzeichnen, können also das Ende des uns vertrauten menschlichen Zusammenlebens bedeuten. Das macht vielen Menschen schon jetzt Angst. Für diese Menschen werde ich - glaube ich - ein noch weit beängstigende-

res, apokalyptisches Szenario entwerfen, das auf den Fortschritten einer anderen wissenschaftlichen Disziplin beruht: Der Hirnforschung.

„Die Hirnforschung wird nämlich die Gesellschaft vor eine noch weitaus größere Herausforderung stellen als die Gentechnik“. So sieht es der amerikanische Bioethiker Arthur Caplan von der University of Pennsylvania. Etwas Ähnliches hat auch der deutsche Biologe Jens Reich festgestellt: „Die Erkenntnisse über unser Gehirn werden das Menschenbild des 21. Jahrhunderts stärker verändern als die Gentechnik.“

Was also geht da vor sich?

Die Wissenschaft dringt immer tiefer in den Kosmos unseres Gehirns ein. Hirnforscher entschlüsseln immer präziser die Funktionen der Netzwerke aus mehr als einer Milliarde Nervenzellen, die unser Denkorgan bilden. Wir wissen inzwischen sehr gut, welche Regionen unseres Gehirns aktiv sind, wenn wir sehen, hören, Worte zu Sätzen verknüpfen, wenn wir Angst haben oder uns freuen, Schmerzen empfinden, oder Lust oder Trauer.

Die großartigen Erkenntnisse der Wissenschaftler zeichnen ein immer schärferes Bild von unserem Denken, unseren Entscheidungsprozessen und unserem Ich. Darüber hinaus bietet die Hirnforschung immer mehr Möglichkeiten, psychische Krankheiten Tinnitus und in Zukunft vielleicht auch Parkinson und Alzheimer zu behandeln. Das ist gut. Schließlich sind zum Beispiel Depressionen der WHO zufolge schon heute die größte gesundheitliche Gefahr des 21. Jahrhunderts. Und auch angesichts unserer wachsenden Lebenserwartung werden immer mehr Menschen von einem Ausfall kognitiver Fähigkeiten bedroht sein.

Mit dem wachsenden Wissen um die Hirnchemie können nun immer effizientere Substanzen entwickelt werden, die mit immer weniger Nebenwirkungen und immer spezifischer gegen Funktionsstörungen in bestimmten Bereichen unseres Denkorgans eingesetzt werden können. In Zukunft werden solche Psychopharmaka nicht mehr wie früher zufällig entdeckt. Sie werden gezielt designed. „Künftig werden wir eine Macht über das Gehirn gewinnen, von der wir niemals zu träumen gewagt hätten“, hat deshalb zum Beispiel der renommierte Hirnforscher Antonio Damasio von der University of Iowa vorausgesagt.

Das wird weitgehende Konsequenzen haben. Friedrich Dürrenmatt hat in seinem Buch „Die Physiker“ festgestellt: Der Inhalt der Physik

geht die Physiker an - die Auswirkungen alle Menschen. Das gilt auch für die Gentechnik und vielleicht noch mehr für die Hirnforschung. Die Physiker haben dem Menschen die Macht gegeben, den Atomkern zu manipulieren und damit die Möglichkeit, unseren ganzen Planeten unbewohnbar zu machen. Die Hirnforschung aber ist dabei, in den Kern unseres Bewusstseins vorzudringen. Und sie wird dem Menschen die Möglichkeit geben, auch diesen Kern zu manipulieren und zu zerstören - den intimsten Kern unserer Identität.

Und wie werden wir diese Möglichkeiten nutzen? Werden wir nur Grundlagenforschung betreiben und Krankheiten bekämpfen? Sicher nicht. Es gibt genug Menschen, die die neuen Erkenntnisse zu ganz anderen Zwecken einsetzen werden.

## Hirndoping

Und warum eigentlich nicht? Warum sollte man zum Beispiel nicht auch Gesunden helfen, ihre Möglichkeiten auszuweiten? Schließlich verbessern bereits jetzt viele Menschen ihre ganz normalen neurokognitiven Funktionen wie Stimmung, Gedächtnis, Appetit, Libido und Schlaf mit Hilfe pharmakologischer Mittel:

Mit dem Antidepressivum Fluctin hellen schon lange auch gesunde Menschen vor allem in den USA ihre Stimmung auf. Ritalin, eine amphetaminähnliche Substanz, die eigentlich hyperaktiven Kindern helfen soll, wird in den USA angeblich bereits von zehn bis 20 Prozent aller gesunden Schüler und Studenten als Aufputschmittel eingesetzt. Auch viele Manager, Wissenschaftler, und Menschen, die auf ihre Kreativität angewiesen sind, stimulieren sich mit dem Medikament. Provigil, eigentlich ein Mittel gegen Schlafstörungen, wird von Yuppies eingenommen, um nach einer durchzechten Nacht einen arbeitsreichen Tag durchzustehen, oder von Soldaten im Kriegseinsatz, die über Tage wach und einsatzbereit bleiben müssen. Und Schüler lernen besser, wenn sie zum Beispiel Pillen einnehmen, die Levodopa enthalten, eine Vorstufe des Hirnbotenstoffes Dopamin.

Gerade beim Militär hat der Einsatz von Wachmachern bereits Tradition. So dienen zum Beispiel sogenannte Go-Pillen mit Dexedrin US-Piloten dazu, bei langen Flügen einsatzbereit zu bleiben, No-Go-Pillen bringen sie anschließend wieder runter und lassen sie gut schlafen.

Und wenn diese Mittel auch Gesunden helfen können, warum sollten sie nur als Medikamente verschrieben werden, und nicht als Lifestyle-

Mittel? Experten erwarten einen wahren Boom von chemischen Denkhilfen, Hirnverstärkern und Pillen gegen das Vergessen - einer Art Viagra für das Gehirn. Mit Mitteln, die von gesunden Menschen eingenommen werden, lässt sich schließlich auch erheblich mehr Profit machen als zum Beispiel mit Alzheimerpatienten.

Ob diese Entwicklung eine gute ist, ist unter den Experten umstritten. So finden manche Hirnforscher es wünschenswert, dass man die auch klug macht, die nicht die genetische Grundlage eines Genies haben, und dass man die noch schlauer macht, die schon klug sind. Arthur Caplan, der Bioethiker von der University of Pennsylvania, fragt zum Beispiel: „Wenn wir durch Veränderungen unseres Gehirns mehr leisten oder erreichen könnten als unsere Eltern, wären solche Eingriffe tatsächlich offenkundig unmoralisch?“

Andere Fachleute sind skeptisch. Wenn sich das Hirndoping tatsächlich weiter ausbreiten sollte, so wird es unweigerlich zu Situationen kommen, in denen Menschen gezwungen sind, ihre Fähigkeiten aufzuputschen. Nämlich wenn es die Konkurrenz auch tut.

Wenn die Arbeitskollegen dank irgendwelcher Pillen leistungsfähiger, engagierter, mutiger sind und ständig gut gelaunt. Unter Studenten scheint es bereits gang und gäbe, sich mit Hirndoping fit zu machen.

„Was ist, wenn der Verbleib im Job oder in der Schule davon abhängt, ob jemand bei der neuropsychologischen Leistungssteigerung mitmacht?“, fragt zum Beispiel die Bioethikerin Martha Farah von der University of Pennsylvania. Es wird ein Sog entstehen, ein kognitives Wettrüsten.

Ähnliches kennt man ja zum Beispiel von den Rennfahrern der Tour de France, bei denen sich offenbar so ziemlich jeder dopen musste, um „im Rennen zu bleiben“. Eine wirklich freie Entscheidung gibt es dann nicht mehr.

Dann aber stellt sich die Frage: Wer wird sich das Hirndoping leisten können? Denn die Pharmafirmen entwickeln ihre Pillen nicht, um sie zu verschenken. Wird sich die Gesellschaft aufteilen in pharmagestützte geistige Überflieger auf der einen Seite, die sich die Brain-Booster leisten können, und Unterprivilegierte auf der anderen Seite?

Hirndoping stellt eine Gefahr für die Chancengleichheit dar. Aber Ungleichheit besteht jetzt schon. Sie müsse generell beseitigt werden, sagt Arthur Caplan. Also Hirndoping für alle.

Kritiker sehen noch ganz andere Gefahren. Leon Kass von der University of Chicago, der von 2001 bis 2005 Vorsitzender des Bioethikrats des US-Präsidenten war, fragt sich zum Beispiel, ob Pillen gegen Schüchternheit und Angst ein Ersatz für wahres Glück sein könnten.

Was Kass Sorge bereitet, ist schlichtweg, dass die Authentizität unserer Gefühle, ja unseres ganzen Wesens in Frage gestellt würde.

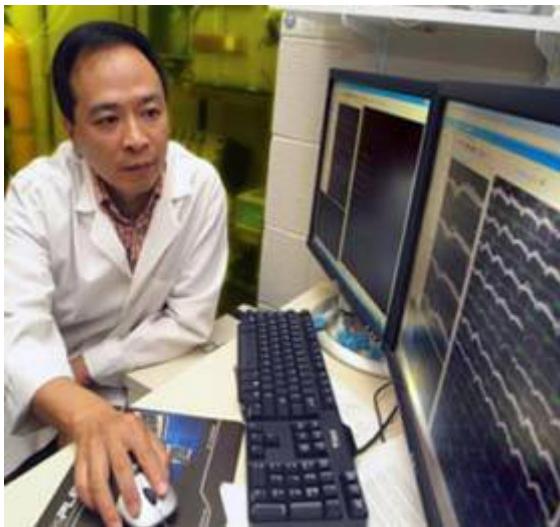
Außerdem darf man nicht vergessen, das Psychopharmaka langfristig Nebenwirkungen haben könnten, die anfänglich nicht erkannt werden. Man weiß zum Beispiel, dass die Amphetamine, die vom Militär als Wachmacher eingesetzt werden, zu schwerem Fehlverhalten führen können. So wird vermutet, dass zum Beispiel kanadische Soldaten in Afghanistan 2002 durch US-Kampfpiloten auf Speed bombardiert wurden.

### **Erinnerungen löschen**

Während es auf der einen Seite Forscher gibt, die daran arbeiten, Hirnleistungen zu verbessern, suchen andere nach Möglichkeiten, bestimmte Funktionen zu unterdrücken. Im Oktober meldete zum Beispiel die Georgia School of Medicine: „Gezieltes Gedächtnis-Löschen gehört nicht länger ins Reich der Science-Fiction“.

Es war nämlich Wissenschaftlern um Joe Tsien gelungen, bei Mäusen ganz gezielt bestimmte Erinnerungen aus dem Gehirn zu entfernen. Und zwar solche, die eine Stunde alt waren, und auch solche, die einen Monat alt waren. Die Forscher haben dabei einen Trick angewandt: Sie haben Mäuse gentechnisch derart präpariert, dass sich bei ihnen die Überproduktion eines bestimmten Hirnproteins gezielt an- und abschalten lässt. Die Mäuse wurden dann in einen Käfig gesetzt und erhielten einen leichten elektrischen Schlag durch den Metallboden. Setzt man sie später wieder dorthin, sind sie nervös - sie erinnern sich offenbar an die schmerzhafte Erfahrung. Wird jedoch in diesem Augenblick die Überproduktion des Hirnproteins angekurbelt, so haben sie keine Angst mehr.

Die Erinnerung an die unangenehme Erfahrung ist verschwunden. Auch die Erinnerung an bestimmte Spielzeuge, mit denen sich die Tiere beschäftigt hatten, konnten die Forscher löschen. Offenbar wirkt sich dieses Hirnprotein genau auf jene Nervenschaltkreise aus, die beim Abrufen einer einzelnen Erinnerung aktiv sind. Andere Nervenverbindungen bleiben unverändert, glauben die Wissenschaftler.



(Joe Tsien ist es gelungen, bei Mäusen Erinnerungen zu löschen. Quelle: Medical College of Georgia)

Aber wozu sollte man Erinnerungen löschen wollen? Weil es unangenehme Erinnerungen gibt, die einem das Leben schwer machen. Erinnerungen an Vergewaltigungen zum Beispiel, oder traumatische Kriegserinnerungen, die zu posttraumatischem Stress führen. Löscht man diese, könnte das vielen Menschen zu einem besseren Leben verhelfen, meint Joe Tsien.

Es ist noch schwierig, die neue Methode auf den Menschen zu übertragen. Aber die Forscher überlegen bereits, wie man ein entsprechendes Medikament entwickeln könnte.

Ähnliche Überlegungen gibt es übrigens bereits seit einigen Jahren. Seit es Forschern gelungen ist, mit Propranolol die Entwicklung von posttraumatischen Stress zu verhindern. Nimmt man nämlich kurz nach einem traumatischen Ereignis diesen Beta-Blocker zu sich, so ist die Erinnerung daran später nicht so furchtbar. Seitdem wird diskutiert, ob man Opfer von Verbrechen oder eben Kriegsveteranen damit behandeln sollte, damit sie ein normales Leben führen können.

Das hört sich eigentlich an wie eine gute Idee.

Doch es gibt auch Schattenseiten: Leon Kass hat zum Beispiel die Befürchtung geäußert, dass solche Mittel den normalen geistigen Erholungsprozess und überhaupt die Entwicklung des Charakters und der Persönlichkeit stören könnten. Das Blockieren von emotionalen Erinnerung könnte seiner Meinung dazu führen, dass unsere Wahrnehmung und unser Verständnis der Welt verfälscht werden.

Schreckliche Handlungen könnten dann als weniger furchtbar erscheinen als sie wirklich sind. Propranolol könnte auch die „Pille danach“ sein, die dafür sorgt, dass wir nach ei-

nem Verbrechen oder nach einem Massaker kein Bedauern, keine Reue, keinen Kummer oder Schuldgefühle spüren. Und „wenn uns die schlimmen Dinge in der Welt nicht mehr stören“ so Kass, „dann hören wir auf, humane Wesen zu sein“.

## Hirnbilder

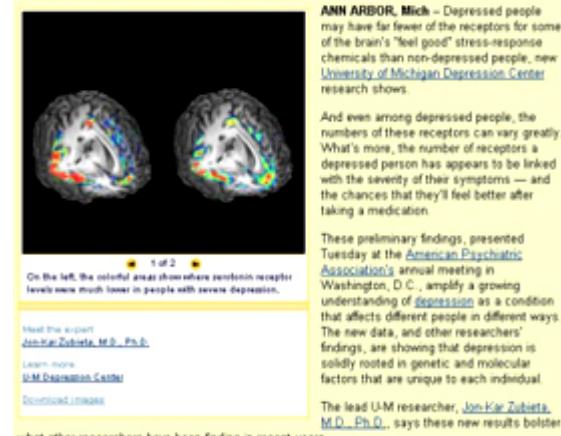
Mit Hilfe von bildgebenden Verfahren können Wissenschaftler die Hirnaktivität immer besser beobachten. Sie können so immer besser feststellen, welche Aktivitätsmuster zum Beispiel bei bestimmten Krankheiten oder Störungen auftreten. Mit Hilfe der Kernspintomographie beobachten die Forscher Anzeichen von Schizophrenie, Autismus oder Depressionen.

Auch Kinder mit einer Leseschwäche zeigen auffällige Hirnmuster und man kann mit dem Kernspintomografen sogar beobachten, ob ihnen bestimmte Lernprogramme helfen. Bei Gewaltverbrechern und Mördern konnten Auffälligkeiten in bestimmten Hirnregionen nachgewiesen werden.

US-Forscher haben mit Hilfe der Technik sogar schon Rassisten überführt und die sexuellen Vorlieben ihrer Versuchspersonen bestimmt. Und Dieter Braus vom Hamburger Uniklinikum in Eppendorf erkennt sogar Pädophile anhand ihrer besonderen Hirnaktivität beim Anblick von Jungen in Badehose.

### Depression diversity: Brain studies reveal big differences among individuals

Scans show depressed people have fewer serotonin and opioid receptors, and that variation is linked to symptoms and treatment response



(Quelle: Screenshot)

Man kann sich viele Möglichkeiten vorstellen, wie diese Techniken sich in ferner Zukunft anwenden lassen. Man kann versuchen, festzustellen, ob Menschen eine grundsätzliche Neigung zur Aggression besitzen. Ob sie in der Lage sind, ihre sexuellen Triebe ausreichend zu kontrollieren oder ob sie pädophil veranlagt sind.

Es ist denkbar, dass Kinder und Jugendliche auf ihre geistigen Fähigkeiten hin gescannt werden. Dann kann man sie gezielt fördern - oder ihnen den Zugang zu bestimmten Schulen verweigern.

Im Rahmen von Überwachungsmaßnahmen wird es wahrscheinlich möglich sein, Personen, die Hinweise auf akute Gewaltbereitschaft zeigen, den Zugang zu Flughäfen, Konzertsäle oder Fußballstadien zu verbieten. In einem eingeschränkten Rahmen lassen sich Kernspintomografen sogar jetzt schon als Lügendetektoren einsetzen, weil die Hirnaktivität beim Lügen anders aussieht, als wenn jemand die Wahrheit sagt. Darauf setzen zum Beispiel schon jetzt gleich zwei amerikanische Firmen - auch wenn manche Skeptiker davon ausgehen, dass es schwierig sein dürfte, Kriminelle oder gar Psychopathen im Kernspintomographen sinnvoll zu befragen.

Viele Entscheidungen werden in Zukunft möglicherweise auf der Grundlage der bildgebenden Verfahren gefällt werden, ähnlich, wie wir es für die Gentechnik annehmen. Ich meine Entscheidungen über eine Ausbildung, einen Job oder eine Krankenversicherung. Manche Fachleute können sich sogar vorstellen, dass es einmal eine Art zentrale Persönlichkeitsdatenbank geben könnte. Ein besonderes Feld, das sich über die bildgebenden Verfahren eröffnet, ist übrigens das

## Neuromarketing

Dabei geht es um Versuche, mit Hilfe der Hirnforschung festzustellen, ob Werbung funktioniert. In Deutschland waren es sogar die Wissenschaftler selbst, die die Zusammenarbeit mit Wirtschaftsunternehmen angeregt haben. Christian Elger von der Universität Bonn zum Beispiel. Elger hat auf der Suche nach Drittmitteln für seine Forschung vor einigen Jahren ganz gezielt Wirtschaftsunternehmen aufgefordert, die teuren Kernspintomographen an der Universität zu nutzen.

Inzwischen arbeitet eine ganze Reihe von Wissenschaftlern an deutschen Universitäten, aber auch weltweit mit Wirtschaftswissenschaftlern zusammen, unterstützt von Unternehmen wie DaimlerChrysler, der Deutschen Post und BBDO Germany. Selbsterklärtes Ziel der Marketing-Fachleute ist es, „den Verbraucher zielgerichtet zum Käufer zu machen und eine Marke nachhaltig im Hirn zu manifestieren“.

Natürlich war es schon immer das Ziel von Werbung, den Verbraucher zu manipulieren. Doch angesichts der schnellen wissenschaftlichen Fortschritte fürchten manche Kritiker, die

Forscher könnten der Werbebranche - und vielleicht auch Politikern - in Zukunft ein sehr effektives Werkzeug zur Manipulation in die Hand geben.

Die Hirnforscher geben sich unschuldig: Natürlich müsse gesellschaftlich diskutiert werden, wie viel Manipulation gewollt sei, sagt etwa Christian Hoppe von der Universität Bonn. „Wir Wissenschaftler haben nur die Aufgabe zu erforschen, wie etwas funktioniert.“ Trotzdem arbeiten sie Menschen direkt in die Hand, die ganz andere Interessen haben.

## Gedanken lesen

Über das Beobachten der Hirnaktivität versuchen die Hirnforscher inzwischen sogar schon, einzelne Gedanken zu lesen. Derzeit geht es darum, Begriffe oder Motive zu identifizieren, an die jemand gerade denkt. Noch ist das sehr schwierig. Gedanken sind ja eine Art elektrochemische Blitze. Selbst in modernsten Kernspintomographen werden aber lediglich Veränderungen im Blutstrom beobachtet, die auf die Gedanken folgen.

Doch die Wissenschaftler machen hier spektakuläre Fortschritte. Und zwar bei Menschen. So haben zum Beispiel erst kürzlich Forscher um Jack Gallant von der University of California gemeldet, dass sie anhand der Hirnaktivität sagen können, welche Bildmotive ihre Versuchspersonen gerade sehen. Die haben zuvor verschiedene Schwarz-Weiß-Bilder betrachtet, während ihre Hirnaktivität in einem Kernspintomographen aufgezeichnet wurde. Anschließend haben sie neue Bilder betrachtet. Der Computer kann nun die aktuellen Hirnaktivitätsmuster mit den Aufzeichnungen vergleichen und gibt mit erstaunlich hoher Trefferquote an, was der Proband gerade sieht.

Berliner Forschern ist ebenfalls ein spektakuläres Experiment gelungen. Die Wissenschaftler vom Bernstein Center for Computational Neuroscience haben ihre Versuchspersonen gebeten, zu entscheiden, ob sie zwei Zahlen, die sie später sehen würden, voneinander abziehen oder addieren würden. Und nach einer Weile konnten die Forscher mit sehr hoher Treffsicherheit vorhersagen, welche Entscheidung jemand gefällt hatte.

Auch mit Hilfe der Hirnstrommessungen über Elektroden auf der Kopfhaut, dem sogenannten EEG, versuchen die Forscher Gedanken zu lesen. Die Kurven, die die Geräte aufzeichnen, wenn jemand an bestimmte Begriffe oder Handlungen denkt, sind offenbar bei allen Menschen ziemlich ähnlich. Deshalb konnte eine australische Firma Emotiv auch eine „Denk-

haube“ entwickeln, mit der jeder, der sie aufsetzt, Befehle an einen Computer geben kann.



(Quelle: Screenshot)

Bislang kann man so zum Beispiel einen Stein, der auf einem Monitor abgebildet ist, anheben, drehen, schieben oder ziehen. Man muss allerdings mit den Händen die entsprechenden Bewegungen ausführen.

Inzwischen kann man mit Hilfe der Denkhaube auch schon einen Rollstuhl steuern. Macht der Fahrer eine Grimasse mit der rechten Gesichtshälfte, so interpretiert die Haube die Hirnaktivität – und steuert den Rollstuhl nach rechts. Es ist schon eindrucksvoll, wie gut die Zusammenarbeit zwischen Computer und Gehirn funktioniert.



(Quelle: Screenshot)

Es gibt aber noch einige Schwierigkeiten zu überwinden. Schließlich sind die Hirnaktivitätsmuster von Mensch zu Mensch doch ziemlich unterschiedlich. Sie hängen von der Entwicklung des Gehirns ab, und von den ständigen Veränderungen. Schließlich speichern wir ständig neue Informationen und vergessen alte.

Auch wirkt sich die jeweilige Stimmung auf die Hirnaktivität aus. Eine Überwachung unserer Gedanken müssen wir deshalb in der nächsten Zeit noch nicht befürchten.

Trotzdem sind die Forscher optimistisch. „Eines Tages könnte es möglich sein, den bildlichen Inhalt von Träumen zu rekonstruieren“, sagt zum Beispiel Jack Gallant von der University of California. Und wenn das mit Träumen gehen wird, dann wird es vermutlich auch möglich sein, unsere Gedanken zumindest teilweise direkt zu überwachen.

## Neuro-Prothesen, Neuro-Augmentation

Wie eingangs beschrieben, ist es bereits medizinischer Alltag, defektes Gewebe durch künstliche Produkte zu ersetzen oder zu unterstützen. Es gibt ja lange schon Herzschrittmacher und künstliche Gelenke. Und neuerdings auch Luftröhren auf der Grundlage von Stammzellen. Sicher werden wir in Zukunft ganze Ersatz-Organe verwenden.

Und was es ganz sicher auch geben wird, sind Neuroprothesen.

Zwar steckt die Technologie der Neuroprothetik noch in den Kinderschuhen. Doch elektrische Schaltkreise schrumpfen mit atemberaubender Geschwindigkeit, genauso wie das Wissen um Moleküle und Neuronen wächst. Christof Koch vom Caltech in Pasadena ist deshalb überzeugt, „dass es kein grundsätzliches wissenschaftliches Prinzip gibt, das waghalsige Medizintechniker daran hindern würde, letztlich auch lebensechte Bilder und Töne in höchster Qualität in die Hirnrinde zu speisen oder die Signale im Sprachzentrum abzulesen und in eine künstliche Stimme zu übersetzen. Koch ist zutiefst davon überzeugt, dass „sichere und verlässliche Gehirn-Maschinen-Kopplungen, sogenannte Interfaces, innerhalb weniger Jahrzehnte Realität werden. Er hält es für ein wahrscheinliches Szenario, dass es eine Art organo-elektrisches Gerät geben wird, dass eine dauerhafte Verbindung zwischen einem konventionellen Computer im Schädel und Hirn-Neuronen herstellen wird, eine Verbindung, die wächst, während sich das Gehirn im Laufe des Lebens verändert. Mit passendem Software-Interface könnte dies eine nahtlose Erweiterung des eigenen Gehirns darstellen: Man denkt an etwas Abstraktes oder an ein zurückliegendes Ereignis, und der implantierte Chip findet die dazugehörigen Informationen sofort wieder. Nervensysteme sind so veränderbar und plastisch, dass sich die Methode nach einer kurzen Zeit der Anpassung völlig natürlich anfühlen würde. Man würde sich bald wundern, wie man vorher ohne ein solcherart künstlich erweitertes Gehirn leben konnte.“

Soweit Christof Koch – übrigens im Jahre 2004.

Tatsächlich melden die Medien inzwischen fast im Wochenrhythmus wissenschaftliche Erfolge, die Koch bestätigen. Die Verbindung zwischen Gehirn und Elektroden schreitet schnell voran. Erst kürzlich haben zum Beispiel Forscher der University of Reading in Großbritannien ihren Roboter Gordon vorgestellt, dessen Gehirn aus Rattenneuronen besteht, die mit Elektroden verbunden sind.

Elektrische Impulse aus den Nervenzellen treiben die Räder des Roboters an. Die Schnittstellen zwischen Nervenbahnen und elektrischen Schaltkreisen sind demnach schon weit gediehen. Und bereits 2004 stellte Thomas De-Marse von der University of Florida eine Art Bio-Computer vor. Er hatte Tausende Nervenzellen aus einem Rattengehirn in einer Petrischale wachsen lassen, die mit 60 Elektroden verbunden war. Offenbar bildeten die Rattenzellen eine Art Gehirn, das über die Elektroden mit einem Computer verbunden war, auf dem ein Flugsimulator läuft. Angeblich lernte das Gehirn, eine virtuelle F-22 geradeaus zu fliegen.

Ein Pionier auf dem Gebiet der Verbindung zwischen Lebewesen und Maschinen ist Miguel Nicolelis von der Duke University in North Carolina.

Monkey's thoughts make robot walk from across the globe



(Quelle: Duke University)

Der Wissenschaftler verwendet wie die meisten seiner Kollegen Elektroden, die an bestimmten Stellen ins Gehirn eingepflanzt werden. Anfangs hatte Nicolelis an Ratten geforscht. Die Nagetiere konnten nach einer Weile ihren Trinkwasserspender mit Hilfe ihrer Gedanken kontrollieren. Hatten sie Durst, schickten sie den Befehl über die Hirnelektroden an einen Computer, der den Wasserspender steuerte. Dann brachte Nicolelis einem kleinen Affen bei, mit einem Joystick einem Cursor auf einem Computermonitor zu folgen. Zugleich

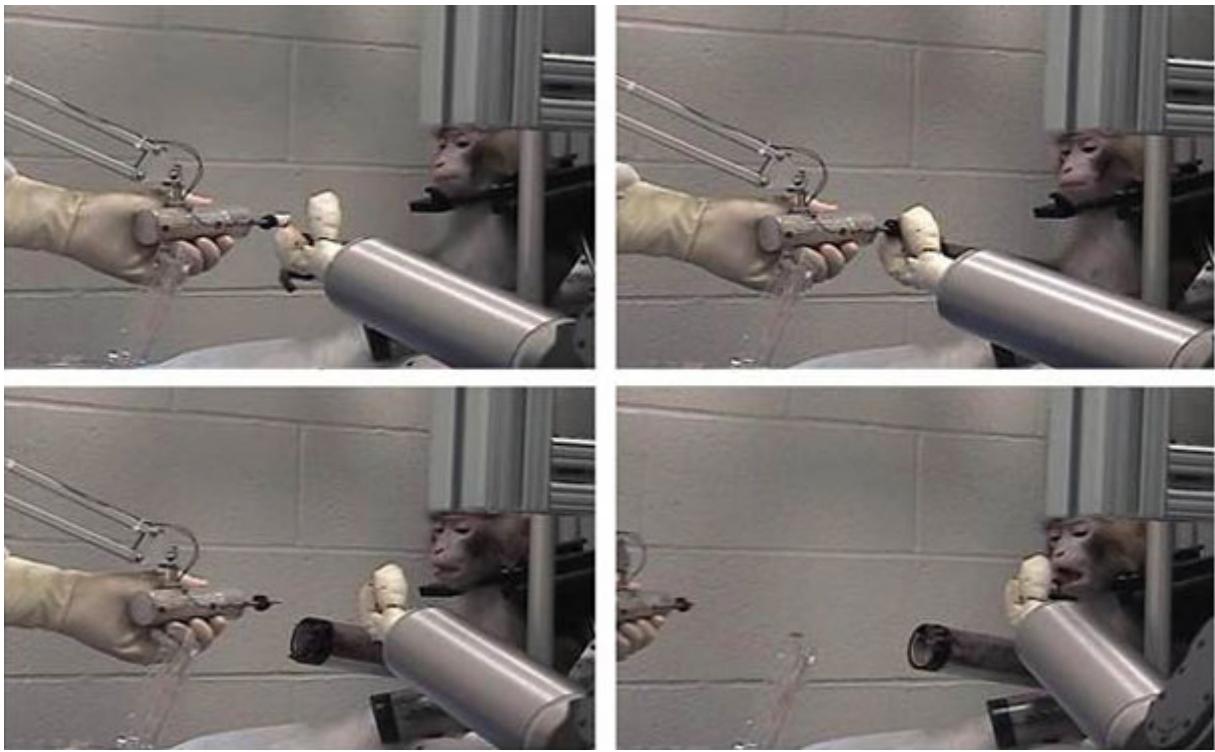
leitete er die Hirnaktivität über Elektroden ab. Ein Computer lernte, die Aktivitätsmuster zu interpretieren und setzte sie in Bewegungen eines Roboterarms um. Schließlich steuerte der Affe, ohne es zu wissen, den künstlichen Arm zugleich mit seinem eigenen Arm. Inzwischen arbeitet Nicolelis mit Rhesusaffen, die nicht mehr nur Anweisungen an den Roboterarm denken, sondern auch Feedback über die Bewegungen des Arms erhalten.

Anfang 2008 führte Nicolelis ein spektakuläres Experiment vor. Einer seiner Affen, Idoya, hatte gelernt, auf einem Laufband zu gehen. Über Elektroden in seinem Gehirn steuerte das Tier einen Roboter, der ebenfalls auf einem Laufband ging. Und während sich Idoya in North Carolina an der Duke University befand, stand das Laufband mit CB, dem Roboter, in Kyoto, Japan. Die Informationen aus dem Affenhirn wurden über das Internet nach Japan gesandt, Videobilder des Roboters wurden dem Affen vorgespielt. Und als die Wissenschaftler das Laufband unter den Füßen des Tieres stoppten, ließ Idoya den Roboter in Japan noch weitere drei Minuten laufen - ohne sich selbst dabei zu bewegen.

Wie gut die Verbindung zwischen Gehirn und Maschine funktioniert, haben kürzlich auch Forscher von der University of Pittsburgh demonstriert. Ihre Rhesusaffen lernen innerhalb weniger Tage, einen Roboterarm zu benutzen wie ein eigenes Körperteil. Die Tiere füttern sich selbst äußerst geschickt mit dem künstlichen Arm.

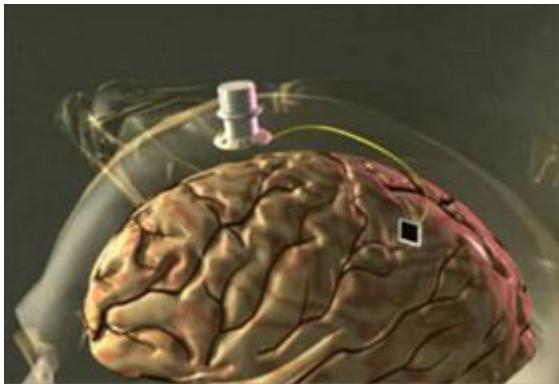
Und Wissenschaftler von der University of Washington in Seattle haben gerade eben demonstriert, dass sich ein Computer zwischen Gehirn und Hand schalten lässt. Die Forscher haben die Nerven im Arm eines Rhesusaffen mit einem Narkosemittel vorübergehend gelähmt. Das Tier kann seine Hand aber trotzdem kontrollieren, da die notwendigen Hirnströme über Elektroden abgeleitet werden, von einem Computer verarbeitet werden und zur Hand weitergeleitet werden. Dieser Versuch zeigt deutlich, dass die Ableitung der Hirnströme keine Einbahnstraße ist. Informationen fließen vom Nervensystem zur Maschine und wieder zurück. Und schon längst gibt es auch Versuche mit Menschen.

Ein Aufsehen erregendes Experiment haben zum Beispiel bereits 2004 ein Forscher der Brown University auf Rhode Island und das US-Unternehmen Cyberkinetics unternommen. Sie haben es einem querschnittsgelähmten jungen Mann ermöglicht, Kraft seiner Gedanken E-Mails zu verschicken und durch das Fernsehprogramm zu zappen.



Ein Rhesusaffe füttert sich mit Hilfe eines Roboterarms. (Quelle: University of Pittsburgh)

Matthew Nagle war bei einer Messerattacke das Rückenmark im Hals durchtrennt worden. Ihm wurde ein Mikrochip ins Gehirn gesetzt, der Nervensignale an einen Rechner weiterleitet hat. Nagle war der erste Mensch mit fest implantierten Elektroden im Kopf. Er malte mit dem Cursor sogar Linien auf den Computer-Bildschirm.



(Quelle: Cyberkinetics)

Nagle ist inzwischen an den Spätfolgen seiner Verletzung gestorben. Aber zwei weiteren Patienten haben die Wissenschaftler den Chip ebenfalls erfolgreich eingesetzt, von denen einer noch lebt. Die Frau hat die Elektroden nun schon mehr als 800 Tage im Kopf.

Auch gesunde Menschen können mit Hilfe von EEG-Hauben schon recht schnell lernen, einen Cursor zu dirigieren, wie Forscher von der TU Berlin, der Charité und dem Fraunhofer Institut für Rechnerarchitektur und Softwaretechnik zeigen konnten. Und Forscher vom Donders

Zentrum in Nimwegen lassen Menschen im Kernspintomographen ein sehr langsames, aber spannendes Computer-Ping-Pong spielen.

Eine ganz frische Erfolgsmeldung stammt von der Boston University in Massachusetts: Den Forschern dort ist es gelungen, einen „Locked-in-Patienten“ mit Hilfe eines Sprach-Synthesizers drei Vokale sprechen zu lassen. Das klingt nicht sehr spektakulär. Aber Menschen mit Locked-in-Syndrom sind zwar bei Bewusstsein, jedoch vollständig gelähmt. So vollständig, dass sie häufig nur ihre Augenlider bewegen können, um zu kommunizieren. Und manche können nicht einmal mehr das.

Die Wissenschaftler haben einem solchen Patienten eine Elektrode ins Sprachzentrum gesetzt und mit einem Computer verbunden. Nun hoffen sie, dass der Mann innerhalb der nächsten Jahre lernt, ganze Wörter und Sätze über den Synthesizer zu äußern. Andere Forscher setzen bei Locked-in-Patienten auf äußerlich angewandte Elektroden, die die Hirnströme messen. Sie wissen schon: Gedanken lesen mit Hilfe der EEG-Messungen.

Äußerlich angewandte Schädel-Elektroden haben bereits 2003 auch Mediziner der Universitäten in Graz und Heidelberg eingesetzt, um einem halbseitig gelähmten jungen Mann die Kontrolle über die Muskeln seines Arms zum Teil zurückzugeben. Dabei wurden seine Muskeln über Elektroden auf der Haut stimuliert. Besonders eindrucksvoll ist natürlich der Fall

von Christian Kandlbauer. Von dem haben Sie vermutlich schon gehört. Der junge Mann hat 2005 seine Arme im Bereich der Oberarme bei einem Stromschlag verloren.



Fachleute der Wiener Uni-Kliniken haben die Reste der Nervenbahnen, die ursprünglich zu den amputierten Armen geführt hatten, in die Schulternahe Brust- und Rückenmuskulatur verlagert. Dort lesen Elektroden die Impulse, die Kandlbauers Gehirn aussendet, und verwandeln sie um in Befehle an die sieben Gelenke der zwei Armprothesen. Der Patient muss nur lernen, die richtigen Signale „zu denken“. Und das gelingt ihm schon ausgezeichnet.



Auch beschädigte Sinnesorgane lassen sich zunehmend ersetzen. So wird daran gearbeitet, Input, den sonst Augen oder Ohren geben, über Licht- und Tonsensoren via Elektroden in

unser Gehirn einzuspeisen. Ziel der Versuche: Hilfe für Blinde und Taube.

Deutsche Forscher der Retina Implant AG arbeiten an Mikrochips, die die Arbeit der Retina übernehmen sollen. Und Forscher der Johns Hopkins University haben zum Beispiel schon eine künstliche Retina entwickelt, die mit 100.000 Lichtsensoren Informationen über den Sehnerv ins Gehirn schickt. Und seit mehreren Jahren gibt es schon ein künstliches Sehsystem, das das Auge vollständig umgeht. Eine Kamera auf einer Spezialbrille sendet Bilder zu einem Computer am Gürtel und dieser leitet die Informationen direkt über Elektroden in den visuellen Kortex im Gehirn. Über das noch unscharfe Bild sind die blinden Versuchspersonen bereits glücklich.

Sie sehen, es wird nur noch eine Frage der Zeit sein, bis Menschen Kraft ihrer Gedanken über Elektroden und Mikrochips im Gehirn oder Elektrodenkappen Rollstühle und künstliche Gliedmaßen bewegen werden und über künstliche Sinnesorgane in Kontakt mit der Umwelt stehen. Doch es geht noch weiter - viel weiter.



Eine vielzitierte Wissenschaftlergruppe ist die von Theodore Berger von der University of Southern Carolina und Sam Deadwyler von der Wake Forest University. Die Forscher arbeiten an einer Hirnprothese, die einen Teil der Arbeit des Hippocampus übernehmen soll.

Der Hippocampus spielt eine wichtige Rolle bei der Übertragung vom Kurzzeitgedächtnis ins Langzeitgedächtnis. Das vordergründige Ziel ist es, beschädigtes Hirngewebe zum Beispiel bei Unfallopfern,

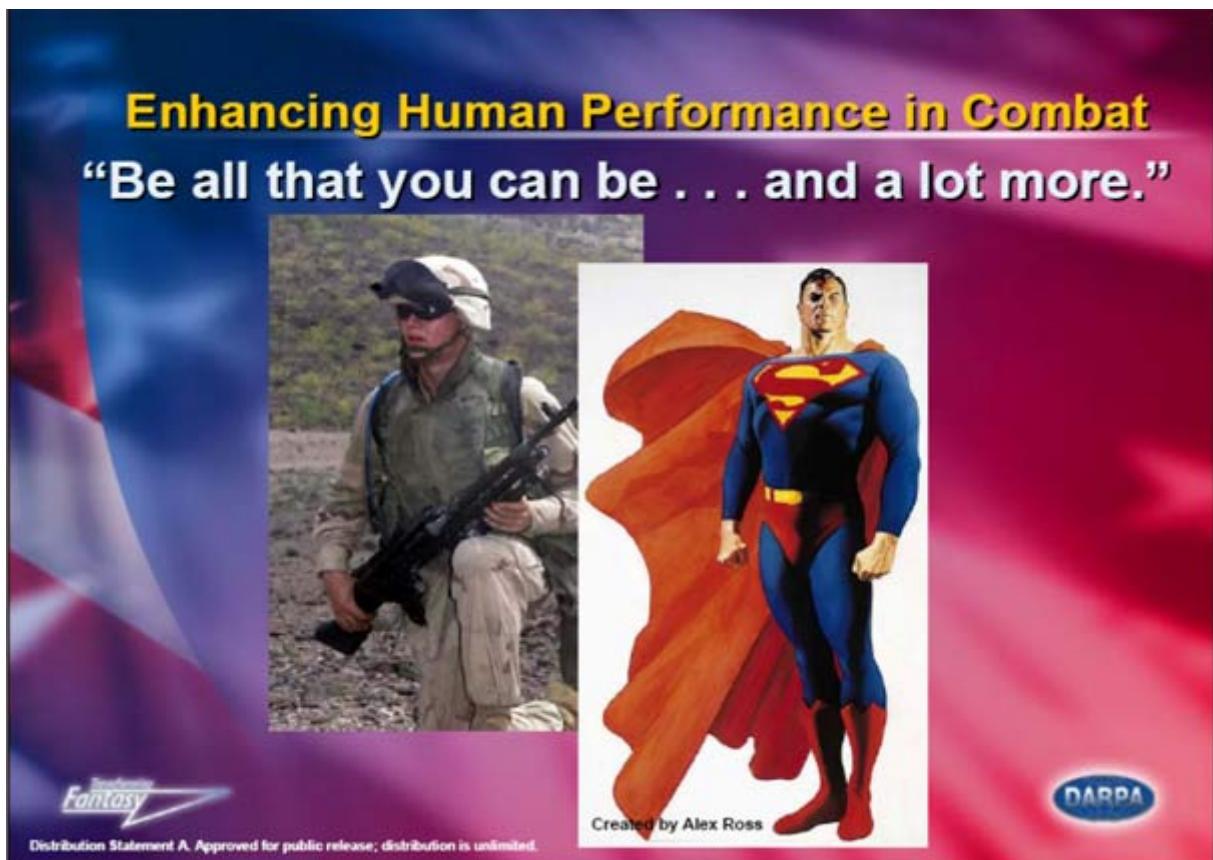
Alzheimerpatienten, nach einem Schlaganfall oder bei Epilepsiepatienten zu ersetzen. Der Ersatz soll ein Neuronen-Silizium-Interface sein, über das Informationen zwischen Chip

und Gehirn ausgetauscht werden sollen. Und zwar in beide Richtungen. Die Wissenschaftler meinen, dass solche Chips irgendwann auch einprogrammierte Verhaltensweisen in unseren Erinnerungsspeicher einspeisen können. Diese müssten dann nicht mehr einstudiert oder trainiert werden. Und auch wann sie angewandt werden, könnte von diesem Chip vorgegeben werden.

Ich habe Ihnen jetzt lang und breit erzählt, an welchen Methoden Hirnforscher arbeiten, um jetzt und in der Zukunft Patienten zu helfen und Leid zu mindern. Die Entwicklungen machen vielen Menschen Hoffnung. Die Geschichte der Hirnforschung ist eine echte Erfolgsgeschichte. Deshalb fragen Sie sich vielleicht, was das mit der Apokalypse zu tun hat.

Ich denke, das wird gleich klar: Es gibt nämlich nicht nur die Hoffnung, dass die neuen Möglichkeiten kranken und behinderten Menschen ein besseres Leben ermöglichen werden. Manche Menschen und Mächte setzen auch ganz andere Hoffnungen in die Erkenntnisse der Hirnforscher.

So wurden zum Beispiel fast alle der hier vorgestellten amerikanischen Arbeitsgruppen in der Vergangenheit zumindest vorübergehend und teilweise finanziell vom US-Verteidigungsministerium unterstützt. Einige erhalten, soweit ich weiß, noch immer Geld vom Pentagon. Und warum? Vor einigen Jahren haben zum Beispiel Alan Rudolph, damals Leiter der Forschungsabteilung des Pentagons, DARPA, und sein Kollege Joseph Bielitzky die Visionen



(Quelle: Darpa)

sehr deutlich beschrieben, die das Militär hat. In Zukunft sollen einmal die Nervenbahnen von Soldaten direkt mit den Siliziumschaltkreisen ihrer Waffen und Geräte verdrahtet sein. Sie sollen Flugzeuge, ferngesteuerte Waffen oder superschnelle, superstarke künstliche Gliedmaßen mit ihren Gedanken kontrollieren. Unterstützt werden sie von Gedächtnisimplantaten, die helfen, blitzschnelle Entscheidungen zu fällen oder Manöver auszuführen, die mit einem normalen Training nur mühselig oder gar nicht gelernt werden könnten. Falsche Entscheidungen würden die Chips korrigieren.

„Wenn man eine F18 fliegt, kann man sich keine Fehler erlauben“, hat Theo Berger das einmal kommentiert. Berger gehört zu denen, die viel Geld vom DARPA erhalten haben.

Was sich für uns vielleicht noch wie Spinnerei anhört, hält man auch im Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) für theoretisch denkbar. Dort glaubt man, dass es möglich sein wird, dass das Gehirn mittels Mikrochips bestimmte Informationen (z.B. die Rechenfähigkeit) direkt aufzunehmen lernt und dass Datenbanken ohne den Umweg über den Computer direkt ins Gehirn abgerufen werden können.

Das US-Militär hofft außerdem, dass sich die Denk- und Gedächtnisleistungen unterstützen lassen und Schlafmangel ausgeglichen werden kann. Und „langfristig könnten wir Hirn-zu-Hirn-Kommunikation anwenden“, sagt Alan Rudolph. So könnten Soldaten zum Beispiel direkt erfahren, welche Entscheidungen ihre Kameraden gerade getroffen haben. Zumindest der Soldat der Zukunft wird demnach sehr wahrscheinlich ein Cyborg sein, eine Mischung aus Mensch und Maschine.



(Quelle: Darpa)

Vielleicht werden diese Cyborgs ein wenig so aussehen wie dieser junge Mann mit einem sogenannten Exoskelett der University Berkeley, das dann mit Hilfe der Gedanken kontrolliert wird.



(Quelle: University Berkeley)

Und vermutlich werden die Geräte immer un auffälliger und zugleich effizienter.

Auch Ray Kurzweil, ein berühmter Computerpionier, ist überzeugt davon, dass „die Vereini-

gung von Mensch und Maschine bereits auf dem Weg“ ist. Er glaubt, dass wir in Zukunft mehr nichtbiologisch als biologisch sein werden. Wir werden unsere Gedächtnisse auf Festplatten ziehen und in Maschinen weiterleben. So werden wir unsterblich. Und er glaubt, dass dies für alle gelten wird.

Doch die Frage ist, ob auch diese Entwicklung wieder zu Klassen führen wird – zu jener Gruppe von Menschen, die sich sogenannte Augmentations, künstliche Verstärker oder Hilfen, leisten können und „normalen“ Menschen, die den anderen unterlegen sind? Mikrochips lassen sich auch als Instrumente zur Überwachung von Individuen oder Gruppen im Alltag oder vielleicht auch für militärische

Zwecke nutzen, befürchtet Eve-Marie Engels vom Nationalen Ethikrat (gibt es den eigentlich noch?) Und wird es vielleicht irgendwann überhaupt keine „normalen“ Menschen mehr geben, wenn die Sinnes-Verstärker und Gedächtnis-Chips, die Wachhalter und Stimmungsma cher und die künstlich verstärkten Gliedmaßen einmal zur Verfügung stehen?

Wenn das soweit ist, sind Manipulationen Tür und Tor geöffnet. Es ist dann denkbar, dass wir fremde Erinnerungen, Erfahrungen, die wir nicht selbst gemacht haben, in unser Gehirn eingespeist bekommen können. Vielleicht lassen sich sogar ethische Grundsätze implantieren, andere als jene, die wir auf normalem Wege verinnerlicht haben. Vielleicht werden Mikrochips im Schädel von Soldaten diesen in Zukunft Handlungen ermöglichen, die den eigenen Überzeugungen und ethischen Grundsätzen widersprechen.

Das ist gar nicht so unwahrscheinlich. Schließlich lässt sich unser ethischer Anspruch sogar schon jetzt durch Elektromagneten am Schädel beeinflussen, wie Ernst Fehr von der Universität Zürich in Experimenten zeigen konnte. Und dass der Wunsch bestehen wird, dies zu tun, ist wahrscheinlich.

Warum sollte das in Zukunft anders sein als in den vergangenen Jahrzehnten, in denen sich zum Beispiel in den USA Wissenschaftler und Militärs bemüht haben, Menschen in willenlose Kampfmaschinen zu verwandeln. Dazu wurde sogar heimlich an Personen experimentiert, die nicht wussten, dass sie zum Beispiel unter Drogen gesetzt wurden.

Auch wenn dies alles noch unglaublich klingt, wie Bilder aus einer fernen Zukunft, die mit uns nichts zu tun hat – die Tür zu diesem neuen Zeitalter ist zumindest schon einen Spalt weit offen. Der deutsche Neurophilosoph Thomas

Metzinger von der Universität Mainz ist sich zum Beispiel sicher, dass sich unsere Handlungsmöglichkeiten, menschliche Gehirne direkt zu beeinflussen tatsächlich schon bald und in sehr vielfältige Bereiche hinein erweitern wird.

Betroffen sein werden Fragen der menschlichen Selbstbestimmung, des Datenschutzes, der Handlungsfreiheit, der Zurechnungsfähigkeit und der Haftbarkeit für die eigenen Handlungen; und damit stoßen wir in die ureigensten Bereiche der Ethik, der Philosophie, des Rechts und der Politik vor, sagt Eve-Marie Engels vom Nationalen Ethikrat.

Und laut Metzinger werden unsere moralischen Intuitionen in vielen dieser Bereiche versagen. Metzinger warnt sogar, dass wir uns auf ein grundlegend neues Verständnis dessen zubewegen, was es heißt, ein Mensch zu sein. „Das allgemeine Bild vom Menschen wiederum ist aber eine der wichtigsten Grundlagen unserer Kultur. Deshalb wird diese Entwicklung auch gesellschaftliche Konsequenzen nach sich ziehen und schließlich unser aller Leben beeinflussen.“ Sagt Metzinger.

Der Theologe und Jesuit Karl Rahner hat in den Sechzigerjahren den Menschen als Homo faber sui ipsu bezeichnet, einen Menschen, der sich selbst neu erschafft. Damals wusste er vermutlich selbst noch nicht, wie sehr er damit Recht hat.

Der Philosoph Metzinger jedenfalls vertritt die These, dass das allgemeine Bild vom Menschen sich in diesem Jahrhundert durch die Fortschritte der Neuro-, Informations- und Kognitionswissenschaften tiefgreifender verändern wird als durch jede andere wissenschaftliche Revolution der Vergangenheit. Die Eigendynamik des naturwissenschaftlichen Erkenntnisfortschritts und die kapitalistische Verwertungslogik, die dazu führt, dass die Ergebnisse dieses Wissenszuwachses auch mit großer Effizienz und Geschwindigkeit umgesetzt und weltweit vermarktet werden, lassen uns nicht viel Zeit zum Nachdenken.

Nachdenken aber sollten wir, und zwar jetzt schon. Einige Menschen haben auch bereits damit angefangen. Kompliziert wird die Situation allerdings dadurch, dass sich hier Parteien mit völlig gegensätzlichen Positionen gegenüber stehen. Auf der einen Seite gibt es jene „die an die unendliche Formbarkeit des Individuums glauben, die schier grenzenlosen Möglichkeit, die Vergangenheit hinter sich zu lassen, den Körper und den Geist zu verbessern, auch durch Chemikalien, Chirurgie und Mikrochips“, sagt zum Beispiel Christof Koch.

Selbst eine Studie der Europäischen Akademie zur Erforschung und Beurteilung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen kam 2007 zu dem Schluss, dass Anwendungen, die „auf die Verbesserung der psychischen Funktionen von Gesunden abzielen“, nicht immer verwerflich sein müssen. Außerdem stehe es jedem Menschen frei, seine geistigen Fähigkeiten auf eigenes Risiko und eigene Kosten zu verbessern. Ein „Enhancement“, also eine Verstärkung, sei nur dann abzulehnen, wenn es schädliche Nebenwirkungen gibt oder ein gesellschaftliches Ungleichgewicht droht, weil sich nicht jeder die Leistungssteigerung leisten kann oder will. Immerhin, so wenden die Fachleute ein, sollte es dann aber staatliche Intervention zum Schutz jener Bürger geben, die die Methoden ablehnen.

Andere Menschen sind sogar davon überzeugt, dass der Staat von Hirnforschern entwickelte Methoden einsetzen sollte, um die Bürger zu schützen. So stellte ein Ausschuss des US-Kongresses zum Thema Bürgerrechte bereits 1974 fest: Wir müssen einen Weg finden, jene Individuen mit Hirnabnormalitäten finden, die nicht in der Lage sind, den Standards wie der Goldenen Regel oder den Zehn Geboten zu folgen. Wir brauchen ein Frühwarnsystem für die limbischen Hirnfunktionen, um jene aufzuspüren, die eine niedrige Aggressionschwelle besitzen, und wir brauchen bessere und effektivere Methoden, sie dann zu behandeln.“

Einer der Fachleute, auf die sich das Komitee berufen hatte, war der Hirnforscher José Delgado von der Yale University. Delgado erklärte damals: „Wir brauchen ein psychochirurgisches Programm mit dem man unsere Gesellschaft politisch kontrollieren kann.“ Eine solche drastische Ansicht konnte sich bislang nicht durchsetzen - und es fehlen derzeit auch noch die Möglichkeiten.

Vermutlich wird sich Delgados Hoffnung auch in nächster Zukunft nicht erfüllen. Aber in fünfzig Jahren, oder in hundert? Und in Zeiten, wo die Angst vor dem Terror zu einer immer stärkeren Überwachung der Bevölkerung führt, klingt das schon nicht mehr so völlig bizarr, wie früher.

Das war die eine Seite.

### **“Langsam, du könntest alles ruinieren”**

Auf der anderen Seite gibt es jene, die dagegen sind, den Weg, der zum künstlich erweiterten oder perfektionierten Menschen führen wird, tatsächlich zu gehen. Die Gründe können zum Beispiel religiöse Überzeugungen sein.

Viele Menschen finden, dass man nicht Gott spielen darf. Andere sorgen sich um die soziale Gerechtigkeit.

Und Leon Kass zum Beispiel, der Vorsitzender des amerikanischen Bioethikrats, mahnte bereits 2003, man solle sich den Rat der Naturschützer zu Herzen nehmen: "Mach langsam, du könntest alles ruinieren." Denn: „Der menschliche Körper und Geist, hochkomplex und fein balanciert als Folge der äonenlangen graduellen und anspruchsvollen Evolution, wird durch alle schlecht überlegten Versuche der „Verbesserung“ gefährdet. Und es geht nicht nur um negative Nebenwirkungen, sondern darum, ob unsere Ziele eigentlich vernünftig sind.“ Denn unsere Sicht auf die Welt und unsere Mitmenschen verändert sich ja ständig.

Noch 1851 gingen Experten zum Beispiel davon aus, dass man eine angeborene „Geisteskrankheit der Negerrasse“, die zu aufsässigem Verhalten führe, durch „tägliche Prügel“ vollständig heilen könne. Das wurde tatsächlich geglaubt!

Heute haben die Amerikaner ihren ersten afroamerikanischen Präsidenten gewählt, der völlig vom American Way of Life überzeugt ist. Und was für den einen heute zutiefst unmoralisch ist, war für einen anderen das Gebot der Stunde. Interessant ist in diesem Zusammenhang zum Beispiel die Erklärung, mit der der CIA-Experte Sidney Gottlieb 1977 die Versuch des amerikanischen Geheimdienstes zur Willenskontrolle im Rahmen des Programms MKULTRA rechtfertigen wollte: „So hart die Versuche, Menschen ohne ihr Wissen mit Drogen zu manipulieren im Rückblick aussehen mag, wir empfanden es als vernünftig, bei einer Sache, die das Überleben der Nation zu betreffen schien, auf diese Weise zu handeln und ein solches Risiko einzugehen.“

Schließlich muss man überlegen, um wessen

Ziele es tatsächlich geht. Wer, so fragt Christof Koch, kontrolliert die Technologie? Und mit welchen Motiven? Schließlich spiegelt schon die Definition sozialer Probleme die Interessen und Ziele politisch mächtiger Einzelpersonen oder Institutionen wider, wie der Hirnforscher Stephan Chorover zu bedenken gab. „Soziale Probleme sind niemals psychotechnisch zu lösen.“

Und schließlich, so sagt Leon Kass, könnten einmal entwickelte Methoden Wünsche hervorrufen, die zuvor gar nicht existierten - und dann entwickeln sich die Dinge so, wie niemand es vorhergesehen oder gar bezweckt hatte.

Auch die European Group on Ethics, eine Lenkungsgruppe der EU-Kommission, hat festgestellt, dass die nichtmedizinische Anwendung von Neuroimplantaten eine potenzielle Bedrohung der Menschenwürde und der demokratischen Gesellschaft darstellt. Die EGE wünscht sich ein Verbot der Anwendung als Grundlage von Cyber-Rassismus, zur Änderung der Identität, des Gedächtnisses sowie der Selbstwahrnehmung und der Wahrnehmung anderer, die Verwendung zur Steigerung der eigenen Fähigkeiten mit dem Ziel, andere zu beherrschen, die Verwendung, um Zwang auf andere auszuüben, die derartige Geräte nicht verwenden, erklärte Rafael Capurro von der EGE. Die Bedrohung der Menschenwürde durch die Verwendung der Implantate zu Überwachungszwecken sei bereits keine Science-Fiction-Vorstellung mehr.

Wenn Sie alles das, was ich hier beschrieben habe, berücksichtigen - und ich habe hier nur wissenschaftliche Fakten und wohlüberlegte Vorstellungen bekannter Experten zusammengetragen – dann denke ich, die Menschen der Zukunft könnten vielleicht tatsächlich einmal aussehen wie diese Spezialagenten der United Nations in dem Computerspiel Deus Ex aus dem Jahre 2000:



JC Denton: Was ist das für ein Gefühl, wenn man die Systeme flicken muss, während die besseren Modelle die Mission zu Ende bringen? Nein, danke.

Gentechnisch optimiert und idealisiert, mit Mikrochips im Kopf und Pillen geistig verstärkt und zugleich psychisch und physisch kontrolliert und überwacht und im Wettstreit miteinander um die besten Implantate . Und das sind vielleicht jene, denen es besonders gut geht, weil sie sich die neuen Technologien leisten können.

Die Frage ist nun, wollen wir diese Entwicklung bremsen? Und ist das überhaupt noch möglich? „Angesichts der Bedeutung für die Medizin, die Gesellschaft und die langfristige Evolution der Gattung Mensch ist dies eine Debatte, an der sich jeder beteiligen sollte“, sagt Christof Koch, dessen Forschungsarbeiten übrigens ebenfalls teilweise vom US-Militär finanziert wurden.

Eine Anekdote zum Schluss:

In den 80er Jahren, während des Kalten Krieges, meldete ein sowjetischer Satellit aufgrund von fehlerhafter Software den Start von mehreren US-Atomraketen. Ein sowjetischer Offizier fällte die Entscheidung, die eigenen Atomraketen NICHT abzufeuern, obwohl dies der vorgeschriebene Ablauf gewesen wäre. Der Mann konnte sich einfach nicht vorstellen, dass die USA nur mit so wenigen Raketen angreifen würden. Stellen Sie sich vor, dieser Offizier hätte einen der Mikrochips im Kopf gehabt, wie die, die der US-Forscher Theo Berger zu entwickeln versucht.

Stellen Sie sich vor, in diesen Chip hätte ein russischer General die Reaktion auf einen Erstschlag der USA einprogrammiert - ohne Rücksicht auf ethische Bedenken oder vernünftige Einwände?

Wir hätten bereits damals das Ende der Welt erlebt.

Ich denke, ich habe Ihnen hier einen kleinen Ausblick auf eine Apokalypse gegeben, deren Endpunkt vielleicht erst in ferner Zukunft liegt, deren Beginn wir aber zur Zeit bereits erleben.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.



**Markus C. Schulte von Drach**

ist Biologe, Wissenschaftsredakteur bei *sueddeutsche.de* und Autor der Romane **Furor** (dtv 2005) und **Der fremde Wille** (Kiepenheuer & Witsch 2009, als Taschenbuch **Der Parasit** 2010 bei Knaur veröffentlicht).

Das Titelbild zeigt einen Teil von Albrecht Dürers „Die vier apokalyptischen Reiter“.