

»So sieht also mein Gehirn aus...«

Eine Expedition ins eigene »Oberstübchen«

Ich lege meinen Schmuck ab. Auch Schlüsselbund und Kleingeld landen zur Aufbewahrung in einer Schale. Schließlich darf ich nichts Metallisches bei mir tragen – weder am noch im Körper. Implantate, lose Zahnprothesen oder auch die Spirale sind tabu. Nicht einmal Make-up ist erlaubt, könnte es doch feinste Metallpartikelchen enthalten. Gewissenhaft fülle ich den Fragebogen aus, den man mir in die Hand gedrückt hat. Bevor ich meine Unterschrift darunter setze, zögere ich noch einen Augenblick. »Und wenn ich mir doch damals bei meinem Ferienjob in der Metallfabrik irgendwo einen Splitter zugezogen habe?«, schießt es mir durch den Kopf. Nein, daran könnte ich mich wohl erinnern. Gut, dann bin ich also bereit – bereit, in die Röhre geschoben zu werden und mein Gehirn eine Stunde lang der Wissenschaft zur Verfügung zu stellen.

Ich bin Probandin einer Hirnforschungsstudie, die sich um die Verarbeitung auditorischer und visueller Reize im menschlichen Denkorgan dreht. Die Psychologen Dr. Grit Hein von der Arbeitsgruppe Kognitive Neurologie der Neurologischen Klinik und Marcus Naumer [siehe auch Marcus Naumer et al. »Audiovisuelle Objekterkennung in der Großhirnrinde«, Seite 21] vom Institut für Medizinische Psychologie am Frankfurter Universitätsklinikum wollen herausfinden, welche Regionen im Gehirn aktiv sind, wenn es gilt, Informationen von Bildern und Geräuschen zu verarbeiten – und ob man einen Unterschied sieht, wenn Bild und Ton zusammenpassen oder eben nicht. Dazu machen sich die Wissenschaftler die funktionelle Magnet-



sonanztomografie (fMRT) zunutze. Im Magnetfeld lassen sich die unterschiedlichen Eigenschaften von sauerstoffreichem und sauerstoffärmerem Blut nachweisen – und so Zentren erhöhter Aktivität ausmachen. Denn wo die Hirnmasse intensiv arbeitet, benötigt sie auch mehr sauerstoffbeladenes Blut [siehe Informationskasten »Ausgewählte Methoden der Hirnforschung im Überblick«, Seite 78].

Nicht spürbar, aber mächtig: Kein Sinn für Magnetismus

Drei Teslar habe das Gerät, erklärt Naumer. »Das heißt, das Magnetfeld des Tomografen ist rund 60 000 mal stärker als das der Erde.« Der Wissenschaftler schaut mich an und lacht. Ich muss ihn gerade ziemlich verständnislos angestarrt haben. Tatsächlich finde ich zwar die Zahlen beeindruckend, kann mir aber – wenn ich ehrlich bin – unter Naumers Erklärungen rein gar nichts vorstellen. Kein Wunder eigentlich, denn wir Menschen verfügen nun

mal über keinen Sinn für Magnetismus. Wie aber lässt sich eine Kraft erfassen, die man weder fühlen noch sehen kann?

Hilfsmittel müssen her. Ich erinnere mich, wie mir ein Heidelberger MRT-Spezialist vor ein paar Jahren »seinen« Tomografen vorgestellt hat. Dazu drückte er mir einen Metallgegenstand in die Hand, bat mich, diesen gut festzuhalten und mich damit vorsichtig dem monströsen Gerät zu nähern. Kaum tat ich wie geheißenen, spürte ich, wie ein Ruck durch meinen Arm ging, und schon zog eine gewaltige unsichtbare Kraft meine Hand unweigerlich ins Röhreninnere.

»Sehen Sie«, erklärt Naumer, »das ist auch der Grund dafür, dass kein Metall in die Nähe des Tomografen gelangen darf – dort verwandelt es sich nämlich regelrecht in ein Projektil.« Durch die ungeheure Kraft des Magneten angezogen würden Kugelschreiber, Scheren, aber auch größere Gegenstände wie etwa Sauerstoffflaschen unaufhaltsam auf die Röhre zufliegen und nicht nur das Gerät beschädigen, sondern – schlimmer noch – auch Probanden, die gerade darin liegen, schwer verletzen. »Daher haben wir hier im Raum kein Metall und auch nur ganz spezielle Feuerlöscher, die kein ferromagnetisches Material enthalten«, schildert Naumer die Sicherheitsvorkehrungen im MRT-Raum. Und genau das ist auch der Grund dafür, dass bei den

Der Countdown läuft: Noch fehlen Kopfhörer, Kopfspule und Spiegel – dann kann die Forschungsreise beginnen.



Fadenkreuz fixieren: Marcus Naumer schildert, was er von seinen Probanden während der Messung erwartet.



Heil gelandet: Nach einer Stunde in der Röhre wird Stefanie Reinberger von Tim Wallenhorst und Marcus Nauer ans Tageslicht zurückgeholt.

Versuchspersonen so peinlich genau darauf geachtet wird, dass sie keinerlei Metall im oder am Körper tragen.

Startklar zur Forschungsreise!

Doch genug des einführenden Geplänkels, jetzt wird es ernst, und ich werde für die Messung vorbereitet. Ein letzter Check, ob ich mir beim Quatschen nicht doch gedankenverloren wieder einen Kugelschreiber in die Hosentasche gesteckt habe, und dann darf ich auf der Liege Platz nehmen. Tim Wallenhorst, Medizinisch-Technischer Radiologieassistent am Frankfurter Brain Imaging Center, bereitet mich gemeinsam mit Grit Hein für meine »Forschungsreise« vor. Ich erhalte einen Kopfhörer, der mich zum einen vor dem Lärm des Tomografen schützt und zum anderen dazu dient, die Geräusche einzuspielen. Anschließend wird mein Kopf fixiert, und ich bekomme die Kopfspule, eine Art Helm, aufgesetzt, oder – aus meiner Perspektive gesehen – eher Gitterstäbe vors Gesicht geschnallt. »Muss das sein?«, frage ich mich. »Kann ich das wirklich ertragen?« Irgendwie fühle ich mich sehr eingeeengt, doch ich rede mir selbst gut zu. Schließlich habe ich als ehemalige Motorradfahrerin schon oft und über viele Stunden unter einem Helm gesteckt – wieso sollte das jetzt ein Problem sein? Eine Stunde werde ich das schon aushalten. Ich habe auch gar nicht viel Zeit, darüber nachzudenken, wie ich mich fühle, denn schon montieren Hein und Wallenhorst mit geübten Griffen einen Spiegel in meinen

Helm, damit ich später einen Blick auf die Projektionsfläche habe. Zu guter Letzt bekomme ich noch eine Hupe in die Hand gedrückt, mit der ich mich im Notfall bemerkbar machen kann. Dann geht es los.

Noch einmal wiederholt Nauer meine Aufgabe: Nicht bewegen (wie denn auch, mein Kopf ist doch festge-

zurrt?!) und immer schön auf die Bilder und Geräusche konzentrieren und dabei das Kreuz in der Mitte des Monitors fixieren. Das sollte machbar sein. Ein kleiner Ruck, und die Liege setzt sich in Bewegung und transportiert mich sanft in das Röhreninnere. Es ist dunkel da drin, eng und kühl. Reicht der Sauerstoff? Ich bin nicht klaustrophobisch veranlagt, aber ich müsste lügen, wollte ich behaupten, dass mir nicht doch irgendwie unheimlich ist. Meine einzige Aussicht ist der Blick auf den Computermonitor, auf dem sich der Mauszeiger wie von Geisterhand bewegt. Ich fühle mich, als laute meine Mission, ferne Galaxien zu erkunden, und ich würde dafür in eine Überlebenskapsel gesteckt. Ich muss über mich selbst schmunzeln: Vielleicht hätte ich in meiner Jugend ein bisschen weniger Zeit mit Sciencefictionsserien à la Star Trek verbringen sollen. Aber ganz so abwegig ist die Idee vielleicht gar nicht – schließlich gilt es hier, mein Gehirn und seine Arbeitsweise zu erforschen – tief in meinem Kopf, wo noch nie zuvor ein Mensch hineingeschaut hat.

»Alles klar da drin?« Die Stimme des Radiologieassistenten holt mich in die Realität zurück. »Dann testen wir jetzt die Lautstärke und stellen dann den Tomografen ein.« Ein bisschen »Computergedudel« über den Kopfhörer, und dann geht es los. Der Tomograf brummt und dröhnt – aha, man kann also immerhin hören, dass sich hier etwas tut. Nervosität macht sich breit. Jetzt werden die Wissenschaftler also gleich mein Innerstes nach außen kehren, um in mein privatestes

Organ zu spähen. Mein Gehirn, in dem all meine positiven und negativen Gedanken entstehen, meine kreativen Ideen sprudeln und meine Erinnerungen gespeichert sind. Eigentlich ist es fast ein bisschen zu intim, um Fremden einen Blick hinein zu erlauben. Aber andererseits bin ich selbst schrecklich neugierig und möchte zu gerne wissen, wie die Masse in meinem Oberstübchen so arbeitet.

Der Hund kräht,
die Kuh brüllt!

Erste Bilder tauchen auf: Abstrakte Formen, begleitet von Computertönen. Ich grinse innerlich, denn schon wieder fühle ich mich an Raumfahrten und Reisen durchs Weltall erinnert. Ob es einen Einfluss auf die Ergebnisse hat, dass die eigentlich abstrakten Figuren und Geräusche für mein Empfinden hervorragend zusammenpassen? Kurze Pause, in der nur das Kreuz zu sehen ist, und weiter geht's mit Tierbildern und den passenden Lauten dazu: ein bellender Hund, ein krähernder Hahn, ein brüllender Löwe, eine Kuh... Wieder eine Pause, dann kräht der Hund, brüllt die Kuh und bellt der Bär. Zwischendurch tauchen wieder die abstrakten Formen auf oder auch mal nur Geräusche oder Bilder ohne Ton.

Jede einzelne Messrunde dauert nur zirka neun Minuten, doch mir kommt es vor wie eine Ewigkeit. Zwar habe ich mich längst an die beengte Situation in der Röhre gewöhnt und bin mittlerweile ganz entspannt. Aber einfach passiv dazuliegen und auf unbewegte Bilder zu schauen, das ist nicht mein Ding. Dazu kommt das gleichmäßige Brummen des Tomografen, das mich – ganz ähnlich wie Motorengeräusche bei einer langen Autofahrt auf dem Beifahrersitz – ein bisschen schläfrig macht. Schon nach der zweiten Messreihe merke ich, dass es mir zusehends schwerer fällt, mich auf die Bilder und Geräusche zu konzentrieren. Immer wieder fallen mir kurz die Augen zu. Wenn sich das mal nicht negativ auf die Messergebnisse auswirkt. Zu allem Überfluss lenkt mich jetzt auch noch ein Kribbeln im rechten Arm von meiner Aufgabe ab. Vom bewegungslosen Liegen ist er »eingeschlafen«. Aber um ihn zu »wecken«, werde ich wohl bis zur nächsten Pause warten müssen.

Die Autorin

Dr. Stefanie Reinberger, 35, ist promovierte Biologin. Sie ist fasziniert von der Möglichkeit, dem Gehirn bei der Arbeit zuzuschauen und ist gleichzeitig beruhigt, dass es noch nicht möglich ist, aus den Aktivierungsmustern auch Gedanken abzulesen. Denn diese sind frei und absolut intim – und sollten es auch bleiben.

»...und ich bin doch Herrin über mein Gehirn...«

Nach etlichen »Ufos« tauchen jetzt erneut Kuh und Co. auf – diesmal wieder mit den passenden Geräuschen. Ich frage mich, was mein Gehirn wohl gerade macht, wie es die eingespielten Bilder und Töne verarbeitet. Ob es wohl brav in genau den Bereichen aktiv wird, in denen es die Wissenschaftler erwarten? Wenn das so wirklich sein sollte, komme ich mir doch ein bisschen »ferngesteuert« vor. Die schon seit Jahren anhaltende Debatte um den freien Willen kommt mir in den Sinn. Eigentlich ist mir die ganze Diskussion ja viel zu abstrakt. Aber jetzt, in der Röhre, drängt sie sich regelrecht auf. Sind es nicht laut der Hirnforscher, die den freien Willen in Frage stellen, genau diese dem Bewusstsein verborgenen Vorgänge im Gehirn, die letztlich unsere Entscheidungen und unser Handeln prägen? Und wenn mein Denkorgan tatsächlich ganz ohne mein gezieltes Zutun einfach nach einem bestimmten Schema arbeitet, bedeutet das dann, dass ich eben nicht Herrin über mein Gehirn bin? Kann ich gar nicht beeinflussen, wie es worauf reagiert? »Kannst du doch«, wispert mir ein kleines Teufelchen ins Ohr. »Konzentrier' dich doch einfach auf etwas völlig anderes, statt dir immer wieder dieselben Bilder anzuschauen.« Das könnte vielleicht klappen. Wenn ich mich in Gedanken intensiv mit einem ganz anderen Thema beschäftige und mich so von den eingespielten Reizen ablenke, dann müsste ich doch die Aktion meines Denkorgans auf andere Regionen umlenken oder zumindest anders verteilen können. Aber letztlich würden wahrscheinlich doch nur wieder nach »Schema F« Areale aktiviert – ohne dass ich tatsächlich steuern könnte, welche. Und die Tiere, Formen und Geräusche kann ich schließlich auch nicht ganz ausblenden. Außerdem werde ich durch Sabotage der Untersuchung wohl kaum das Rätsel um den freien Willen lösen. Wer weiß, möglicherweise habe ich mit meinem gedanklichen Ausflug soeben schon abweichende Aktivitätsmuster produziert. Nur gut, dass die Forschung noch nicht so weit ist, dass sich anhand der fMRT-Daten auch noch ablesen lässt, worüber ich gerade

nachgedacht habe. Ab sofort will ich mich wieder brav auf die Kühe, Löwen, Bären und Hunde konzentrieren – schließlich liege ich hier im Dienste der Wissenschaft. Wenn ich bloß nicht so müde wäre...

»Gleich kommt eine anatomische Messung, da können Sie sich



ein bisschen ausruhen«, muntert mich Wallenhorst in der nächsten Pause auf und fügt hinzu »Danach sind es nur noch zwei funktionelle, und dann sind Sie erlöst.« Also gut, das werde ich schaffen. Ich reiße mich am Riemen, sperre die Augen auf und konzentriere mich mit aller Kraft auf Bilder und Geräusche. »Noch zwei Runden«, zähle ich leise für mich, »noch eine, und geschafft!« »Jetzt holen wir Sie da raus«, tönt die frohe Botschaft durch meinen Kopfhörer. Und schon setzt sich die Liege wieder in Bewegung und bringt mich nach rund einer Stunde in der Röhre wieder zurück ans Licht, wo mich Naumer erwartungsvoll anstrahlt: »Wie war's? Alles in Ordnung?« »Klar, alles bestens« – beeile ich mich zu sagen, froh, dass die beiden meinen Kopf aus dem Helm befreien und ich mich wieder frei bewegen kann.

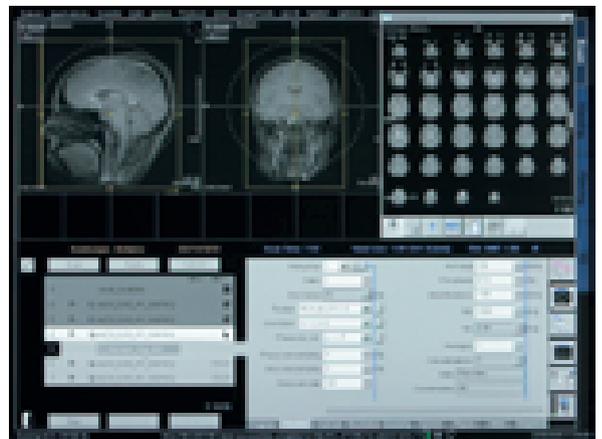
Noch nicht über alles im Bilde

Nun möchte ich aber auch das Ergebnis sehen. Bilder von meinem Denkorgan und wie es arbeitet und dabei in den Aufnahmen leuchtet. Werden verräterische Aktivitätsspuren davon zeugen, dass ich zwischendurch in Gedanken abgeschweift bin und mich doch nicht die ganze Zeit völlig auf das Experiment konzentriert habe? Oder stellen die eingespielten Bilder und Töne so starke Reize dar, dass ich gar nicht dagegen ansteuern konnte



So also sieht's im »Oberstübchen« aus! Tim Wallenhorst erklärt, was auf den soeben angefertigten anatomischen Aufnahmen zu sehen ist.

Blick in die Zukunft: Anhand früherer Ergebnisse erläutert Marcus Naumer, wie sich aus den gewonnenen Daten 3D-Bilder des Gehirns rekonstruieren lassen, in denen dann die Aktivität einzelner Areale angezeigt wird.



und meine Hirnmasse immer brav reagiert hat, wie es aufgrund des experimentellen Aufbaus zu erwarten war? Doch Naumer muss mich enttäuschen. Zwar ist er auch schon sehr gespannt darauf, die Arbeitsweise meines Gehirns kennen zu lernen, doch bis dahin gibt es noch viel zu tun. Heute wurden zunächst nur Rohdaten gesammelt. Dafür haben die Wissenschaftler anatomische Aufnahmen angefertigt und die verschiedenen magnetischen Eigenschaften meines Bluts bei den einzelnen Aufgaben aufgezeichnet. Aus diesen Informationen erstellen sie später die bekannten eindrucksvollen Leuchtbilder, die zeigen, wann und in welchen Hirnarealen meine Gehirnmasse während meiner Reise in die Magnet-röhre besonders eifrig gearbeitet hat. »Aber die anatomischen Aufnahmen können wir uns schon anschauen, wenn Sie möchten,« bie-

Vermessen und zerlegt: Nach der MRT-Messung lässt sich das Gehirn auf dem Computermonitor scheibchenweise bewundern.

tet er als kleines Trostpflaster an. Klar will ich, sein eigenes Denkor- gan bekommt man ja nicht alle Ta- ge zu sehen.

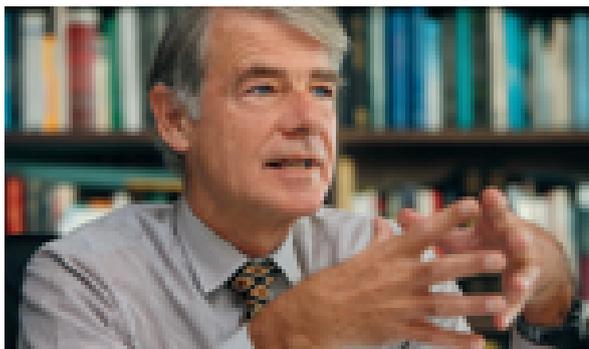
Noch ein bisschen benommen von der Stunde Abgeschlossenheit im Tomografen tapse ich hinter Naumer und Wallenhorst her in den Kontrollraum, wo die beiden Männer die Aufnahmen der letz- ten Stunde auf den Computerbild- schirm zaubern. »So sieht also mein Gehirn aus«, denke ich und schaue ehrfürchtig auf den Monitor. Zwar kenne ich ähnliche Aufnahmen aus Büchern und Zeitschriften, aber das eigene Denkor- gan vor sich zu ha- ben, ist doch etwas Besonderes. Ei-

gentlich kann ich gar nicht richtig fassen, dass es wirklich meines ist. »Ist alles dran«, witzelt Wallen- horst, als er meinen andächtigen Gesichtsausdruck sieht. Klar, für ihn ist das natürlich Routine. Wer weiß, wie viele Gehirne er bei sei- ner Arbeit schon betrachtet hat. Entsprechend gut kennt er sich auch aus. »Hier ist die Großhirnrin- de« erklärt er, »dort der Balken, und hier hinten das Kleinhirn.« Wie bei einer Landkarte fährt er mit dem Finger über die einzelnen Re- gionen meines Denkor- gans und be- nennt sie. Reine Anatomie. Durch die nüchterne Betrachtung verliert die Aufnahme schon fast wieder ein

wenig von ihrem Zauber, und mein Gehirn scheint nur eines von vielen zu sein – ohne irgendwelche Be- sonderheiten, die zeigen, dass es zu mir gehört. Andererseits bin ich doch ein bisschen beruhigt, dass in meinem Oberstübchen alles am rechten Platz sitzt. Und ein wenig fühle ich mich auch wie eine Hel- din, die soeben von einer wichtigen Forschungsmission zurückgekehrt ist – und ich freue mich schon auf die nächste, denn Naumer hat mich eingeladen, auch an der Folgestudie teilzunehmen. Dann werden in der Röhre auch ein paar Aufgaben zur Zuordnung von Bild und Ton auf mich warten. ◆

Die Welt jenseits der Oszillografen

Ein Streitgespräch zwischen dem Hirnforscher Wolf Singer und dem Philosophen Marcus Willaschek



Neurowissenschaftler fordern einen illusionslosen Umgang mit Begriffen wie Willensfrei- heit und Bewusstsein. Philosophen kritisieren offen die Thesen von Hirnforschern. Stehen sich diese Positionen unversöhnlich gegenüber? Wo gibt es Möglichkeiten einer Annähe- rung, gar einer Kooperation? Der Religionsphilosoph Prof. Dr. Thomas M. Schmidt und der Biologe Stefan Kieß loten die Situation in Frankfurt aus; ihre Gesprächspartner sind der Hirnforscher Prof. Dr. Wolf Singer (links), Direktor am Max-Planck-Institut für Hirnfor- schung, und Prof. Dr. Marcus Willaschek (rechts), Philosoph an der Universität Frankfurt.

? Herr Singer, als sich Ihr Gehirn trotz Termindrucks für das Streit- gespräch mit Herrn Willaschek entschieden hat, konnten Sie zwingend nur dies tun, weil Ihr Gehirn so konfiguriert war? Oder ließ Ihr neuronales Netz auch Alternativen zu? Wer oder was hat da entschieden?

Singer: Die Gesamtheit aller Varia- blen, die für diesen Entscheidungs- prozess relevant waren! Dazu zäh- len sämtliche Argumente – natürlich auch Ihre Überzeugungskraft am Telefon – die ich in neuronale Akti-

vitäten umgesetzt habe. Dieser neu- ronale Code wirkte als weiterer At- traktor. Und dann ist ein kompetiti- ver Prozess in Gang gekommen, bei dem eine Reihe bewusster Fakto- ren, aber auch unbewusste Vorgän- ge mitgespielt haben; als Ergebnis kam diese Entscheidung zustande.

? Die Hirnforschung erklärt kogni- tive Fähigkeiten des Menschen wie Planen, Erinnern und Vor- stellen mit der Aktivität evolutio- när junger Areale der Großhirn- rinde, die als stark vernetzte »Konstruktionsmaschinen«

funktionieren. Ist das, was wir als unseren freien Willen empfinden, ebenso eine men- tale Konstruktion, die das Er- gebnis vorausgehender neuro- naler Aktivität ist und eben nicht diese neuronalen Pro- zesse auslöst?

»Ein Entscheidungs- prozess muss zwangs- läufig aus der Gesamt- heit der neuronalen Wechselwirkungen ent- stehen«