

S. Schleim, H. Walter

Gedankenlesen mit dem Hirnscanner?

Eine der fundamentalen Annahmen der Hirnforschung ist, dass geistige Prozesse im Gehirn realisiert sind. Die bildgebenden Verfahren, allen voran die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT) seit den 1990er Jahren, haben es ermöglicht, diese Denkprozesse genauer zu erforschen als mit vorherigen Methoden, etwa elektrophysiologischen Ableitungen oder Elektroenzephalogrammen. So kommt es, dass man inzwischen schon von der kognitiven Neurowissenschaft als eigener Disziplin spricht, die es sich zum Ziel gesetzt hat, die neuronalen Grundlagen des Denkens zu enthüllen. Mit Gedankenlesen hat das zunächst noch nichts zu tun, doch stellt sich die Frage, wann die Methoden weit genug fortgeschritten sein werden, um beispielsweise einen bestimmten Denkprozess im Gehirn sichtbar zu machen oder gar zu entschlüsseln.

Gedankenleser von Natur aus

Diese Idee entstammt dabei keineswegs der Science-Fiction-Literatur. Schließlich sind wir alle von Natur aus mit der (allerdings begrenzten) Fähigkeit ausgestattet, zu erkennen, was gerade im Inneren eines Gegenübers vor sich geht. In diesem Zusammenhang spricht man auch in der Forschungsliteratur von „mind reading“ (1–4). Was die neuronalen Grundlagen dieser auch „theory of mind“ oder „mentalizing“ genannten Fähigkeiten sind, ist schon ausführlich in MRT-Studien untersucht worden (5–9). Interessant ist, dass bei den Aufgaben des natürlichen Gedankenlesens ein ähnliches Netzwerk von Hirnregionen aktiviert zu sein scheint wie auch beim Lösen moralischer Probleme (10) oder selbstbezogener Aufgaben (11, 12). Für die klinische Forschung ist etwa relevant, dass Patienten mit autistischer Störung bei diesen Aufgaben behaviorale Defizite zeigen, die in jüngster Zeit auch mit bildgebenden Verfahren un-

tersucht wurden (13–16). Unterschiede zu gesunden Versuchspersonen wurden dabei beispielsweise im sogenannten Spiegelneuronsystem festgestellt, das wiederum als plausibler Kandidat für unsere Fähigkeit gehandelt wird, uns gedanklich in andere hineinzuversetzen (1, 17).

Jenseits unserer natürlichen Fähigkeiten versuchen Hirnforscher mithilfe ihrer Messdaten vorherzusagen, welcher kognitive Prozess gerade in einer Versuchsperson vorgeht. Einen frühen Versuch hierzu unternahm Kathleen O'Craven und Nancy Kanwisher bereits 2000. Sie zeigten Probanden im Hirnscanner Bilder von Gesichtern und Plätzen und baten sie in einem zweiten Experiment, sich zu bestimmten Zeitpunkten diese Objekte lediglich vorzustellen. Dabei machten sich die Forscherinnen die hohe funktionale Spezifität zweier Hirnregionen zu Nutze, die auf eben diese Stimuli, Gesichter und Plätze, besonders stark reagieren: das sogenannte fusiforme Gesichtsareal (FFA) im ventralen okzipito-temporalen Kortex sowie ein weiter vorne und innen im kollateralen Sulkus gelegenes kortikales Areal, das als parahippocampale Platzregion (PPA) bezeichnet wird. Bei der Auswertung der gemessenen BOLD-Signale, die ein Indikator für die neuronale Aktivität sind, konnten sie anhand der individuellen Signalverläufe, also den MRT-Rohdaten, hinterher bestimmen, wann eine Versuchsperson ein Gesicht sah und wann einen Platz, da für erstere die Signale in der FFA im Mittel um 1,94%, für letztere in der PPA um 0,91% höher waren (18). Interessanterweise gelang ihnen dies selbst dann, wenn die Probanden sich Gesichter oder Plätze einfach nur vorstellten (0,72 beziehungsweise 0,69%). Ein externer Gutachter, der nicht in die experimentelle Prozedur eingeweiht war, konnte anhand dieser Signalverläufe mit 85%iger Genauigkeit bestimmen, wann sich eine Versuchsperson gerade ein Gesicht und wann einen Platz vorstellte. Da es genau zwei Möglichkeiten gab, liegt dieses Ergebnis deutlich über dem Zufallswert von 50%. O'Craven und Kanwisher ziehen aus diesen Ergebnis-

sen die weitreichenden Schlüsse, dass „der Inhalt einzelner mentaler Ereignisse mit einer hohen Genauigkeit anhand der fMRT-Rohdaten bestimmt werden konnte“ und „der Traum davon, neuronale Korrelate einzelner und diskreter mentaler Ereignisse“ nun „Realität geworden ist“ (18: 1019). Wenn man beispielsweise bedenkt, dass die Unterscheidung nur sehr grobkörnig für die allgemeinen Kategorien der Gesichter und Plätze funktionierte und nicht für bestimmte Gesichter, etwa das von Albert Einstein gegenüber dem Angela Merckels, und dass es in ihrem Experiment außer den beiden Zielklassen keine Kontrollkategorie gab, zum Beispiel mit Alltagsgegenständen oder Tierfotos, dann würden wohl nicht nur kritische philosophische Begutachter, sondern auch ihre neurowissenschaftlichen Kollegen die Schlussfolgerungen als zu hoch gegriffen zurückweisen. O'Craven und Kanwisher kam für ihr Experiment also die Hirnphysiologie entgegen, denn nur das Vorhandensein so hoch spezialisierter Regionen wie FFA und PPA haben die Vorhersage anhand der fMRT-Daten mit ihrer einfachen Methode erlaubt. Andere Untersuchungen haben zudem gezeigt, dass die FFA nicht ausschließlich bei Gesichtern, sondern auch Bildern bestimmter emotionaler Valenz aktiviert ist (19). Kanwishers Theorie über die Gesichtsspezifität der FFA widersprechen außerdem starke Aktivierungen für Bilder von Autos, die man bei Autoexperten gefunden hat, oder für Bilder von Vögeln, die man bei Ornithologen gefunden hat (20). Damit würde die FFA also nicht nur spezifisch für Gesichter aktiviert, sondern generell für alle Stimuli, für die eine Versuchsperson eine bestimmte Expertise entwickelt hat (21). Allerdings: Inzwischen weiß man aus Untersuchungen mit Einzelzellableitungen bei Epilepsiepatienten, dass individuelle Gesichter, etwa das der Schauspielerin Jennifer Aniston, unabhängig von der konkreten Betrachtungsperspektive im medialen Temporallappen von Menschen ganz spezifische neuronale Feuermuster hervorrufen (22). Eine Unterscheidung von gesehenen oder vorgestellten individuellen Gesichtern

auf dieser feinkörnigen Ebene scheint damit zumindest prinzipiell möglich.

Kino im Hirnscanner

Einen anderen Gedanken verfolgten Uri Hasson und Rafael Malach mit ihren Kollegen. Sie zeigten fünf Versuchspersonen im Hirnscanner einfach eine halbe Stunde lang einen Ausschnitt des Westernklassikers „Zwei glorreiche Halunken“ mit Clint Eastwood in der Hauptrolle. Mit den gemessenen Hirndaten wollten sie anschließend die zwei Fragen untersuchen, ob man die Signale einer Versuchsperson benutzen kann, die Hirnaktivität der anderen vorherzusagen, und ob man in einer umgekehrten Korrelation die Messdaten dafür verwenden kann, bestimmte Filmszenen zu identifizieren, die gemeinsame Hirnaktivierungen hervorrufen. Zur Beantwortung der ersten Frage verglichen sie die zehn möglichen Kombinationen der aufgenommenen Hirnaktivierung zwischen den Versuchspersonen, nachdem ihre Aufnahmen in den standardisierten Talairach-Raum transformiert worden waren. Im Mittel fanden sie dabei eine Korrelation zwischen den Personen von knapp 30% (23). Interessanterweise beschränkten sich diese Korrelationen jedoch nicht nur auf die visuellen und auditorischen Kortizes, sondern erstreckten sich auch auf höhere gesichts-, platz- oder objektbezogene Areale. Um zu überprüfen, ob diese Übereinstimmung nicht nur auf Stör-signalen des Scanners zurückzuführen ist, stellten die Forscher einen ähnlichen Vergleich für eine Ruhebedingung an, in denen die Versuchspersonen nur einen schwarzen Bildschirm gesehen hatten. Hier korrelierten jedoch weniger als 3% der Signale miteinander. Zur Beantwortung der zweiten Frage mittelten sie die Zeitverläufe der Messdaten der fünf Probanden und wählten die maximalen Amplituden für ausgewählte Hirnareale aus. Für die schon erwähnten FFA und PPA ergab sich dabei, dass alle der 16 Maxima in der FFA bei Szenen auftraten, die hauptsächlich die Gesichter der Schauspieler in Großaufnahme zeigten und 12 der 16 Maxima in der PPA mit der Darstellung von Plätzen im Zusammenhang standen. Bei 15 der 16 Aktivierungsmaxima einer

anderen Region, dem postzentralen Sulkus, konnten sie eine Spezifizierung für schwierige Fingerbewegungen nachweisen, etwa wenn einer der Ganoven seinen Revolver lud. Dies macht insofern Sinn, als diese Region mit der Körperwahrnehmung assoziiert ist. So gelang es Hasson und Malach durch ihre Rückwärtskorrelation, Filmszenen zusammenstellen, die für eine starke Aktivierung in ausgewählten Hirnarealen sorgten.

Diese Studie hat zwar nur am Rande mit Gedankenlesen zu tun, zeigt aber zumindest, dass die physiologischen Grundbedingungen für die Interpretation gemessener Hirnaktivität günstig sind. So ist es auch kaum überraschend, dass Hassons und Malachs Untersuchung einen „Brain Interpretation“-Wettbewerb inspiriert hat, der letztes Jahr auf der „Human Brain Mapping“-Konferenz in Florenz zum ersten Mal

ausgetragen wurde (24, 25). Statt eines Westerns wählten die US-amerikanischen Forscher von der Universität Pittsburgh, die den Wettbewerb organisierten, Szenen aus der Heimwerker-Kömodie „Hör mal, wer da hämmert“. Drei Versuchspersonen wurden jeweils drei 25-minütige Sequenzen dieser Fernsehserie gezeigt, während ein MRT-Scanner ihre Hirnaktivierung aufzeichnete. Anschließend mussten die Probanden entlang zwölf ausgewählter Kategorien noch Auskunft über den Inhalt der Filmszenen erteilen und zum Beispiel bestimmen, ob der Ausschnitt mit Musik untermalt war oder in der Szene gesprochen wurde. Die Daten der ersten beiden MRT-Durchgänge wurden dann zusammen mit den Bewertungen der Versuchspersonen den Teilnehmern des Wettbewerbs zugänglich gemacht. Der dritte Datensatz wurde jedoch ohne diese Zusatzinformation verteilt und es galt, allein anhand der Hirnaktivierung zu rekonstruieren, was die Versuchspersonen während dieses Durchgangs gesehen und erlebt hatten.

Das Preisgeld in Höhe von 10 000 Dollar konnte eine Gruppe italienischer Informatiker gewinnen. Emanuele Olivetti und seine Kollegen von der Universität Trento wussten zwar nichts über das Gehirn, als sie mit ihrer Arbeit für den Wettbewerb begannen, sind dafür aber Experten im Umgang mit großen Datenmengen und kennen sich mit Algorithmen des Maschinenlernens und der künstlichen Intelligenz bestens aus. Ihr Programm, das sie auf einem Supercomputer die vielen Millionen gemessenen Datenpunkte (Voxel) der Versuchspersonen aus Pittsburgh analysieren ließen, konnte schließlich für einige Kategorien mit bis zu 84%iger Trefferquote die Angaben der Probanden für die dritte Videosequenz bestimmen. Besonders gut klappte es für Musik und Sprache, weniger Erfolg hatten sie jedoch mit der Bestimmung der Gefühle, in welche die Szenen die Betrachter versetzt hatten, sowie für den Grad der Aufmerksamkeit, den sie ihnen widmeten. Gänzlich scheiterte ihre Rekonstruktion jedoch für den Punkt, ob in der Szene gegessen wurde. Auch den zweiten oder dritten Preis gewannen eher Fachfremde: Physiker, Mathematiker, Informatiker, aber keine Hirnforscher. Diese musste man unter den ersten zehn Plätzen der insgesamt 44 teilnehmenden

Das Thema in Kürze

- Nicht nur mit unseren angeborenen und erlernten biologischen Mitteln, sondern auch durch Methoden der Hirnforschung können wir versuchen, bestimmte Gedanken zu lesen.
- Die Ergebnisse der bildgebenden Hirnforschung eröffnen die Möglichkeit, aus Beobachtung der individuellen Hirnaktivierung auf einen vorliegenden mentalen Prozess zu schließen.
- Unter Organisation von Forschern der Universität Pittsburgh findet in diesem Jahr schon der zweite „Brain Interpretation“-Wettbewerb statt.
- Den wesentlichen Fortschritt bieten neuen Auswerteverfahren, die nach spezifischen, räumlich verteilten Mustern in den Signalen der neuronalen Aktivität suchen.
- Diese Verfahren rücken den Gedanken näher, unterliegen jedoch auch selbst noch methodischen und konzeptionellen Einschränkungen.
- Insbesondere fehlen noch die theoretischen Rahmenbedingungen, um sich die konkrete Bedeutung der gefundenen Muster zu erschließen.

Teams mit Mühe suchen. Vielleicht war der Unterschied zwischen den normalerweise in Experimenten verwendeten einfachen visuellen oder auditorischen Stimuli zu den komplexen Filmszenen einfach zu groß. Tatsächlich beraubten die Hirnforscher mit zusätzlichen Annahmen, die auf jahrzehntelanger neurowissenschaftlicher Arbeit gründen, ihre statistischen Modelle zahlreicher Freiheitsgrade. Mit den Schätzungen der Teams, die einfach nur die mächtigsten statistischen Verfahren auf die Daten losließen, konnten sie nicht mithalten. Dabei war es das ausdrücklich formulierte Ziel der Organisatoren des Wettbewerbs, das Verständnis darüber zu vergrößern, wie das Gehirn komplexe Informationen verarbeitet. Tatsächlich erntete man von den Gewinnerschleichen aber nur betretenes Schweigen auf die Frage, was ihre Lösungsansätze über das Gehirn verraten. Vielleicht haben die Organisatoren deshalb auch für die zweite Runde des Wettbewerbs (26), die am 23. März startete, einen besonderen „Neuroscience Prize“ vorgesehen, um diesmal wenigstens eine Gruppe auszeichnen zu können, welche die neurowissenschaftliche Forschung voranbringt. Die Preisverleihung wird übrigens am 14. Juni auf der diesjährigen „Human Brain Mapping“-Konferenz in Chicago stattfinden.

Neue Methoden zum Gedankenlesen

Auch wenn die Hirnforscher nicht unter den ersten Plätzen des „Brain-Interpretation“-Wettbewerbs vertreten waren, bewegt sich doch einiges an der Forschungsspitze der kognitiven Neurowissenschaft, um die neuronalen Grundlagen von Denkprozessen zu verstehen. Neuere multivariate Auswertmethoden beschränken sich nicht darauf, gemittelte Signalstärke einzelner Voxel oder Regionen auf ihre Korrelation mit einem Stimulus oder einer Aufgabe zu untersuchen. Stattdessen suchen sie in Gehirnaufnahmen einer bestimmten Zeitspanne nach spezifischen Mustern aktivierter Voxel in einem bestimmten Hirnbereich. Diese Ergebnisse können dabei helfen, ungelöste Fragen der neuronalen Informationsver-

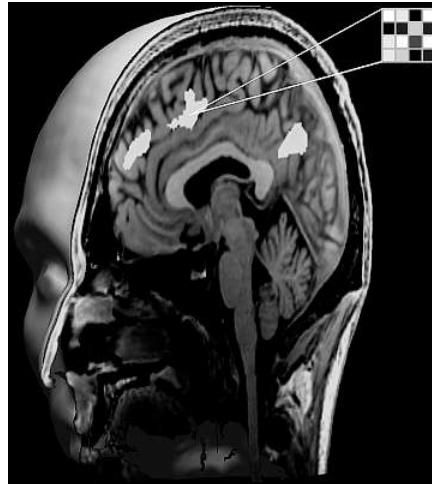


Abb. 1 Neuere Auswertverfahren suchen nicht nach einzelnen Bildpunkten, welche möglichst gut mit dem experimentellen Design korrelieren, sondern überprüfen räumlich verteilte Bildpunkte auf spezifische Zusammenhänge ihrer Aktivierung, das Muster.

arbeitung zu lösen, beispielsweise ob diese eher modular und lokal funktioniert (27, 28) oder holistisch und räumlich verteilt (29, 30). Die Verfahren, die dabei zum Einsatz kommen, werden schon bei zahlreichen praktischen Anwendungen zur Mustererkennung verwendet, etwa der automatischen Gesichtserkennung oder der Analyse von DNA-Information. Dabei funktionieren die Auswertprogramme, zum Beispiel die „Support Vector Machines“ (SVM) (31, 32), nach dem folgenden Verfahren: Zunächst sucht der Algorithmus mit einer Reihe von Trainingsdatensätzen nach Zusammenhängen in der Aktivierung der einzelnen Datenpunkte, dem Muster. Dafür muss man jedoch nicht nur die Datenpunkte selbst, sondern auch Information darüber in das System füttern, welche experimentelle Bedingung zu welchen Daten gehört. Ist die Trainingsphase abgeschlossen, verwendet man idealerweise einen neuen Datensatz, um die Klassifikation des Algorithmus zu überprüfen. Hat dieser für bestimmte Datenpunkte ein Muster erkannt, wird er mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit bestimmen können, welche experimentelle Bedingung bei der Aufnahme dieses Datensatzes vorlag. Gelingt das mit hoher Genauigkeit, so kann man darauf schließen, dass das Muster der neuronalen Verarbeitung an diesem Ort, über mehrere Datenpunkte verteilt,

spezifisch mit der experimentellen Aufgabe verbunden ist (Abb. 1).

Konkret haben David Cox und Robert Savoy dies beispielsweise mit zehn verschiedenen Objektkategorien durchgeführt, zu denen jeweils zwölf graustufige Fotos gehörten. Den Versuchspersonen wurden in Blöcken von 20 Sekunden Länge zehn zufällig gewählte Fotos aus einer dieser Kategorien gezeigt, beispielsweise zehn Fotos von Teekannen, Gartenzwergen, Kühen oder Pferden. Zusätzlich zum Betrachten bekamen die Versuchspersonen noch die Aufgabe, jedes der gezeigten Objekte gedanklich zu benennen. In ihrem ersten Experiment nahmen sie die Trainings- und Testdatensätze mehrere Tage oder gar Wochen getrennt voneinander auf. Dabei sollte eine bestimmte Liegevorrichtung sicherstellen, dass sich die Köpfe der Versuchspersonen an etwa derselben Stelle und in derselben räumlichen Ausrichtung befanden. Nach dem Training konnte die SVM schon mit nur 50 frei aus dem Gehirn gewählten Datenpunkten mit 85%iger Genauigkeit bestimmen, zu welcher Kategorie die gesehene Objekte aus einem der Testblöcke gehören (31). Schränkt man dabei die Auswahl der Datenpunkte auf objektspezifische kortikale Areale ein, sinkt die Erkennungsrate auf 41%, was jedoch immer noch deutlich höher ist als der Zufallswert von 10%. Diese Werte variieren aber stark zwischen den Versuchspersonen. Bei einer zweiten wurden nur 58% beziehungsweise 33% Genauigkeit erzielt. Doch liegen auch diese Ergebnisse noch höher als der Zufall. In ihrem zweiten Experiment gingen Cox und Savoy noch einen Schritt weiter. Diesmal teilten sie die Fotos der zehn Objektkategorien in jeweils zwei Hälften: sechs Fotos für die Trainingsmessungen und sechs andere für die Testdurchläufe. Das heißt, diesmal sollte die SVM eine Zuordnung für Hirndaten treffen, die beim Betrachten von Fotos entstanden war, die zwar zur selben Kategorie gehörten, jedoch vorher noch nicht gezeigt wurden. Auch in diesem Fall gelang die Erkennung mit 59 bis 97%iger Genauigkeit für die Versuchspersonen, beziehungsweise 29 bis 55%iger, wenn man die Auswahl der Datenpunkte wieder auf objektspezifische kortikale Areale beschränkte. Das heißt, die Mustererkennung konnte bestimmte

Invarianten in den gemessenen Daten identifizieren, die einerseits über die Messzeitpunkte (Tage bis Wochen) oder andererseits über die jeweiligen Fotos hinweg (alte und neue Fotos einer Objektkategorie) generalisiert waren. Die Forscher werten dies als Hinweis darauf, dass die Objektrepräsentation im Gehirn auf räumlich verteilte Weise geschieht, denn sonst würden die gewonnenen Muster keine so gute Vorhersage ermöglichen.

Verrate mir deine Absichten...

Mit einem anderen Versuchsaufbau machten kürzlich John-Dylan Haynes und seine Kollegen auf sich aufmerksam, die auch schon zuvor einige Studien mit den Methoden der Mustererkennung durchgeführt hatten (33–36). Diesmal sollten sich ihre Versuchspersonen überlegen, ob sie lieber eine Addition oder eine Subtraktion durchführen möchten und ihre Absicht (Intention) für 3 bis 12 Sekunden lang aufrechterhalten. Anschließend bekamen sie auf einem Bildschirm zwei Zahlen präsentiert, mit denen sie die ausgesuchte mathematische Operation durchführen sollten. Auf dem letzten Bildschirm waren vier Zahlen abgebildet, von denen zwei das jeweilige Ergebnis der Addition oder Subtraktion darstellten und zwei zufällig dazu gemischt wurden. Jetzt sollten die Probanden wählen, welches das Ergebnis ihrer Rechnung war, sodass die Forscher eine Information darüber bekamen, was die vorherige Intention gewesen war. Aus der multivariaten Analyse der Daten während der Phase, als die Versuchspersonen ihre Absicht aufrecht erhalten sollten, konnten die Forscher mit 71%iger Genauigkeit aus Aktivierungen im anterioren medialen präfrontalen Kortex (MPFC) bestimmen, ob sie sich für eine Addition oder Subtraktion entschieden hatten (37). Interessanterweise halfen die Daten dieser Region während der Durchführung der Rechenaufgabe gar nicht bei der Bestimmung der Absicht, dafür aber eine weiter posterior gelegene Zone des MPFC. Mit etwas geringerer Genauigkeit fanden die Forscher auch noch Muster im linken lateralen frontopolaren Kortex, dem linken inferioren frontalen Sulcus, sowie dem rechten mittleren frontalen

Offene Fragen:

- Wie fein lassen sich einzelne gedankliche Prozesse im Gehirn wirklich erkennen?
- In welchem Umfang ist die Kooperation der Versuchsperson eine notwendige Voraussetzung für das Erkennen der Muster?
- Wie zuverlässig erweisen sich die Methoden im Alltag, z. B. zur Steuerung über Gehirn-Computer-Schnittstellen oder zur Lügendetektion?
- Werden die Versuche des Gedankenlesens unser Rechtssystem und unseren gesellschaftlichen Alltag beeinflussen?
- Was sind die weitreichenden ethischen und sozialen Auswirkungen, welche diese Funde auf unser Zusammenleben und unser Selbstverständnis ausüben?

Gyrus und dem linken frontalen Operkulum. In allen diesen Bereichen lag die Genauigkeit der Vorhersage deutlich über 60%. Der Frage, wie eine Absicht im Gehirn verarbeitet wird, fühlen sich die Forscher mit ihrem Ergebnis deutlich näher gekommen als vorherige Studien, die mit herkömmlichen Methoden lediglich zeigen konnten, dass im präfrontalen Kortex stärkere neuronale Aktivierung vorlag. Ob diese mit der genauen Intention oder nur mit einer unspezifischen Vorbereitung der Aufgabe in Verbindung stehe, könne man damit nicht beurteilen. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch, dass Haynes und seine Kollegen in ihrer Zielregion im MPFC keine allgemein stärkere BOLD-Aktivierung messen konnten. Dennoch werden die beiden Intentionen dort nicht in Form eines allgemeinen Anstiegs neuronaler Aktivität an einer Stelle, sondern eines unterschiedlichen räumlichen Musters in der Aktivität verarbeitet, wie es eben nur die multivariaten Analyseverfahren erkennen können.

Dabei stellt sich die Frage, wie nah diese Funde an der wirklichen Intention sind. Den guten räumlichen und zeitlichen Eigenschaften der fMRT zum Trotz repräsentiert ein einziges gemessenes Voxel in Haynes'

Studie ca. 250 000 Neuronen und ihre Dynamik über einen Zeitraum über 2700 Millisekunden (Time of Repetition). Angesichts dieser – in neuronalen Dimensionen gesprochen – groben Auflösung sind die Ergebnisse mithilfe der Mustererkennung jedoch erstaunlich und zeigen, dass die herkömmlichen univariaten Verfahren die Aussagekraft des BOLD-Signals bei weitem nicht ausschöpfen. Auch ist es schwer, die genaue Bedeutung eines solchen Musters zu verstehen. Zwar können wir es durchaus visuell darstellen, doch sehen wir ihm mit dem heutigen Wissen nicht an, ob es nun eine Addition oder eine Subtraktion repräsentiert. Tatsächlich könnte man uns irgendein Muster zeigen und wir könnten dieses nicht von denen unterscheiden, die aus den wirklichen Messdaten stammen. Dennoch stellt die Arbeit von Haynes und anderen Hirnforschern, die mit diesen Methoden arbeiten (38, 39), einen wichtigen Schritt zum Verständnis von Intentionen, Absichten und Meinungen dar, die für unser soziales und gedankliches Alltagsleben eine entscheidende Rolle spielen.

Wir können auch davon ausgehen, dass diese Methoden eine Reihe praktischer Anwendungen nach sich ziehen werden. Dabei muss man nicht nur an die Chance für Patienten denken, die beispielsweise an einer amyotrophen Lateralsklerose erkrankt und deshalb bewegungslos in ihrem Körper gefangen sind. Diesen Menschen könnten Methoden des Gedankenlesens eines Tages eine komfortable Schnittstelle zur computervermittelten Kommunikation mit der Außenwelt bieten. Man muss auch kritisch beobachten, dass Methoden der Mustererkennung schon zur Lügendetektion (40) verwendet wurden und sich dadurch eine neue Diskussion über die Zulässigkeit der Verfahren im Straf-, Zivil- und Verfassungsrecht anbahnt. Gegenüber der herkömmlichen Auswertung bieten die multivariaten Ansätze zwar den Vorteil, auch auf individueller Ebene Vorhersagen treffen zu können, doch inwiefern sich die gedanklichen Muster manipulieren lassen (Neurofeedback-Training) und wie es sich mit ihnen verhält, wenn sie beispielsweise bei einer nicht-kooperativen Versuchsperson gemessen werden, das sind noch offene Fragen, die von der bisherigen Forschung nicht untersucht

wurden. Letztlich stellt sich auch mit der Möglichkeit des Gedankenlesens die Frage nach der Gedankenfreiheit. Dürfte ein mutmaßlicher Täter etwa dazu gezwungen werden, einem Gedankentest unterzogen zu werden, der seine Schuld oder Unschuld beweisen soll? Dürfte man das Verfahren dazu verwenden, um das Risiko für die Gesellschaft zu ermitteln, das ehemalige Straftäter oder Erkrankte mit einer dissozialen Persönlichkeitsstörung darstellen? Dürften Unternehmen, die heute schon weit reichende Informationen über ihre zukünftigen Mitarbeiter in Assessment-Centern erheben, ihre Bewerber auch zu einem Gehirn-Check mit der fMRT schicken? Nicht zuletzt auch in einer Zeit der terroristischen Bedrohung mögen Verfahren zum Gedankenlesen in bestimmten Kreisen Begehrlichkeiten erwecken (41). Wie das deutsche Ärzteblatt kürzlich mitteilte, wurde in Bayern für ei-

nen ersten Feldversuch auf dem internationalen Flughafen München ein Prototyp eines fMRT-Lügendetektors aufgestellt, um verdächtig aussehende Fluggäste auf terroristische Absichten hin zu überprüfen (42). Wie die Zeitschrift weiterhin berichtet, hat das US-Verteidigungsministerium die Idee aufgegriffen und den Prototyp „Munchhausen“ im Gefangenenlager Guantánamo Bay testen lassen. Diese besorgniserregende Mitteilung wird einzig und allein durch die Erkenntnis gemildert, dass sie am 1. April veröffentlicht wurde.

Zurzeit sind es vor allem Zukunftsszenarien und Scherze, die die Gemüter erheitern oder erregen. Wie so oft hilft ein Blick in die USA, um künftige Entwicklungen abschätzen zu können. So wurden dort einerseits gerade zwei Firmen gegründet, welche die Lügendetektion durch fMRT anbieten (43, 44). Andererseits haben sich in den USA Ju-

risten und Neurowissenschaftler zu einem »Center of Cognitive Liberty and Ethics« (CCLE) zusammen geschlossen, um den Schutz der Privatsphäre auf den geistigen Bereich auszuweiten (45) – nicht zuletzt wegen der prinzipiellen Möglichkeiten des Gedankenlesens. Es gibt zwar ernstzunehmende Argumente gegen deren praktische Verwendbarkeit, etwa den Verweis auf die Komplexität, Flexibilität und Umweltabhängigkeit von Gedanken. Doch es schadet nicht, auf Vorrat zu denken und sich schon jetzt auf kommende Kontroversen und Diskussionen einzustellen.

Literatur

1. Gallese V, Goldman A. Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading. *Trends in Cognitive Sciences* 1998 Dec; 2 (12): 493–501.
2. Goldman A. Imitation, mind reading, and simulation. In: Hurley S, Chater N (eds.). *Perspective on*

- Imitation, from Neuroscience to Social Science. Cambridge, MA: MIT Press 2005: 79–93.
3. Vogetley K, Bussfeld P, Newen A, Herrmann S, Happe F, Falkai P et al. Mind reading: Neural mechanisms of theory of mind and self-perspective. *Neuroimage* 2001 Jul; 14 (1): 170–181.
 4. Whiten A. When does smart behaviour-reading become mind-reading? In: Carruthers P, Smith PK (eds.). *Theories of Theories of Mind*. New York, NY: Cambridge University Press 1996: 277–292.
 5. Amodio DM, Frith CD. Meeting of minds: the medial frontal cortex and social cognition. *Nature Reviews Neuroscience* 2006 Apr; 7(4): 268–277.
 6. Frith CD, Frith U. The neural basis of mentalizing. *Neuron* 2006 May 18; 50 (4): 531–534.
 7. Gallagher HL, Frith CD. Functional imaging of 'theory of mind'. *Trends in Cognitive Sciences* 2003 Feb; 7 (2): 77–83.
 8. Saxe R. Uniquely human social cognition. *Current Opinion in Neurobiology* 2006 Apr; 16 (2): 235–239.
 9. Walter H, Adenzato M, Ciaramidaro A, Enrici I, Pia L, Bara BG. Understanding intentions in social interaction: The role of the anterior paracingulate cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience* 2004 Dec; 16 (10): 1854–1863.
 10. Walter H, Schleim S. Vom Sein des Sollens: Zur Psychologie und Neurobiologie der Moral. *Nervenheilkunde* 2007; 26: 312–317.
 11. Northoff G, Bermpohl F. Cortical midline structures and the self. *Trends in Cognitive Sciences* 2004 Mar; 8 (3): 102–107.
 12. Northoff G, Heinzel A, Greck M, Bempohl F, Dobrowolny H, Panksepp J. Self-referential processing in our brain – A meta-analysis of imaging studies on the self. *Neuroimage* 2006 May 15; 31 (1): 440–457.
 13. Dapretto M, Davies MS, Pfeifer JH, Scott AA, Sigman M, Bookheimer SY et al. Understanding emotions in others: mirror neuron dysfunction in children with autism spectrum disorders. *Nature Neuroscience* 2006 Jan; 9 (1): 28–30.
 14. Hadjikhani N, Joseph RM, Snyder J, Tager-Flusberg H. Anatomical differences in the mirror neuron system and social cognition network in autism. *Cerebral Cortex* 2006 Sep; 16 (9): 1276–1282.
 15. Iacoboni M, Dapretto M. The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction. *Nature Reviews Neuroscience* 2006 Dec; 7 (12): 942–951.
 16. Williams JHG, Whiten A, Suddendorf T, Perrett DI. Imitation, mirror neurons and autism. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 2001 Jun; 25 (4): 287–295.
 17. Gallese V, Keysers C, Rizzolatti G. A unifying view of the basis of social cognition. *Trends in Cognitive Sciences* 2004 Sep; 8 (9): 396–403.
 18. O'Craven KM, Kanwisher N. Mental imagery of faces and places activates corresponding stimulus-specific brain regions. *Journal of Cognitive Neuroscience* 2000 Nov; 12 (6): 1013–1023.
 19. Geday J, Gjedde A, Boldsen AS, Kupers R. Emotional valence modulates activity in the posterior fusiform gyrus and inferior medial prefrontal cortex in social perception. *Neuroimage* 2003 Mar; 18 (3): 675–684.
 20. Gauthier I, Skudlarski P, Gore JC, Anderson AW. Expertise for cars and birds recruits brain areas involved in face recognition. *Nature Neuroscience* 2000 Feb; 3 (2): 191–197.
 21. Bukach CM, Gauthier I, Tarr MJ. Beyond faces and modularity: the power of an expertise framework (2006; Vol 10: 159). *Trends in Cognitive Sciences* 2006 Jun; 10 (6): 243.
 22. Quiroga RQ, Reddy L, Kreiman G, Koch C, Fried I. Invariant visual representation by single neurons in the human brain. *Nature* 2005 Jun 23; 435 (7045): 1102–1107.
 23. Hasson U, Nir Y, Levy I, Fuhrmann G, Malach R. Intersubject synchronization of cortical activity during natural vision. *Science* 2004 Mar 12; 303 (5664): 1634–1640.
 24. Schleim S. Zeig mir dein Hirn – und ich sag dir, was du denkst. *Gehirn & Geist*. 2006; 9:60–62.
 25. <http://www.abc.pitt.edu/2006/competition.html>
 26. <http://www.braincompetition.org>
 27. Downing PE, Jiang YH, Shuman M, Kanwisher N. A cortical area selective for visual processing of the human body. *Science* 2001 Sep 28; 293 (5539): 2470–2473.
 28. Kanwisher N, McDermott J, Chun MM. The fusiform face area: A module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *Journal of Neuroscience* 1997 Jun 1; 17 (11): 4302–4311.
 29. Haxby JV, Gobbini MI, Furey ML, Ishai A, Schouten JL, Pietrini P. Distributed and overlapping representations of faces and objects in ventral temporal cortex. *Science* 2001 Sep 28; 293 (5539): 2425–2430.
 30. Ishai A, Ungerleider LG, Martin A, Schouten HL, Haxby JV. Distributed representation of objects in the human ventral visual pathway. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 1999; 96 (16): 9379–9384.
 31. Cox DD, Savoy RL. Functional magnetic resonance imaging (fMRI) „brain reading“: detecting and classifying distributed patterns of fMRI activity in human visual cortex. *Neuroimage* 2003 Jun; 19 (2): 261–270.
 32. Mourao-Miranda J, Bokde ALW, Born C, Hampel H, Stetter M. Classifying brain states and determining the discriminating activation patterns: Support Vector Machine on functional MRI data. *Neuroimage* 2005 Dec; 28 (4): 980–995.
 33. Haynes JD, Rees G. Predicting the stream of consciousness from activity in human visual cortex. *Current Biology* 2005; 15 (14): 1301–1307.
 34. Haynes JD, Rees G. „Brain reading“ – Using signals from human VI to predict the orientation of an invisible stimulus. *Journal of Cognitive Neuroscience* 2005: 250–251.
 35. Haynes JD, Rees G. Predicting the orientation of invisible stimuli from activity in human primary visual cortex. *Nature Neuroscience* 2005 May; 8 (5): 686–691.
 36. Haynes JD, Rees G. Decoding mental states from brain activity in humans. *Nature Reviews Neuroscience*. 2006 Jul; 7 (7): 523–534.
 37. Haynes JD, Sakai K, Rees G, Gilbert S, Frith C, Passingham RE. Reading hidden intentions in the human brain. *Current Biology* 2007 Feb 20; 17 (4): 323–328.
 38. Kamitani Y, Tong F. Decoding seen and attended motion directions from activity in the human visual cortex. *Current Biology*. 2006 Jun 6; 16 (11): 1096–1102.
 39. Kamitani Y, Tong F. Decoding the visual and subjective contents of the human brain. *Nature Neuroscience* 2005 May; 8 (5): 679–685.
 40. Davatzikos C, Ruparel K, Fan Y, Shen DG, Acharyya M, Loughead JW, et al. Classifying spatial patterns of brain activity with machine learning methods: Application to lie detection. *Neuroimage* 2005 Nov 15; 28 (3): 663–668.
 41. Metzinger T. Gedankenleser im Kreuzverhör. *Gehirn & Geist* 2006; 3: 37–41.
 42. <http://www.aerzteblatt.de/v4/news/newsdruck.asp?id=28023>
 43. <http://www.noliemri.com>
 44. <http://www.cephoscorp.com>
 45. <http://www.cognitiveliberty.org>

Korrespondenzadresse:

Stephan Schleim
Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie
Abteilung für Medizinische Psychologie
Universität Bonn
Sigmund-Freud-Str. 25, 53105 Bonn
Tel. 0228/287-19705, Fax -19123