

Der Traum vom Gedankenlesen

Maschinen, die Gedanken lesen können, galten bislang als reine Sciencefiction. Sie sind es auch – noch. Mit Hilfe ausgeklügelter Computerprogramme lassen sich MRT-Scans allerdings bereits erstaunlich viele Informationen darüber entlocken, was die jeweilige Person zum Zeitpunkt der Aufnahme dachte. Die Anwendungsfelder reichen vom Lügendetektor bis zur Werbeforschung.

Von John-Dylan Haynes

Im Alltag können wir aus der Mimik, Gestik oder Körperhaltung viel über die Gedanken eines Menschen erfahren. Am Gesichtsausdruck lässt sich beispielsweise ablesen, ob er fröhlich, traurig oder wütend ist. Trotzdem ist unsere Fähigkeit, die Innenwelt anderer zu erkennen, sehr begrenzt. Oft täuschen wir uns in ihren Gedanken und Gefühlen und können auch deren Gründe anhand der Mimik nur schwer erkennen. Für Neurowissenschaftler liegt da der Gedanke nahe, dass sich diese Informationen vielleicht direkt der Hirnaktivität entnehmen lassen.

AUF EINEN BLICK

OFFENGELEGTE INNENWELT

1 Mittels moderner **bildgebender Verfahren** und spezieller **Algorithmen** lassen sich heute bereits aus der Aktivität eines Gehirns Gedanken auslesen – etwa ob jemand an ein bestimmtes von verschiedenen zur Auswahl stehenden Tieren denkt.

2 Allerdings ist dafür noch ein aufwändiges **Training des Computerprogramms** mit beispielhaften Aktivitätsbildern notwendig; außerdem lassen sich danach nicht automatisch auch die Gedanken anderer Menschen interpretieren.

3 Die bisherigen **Erfolge im Gedankenlesen** führten aber immerhin bereits zu ersten Anwendungsversuchen, etwa als Lügendetektor oder zur Untersuchung des Kaufverhaltens.

Ein Beispiel dafür liefert etwa der amerikanische Science-fictionfilm »Future World« aus dem Jahr 1976, in dem eine Maschine vorgestellt wird, die Gedanken aus der Hirnaktivität herauslesen kann. Eine Journalistin setzt sich unter einen Helm, der aussieht wie eine Kombination aus Trockenhaube und modernem Magnetenzecephalograf – einem Gerät zur Messung der magnetischen Felder, die auf Grund der Signale im Gehirn entstehen. Im Film zeigt sich die so aufgenommene Hirnaktivität in Form von komplexen überlagerten Wellenmustern, die mit Hilfe von Computern interpretiert werden. Ein Bildschirm stellt dann in Echtzeit die Gedanken der Journalistin als Video dar: Man sieht eine bunte Traumreise zurück in ihre Kindheit, mit Bildern von Geburtstagen, Haustieren und Freunden.

Solch eine Maschine ist natürlich auch heute noch Sciencefiction. Doch haben Forscher in den letzten Jahren erstaunliche Fortschritte darin gemacht, aus der Aktivität eines Gehirns Erlebnisse, Gedanken, Pläne, Erinnerungen und Gefühle herauszulesen.

Heute gehen die meisten Neurowissenschaftler davon aus, dass das Gehirn die alleinige Grundlage des Denkens ist. Demnach sollte mit jedem Gedanken ein einzigartiges, unverwechselbares Muster der Hirnaktivität einhergehen. Zwei verschiedene mentale Vorstellungen, etwa von einem Hund und einer Katze, haben also unterschiedliche Muster – und



Gehirn: Fotolia / Vasily Yakobchuk, Typografische Bearbeitung: Gehirn&Geist

wenn ich zweimal an denselben Hund denke, ergibt sich jeweils dasselbe Muster. Sollte dies zutreffen, müsste es zumindest theoretisch möglich sein, allein aus der Hirnaktivität einer Person herauszulesen, was sie gerade denkt.

Zu diesem Zweck benutzen Forscher spezielle mathematische Verfahren zur Mustererkennung. Die Vorgehensweise ist in etwa vergleichbar mit der Identifikation von Personen anhand von Fingerabdrücken: Ist in einer Kartei für jeden Menschen der zugehörige Fingerabdruck gespeichert, kann man einen gefundenen Abdruck mit der Kartei abgleichen und so den Besitzer ermitteln. In diesem Sinn lässt sich das Muster der Hirnaktivität, das sich bei einem bestimmten Gedanken einstellt, als Fingerabdruck des Gedankens im Gehirn auffassen.

Zunächst muss man die Hirnaktivität eines Probanden bei verschiedenen Gedanken registrieren. Bei gesunden Untersuchungspersonen kommen dafür nur so genannte nichtinvasive Messverfahren in Betracht – also solche, bei denen man von außen die Hirnaktivität der Versuchsperson misst, ohne diese zu verletzen. Gängige Methoden sind die Elektroenzephalografie (EEG), welche die elektrische Hirnaktivität mit Hilfe von Elektrodenhauben aufzeichnet, und die funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT), die den Hirnstoffwechsel registriert (siehe Kasten S. 6). Während der Messung würde man beispielsweise dem Probanden entwe-

Vorstellungen, Wünsche, Gefühle – all das sind Produkte unseres Gehirns. Jetzt versuchen Forscher, sie aus den zu Grunde liegenden neuronalen Aktivitätsmustern herauszulesen.

der abwechselnd Bilder von Hunden und Katzen zeigen oder ihn bitten, sich diese Tiere nacheinander vorzustellen. Anhand der sich dabei ergebenden Hirnaktivitätsmuster lässt sich dann ein Computer trainieren. Er lernt mit Hilfe spezieller, von Experten für maschinelles Lernen entwickelter Algorithmen, die Aktivitätsmuster optimal zu erkennen und den entsprechenden Gedanken zuzuordnen (siehe Kasten S. 7).

Jetzt kommt die entscheidende Phase: Der Computer erhält Aufnahmen der Hirnaktivität des entweder an einen Hund oder eine Katze denkenden Probanden und soll daraus bestimmen, um welches Tier es sich handelte. Dieses Verfahren liest nicht Gedanken im wörtlichen Sinne, sondern ordnet sie schlicht Hirnaktivitätsmustern zu, ohne sich darum zu kümmern, warum gerade ein bestimmtes Muster mit einem Gedanken einhergeht.

Blick ins Gehirn

Heute stehen verschiedene Verfahren zur Messung der Hirnaktivität beim Menschen zur Verfügung. Generell unterscheidet man hier zwischen *invasiven* und *nichtinvasiven* Verfahren. Erstere kommen nur im Rahmen der Diagnostik und der Behandlung neurologischer Erkrankungen in Frage. Für sie müssen Messelektroden direkt auf der Oberfläche des Gehirns aufgebracht oder sogar in das Gewebe eingebracht werden. Der Vorteil besteht darin, dass sich so die Hirnaktivität räumlich sehr präzise und mit hoher zeitlicher Auflösung messen lässt. Allerdings können solche Verfahren aus ethischen Gründen nicht bei gesunden Probanden eingesetzt werden. Bei diesen kommen nur nichtinvasive Methoden in Betracht, bei denen die Hirnaktivität von außerhalb des Schädels gemessen wird.

Die drei wichtigsten nichtinvasiven Verfahren sind die Elektroenzephalografie (EEG), die Magnetenzephalografie (MEG) und die funktionelle Kernspintomografie (fMRT). EEG und MEG messen die elektromagnetische Aktivität von Nervenzellverbänden mit hoher zeitlicher Auflösung (im Bereich von Millisekunden). In räumlicher Hinsicht arbeiten sie allerdings eher ungenau (Auflösung im Zentimeterbereich). Im Gegensatz dazu erlaubt die fMRT eine hohe räumliche Auflösung (Millimeter), dafür aber nur eine geringe zeitliche Auflösung (Sekunden). Die fMRT misst die Hirnaktivität indirekt über den Sauerstoffgehalt des Bluts im Gehirn. Wenn Nervenzellen aktiv werden, dann verbrauchen sie Sauerstoff. Dies führt zunächst zu einem lokalen Abfall der Sauerstoffsättigung des Bluts, danach steigt diese jedoch durch eine Reaktion des Gefäßsystems des Gehirns wieder an. Die gleichzeitige Messung von EEG und fMRT kombiniert die Vorteile beider Verfahren.

Nun zeichnen Forscher schon länger Bilder der Hirnaktivität bei allerlei komplexen mentalen Vorgängen auf, etwa romantischer Liebe oder religiösen Empfindungen. Allerdings stellen diese in der Regel Mittelwerte der Hirnaktivität von sehr vielen Probanden dar. In den Bildern einer einzel-

nen Person sind die Effekte zu schwach und verrauscht, um zu Tage zu treten. Bei den neuen Mustererkennungsverfahren stellt sich nun zum ersten Mal die Frage, wie genau man die Gedankenwelt eines bestimmten Menschen aus seiner Hirnaktivität ablesen kann und welche Verfahren dafür optimal geeignet sind.

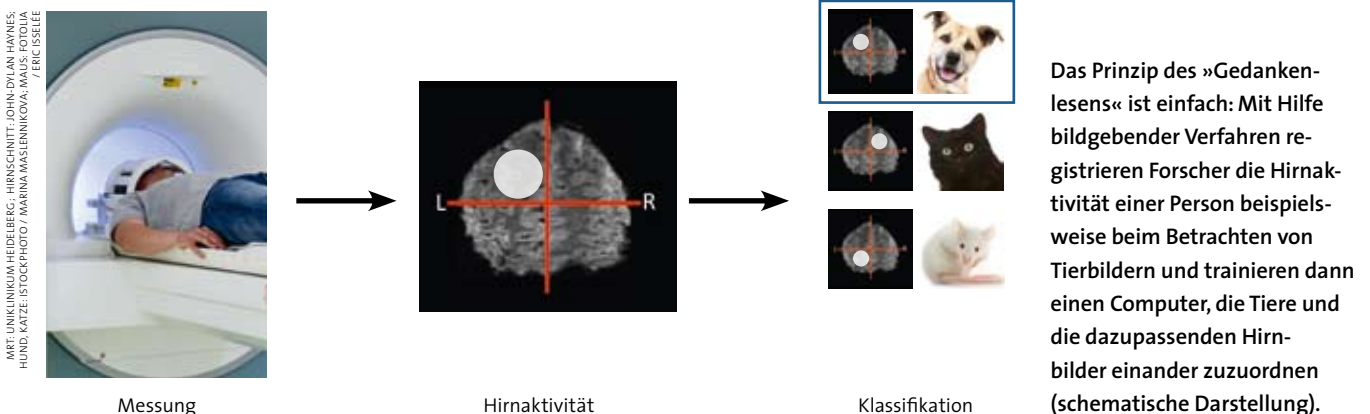
Mit Hilfe solcher Mustererkennungsansätze haben Forscher in den letzten Jahren bereits verschiedene Arten von Gedanken aus der Hirnaktivität herausgelesen. Als Erstes testeten sie Bilder von Tieren, Haushaltsgegenständen, Gesichtern oder auch Kunstwerken. Sofern der Computer zuvor die Hirnaktivität des Probanden beim Betrachten oder beim Visualisieren der einzelnen Bilder gelernt hatte, konnte er allein aus den Messdaten sehr gut erkennen, an welches Bild die Person gerade dachte.

Die Bilderwelt von Träumen rekonstruieren

Ein besonders schönes Beispiel präsentierte ein Forscherteam um Yukiyasu Kamitani aus Japan 2009. Sie dekodierten mit einem maßgeschneiderten mathematischen Modell beliebige visuelle Bilder, die eine Person sah, aus ihrer Hirnaktivität (siehe Kasten S. 8). Sogar Buchstaben konnten sie erkennen. Auf diese Weise ließe sich eines Tages vielleicht auch die Bilderwelt von Träumen rekonstruieren.

Zusammen mit Kollegen wies ich 2005 nach, dass es sogar möglich ist, unterschwellige Wahrnehmungen auszulesen. Hierfür präsentierten wir Bilder extrem kurz in einer Reihe von Ablenkzirkeln, so dass die Probanden sie nicht bewusst erkennen konnten. Dennoch war es möglich, mit den Mustererkennungsalgorithmen Spuren der Verarbeitung dieser unsichtbaren Bilder im Gehirn zu finden.

Auch abstraktere und komplexere Gedanken lassen sich inzwischen erkennen. Im Jahr 2007 registrierten wir in unserer Arbeitsgruppe am Bernstein Center der Charité Berlin in der Hirnaktivität verdeckte Absichten – sogar mehrere Sekunden bevor sie in die Tat umgesetzt wurden. Dazu ließen wir die Probanden zwischen verschiedenen möglichen Intentionen wählen. Sie mussten zwei Zahlen, die sie erst später sehen würden, entweder addieren oder subtrahieren. Die Frage lautete: Ist es nach der Entscheidung – aber noch vor der Handlung – möglich, aus ihrer Hirnaktivität zu bestimm-



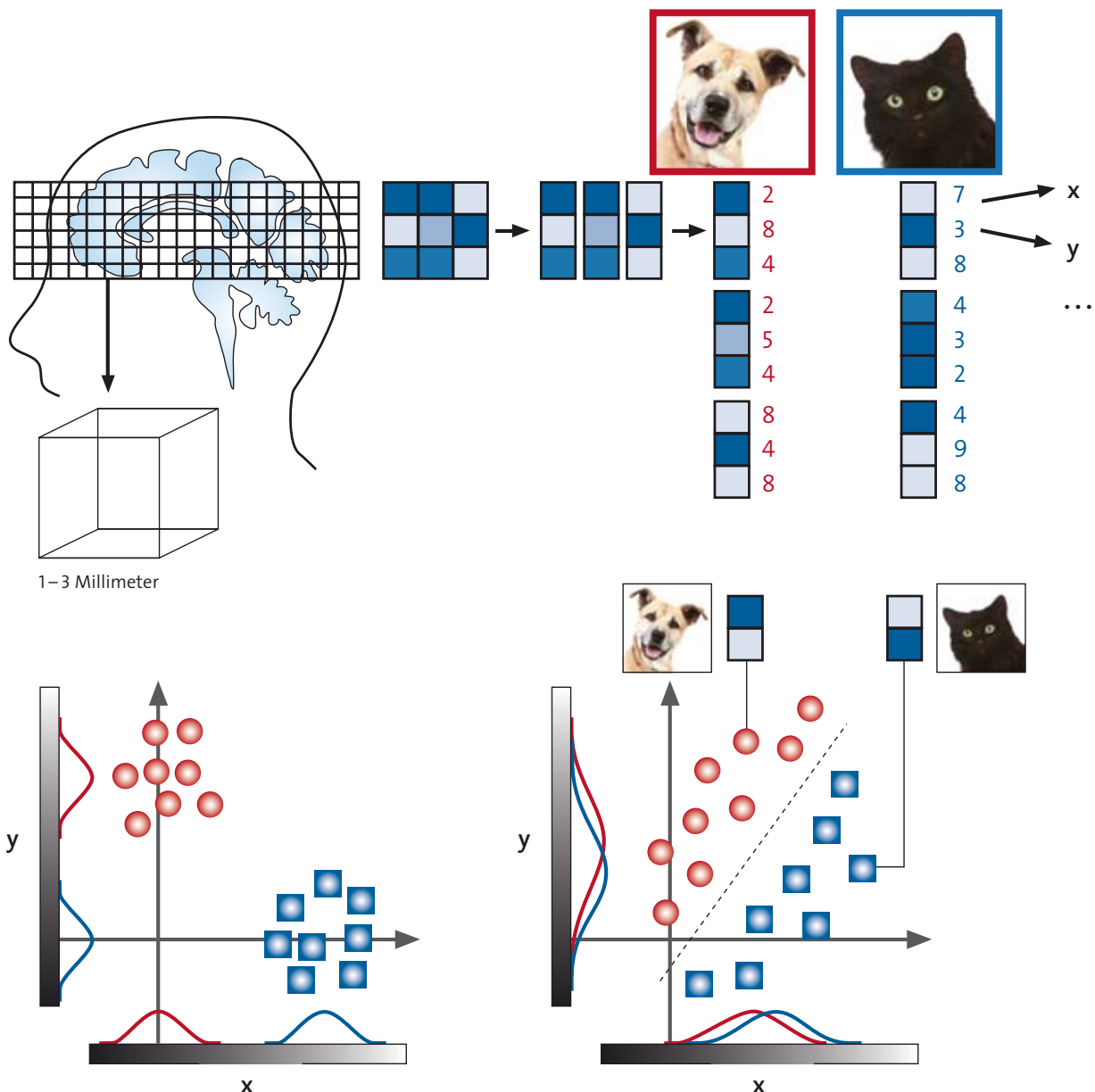
Mustererkennung im Computer

Die **Magnetresonanztomografie misst die Hirnaktivität** in kleinen Würfeln mit einer Kantenlänge von etwa 1 bis 3 Millimetern. Diese Würfel heißen »Voxel« (kurz für Volumenpixel), das ist die Bezeichnung für dreidimensionale Bildelemente. Aus räumlichen Mustern der Aktivität in vielen solchen Voxeln lässt sich zu einem gewissen Grad schließen, was eine Person gerade denkt. Nehmen wir an, jemand stellt sich einen Hund oder eine Katze vor. Das räumliche Aktivitätsmuster in den neun farblich markierten Voxeln kann man sich wie eine Liste aus neun Zahlen vorstellen. Es unterscheidet sich, je nachdem ob man an den Hund oder die Katze denkt.

Wie kann man aus solchen Aktivitätsmustern die Gedanken herauslesen? Angenommen, man betrachtet zunächst einmal nur die beiden ersten Zahlen und nennt sie jeweils x und y .

Beim Hund wäre $x = 2$ und $y = 8$, bei der Katze $x = 7$ und $y = 3$. Diese Zahlen kann man nun als Punkte in ein Koordinatensystem eintragen (links unten). In unserem Fall sind die Punkte für wiederholte Messungen der Aktivitätsmuster für Hund (rot) und Katze (blau) dargestellt. Man sieht, dass die Aktivitätsmuster räumlich klar auseinander liegen. Allein durch einen Blick auf die x - oder y -Achse (beziehungsweise den ersten und den zweiten Voxel) lässt sich feststellen, ob es sich um Hund oder Katze handelt.

Rechts unten ist ein komplizierterer Fall dargestellt. Hier kann man nicht mehr einfach mit einem Blick auf eine der zwei Achsen die beiden Gedanken trennen, sondern muss die Aktivität sowohl in x - als auch in y -Richtung betrachten und dann mit einer geeigneten Linie die Aktivitätsmuster trennen.



men, was sie gleich machen würden? Um dies zu beantworten, trainierten wir den Computer mit Beispielen der Hirnaktivität, die auftrat, wenn Probanden sich für Addition oder Subtraktion entschieden hatten. Es zeigte sich, dass die Aktivitätsmuster im so genannten präfrontalen Kortex erlauben, die Absichten mit 70-prozentiger Zuverlässigkeit zu rekonstruieren. Diese Hirnregion liegt hinter der Stirn und ist unter anderem zuständig für das Speichern und Abrufen von komplexen Handlungsplänen.

In einer späteren Studie sollten Probanden spontan entweder mit der linken oder der rechten Hand einen Knopf drücken. Parallel dazu berichteten sie, wann genau sie den Eindruck hatten, sich entschieden zu haben. Somit war es möglich zu testen, ob sich bereits vor dem subjektiv wahrgenommenen Zeitpunkt vorhersagen lässt, wie sich der Proband gleich entscheiden wird. Wieder konnten wir die Wahl überzufällig häufig richtig vorhersagen, und zwar bis zu sieben Sekunden davor (siehe Grafik rechts), wenn auch insgesamt nur mit einer niedrigen Trefferquote. Dies zeigt, dass das Gehirn in gewissen Situationen Entscheidungen vorbereitet, bevor man sich dessen klar wird. Inzwischen haben Forscher noch viele andere komplexe mentale Vorgänge aus der Hirnaktivität rekonstruiert – etwa Erinnerungen und Gefühle, aber auch Kaufabsichten und Lügen (weiter unten dazu mehr).

Bei allen Erfolgen auf diesem Gebiet in den letzten Jahren ist man natürlich trotzdem noch sehr weit von einer univer-

sellen Gedankenlesemaschine entfernt. Eine Maschine, die beliebige Gedanken von beliebigen Personen präzise auslesen kann, wird voraussichtlich noch auf lange Zeit Zukunftsmusik bleiben. Doch vor welchen Schwierigkeiten stehen die Entwickler im Detail?

Biologische Grenzen des Verfahrens

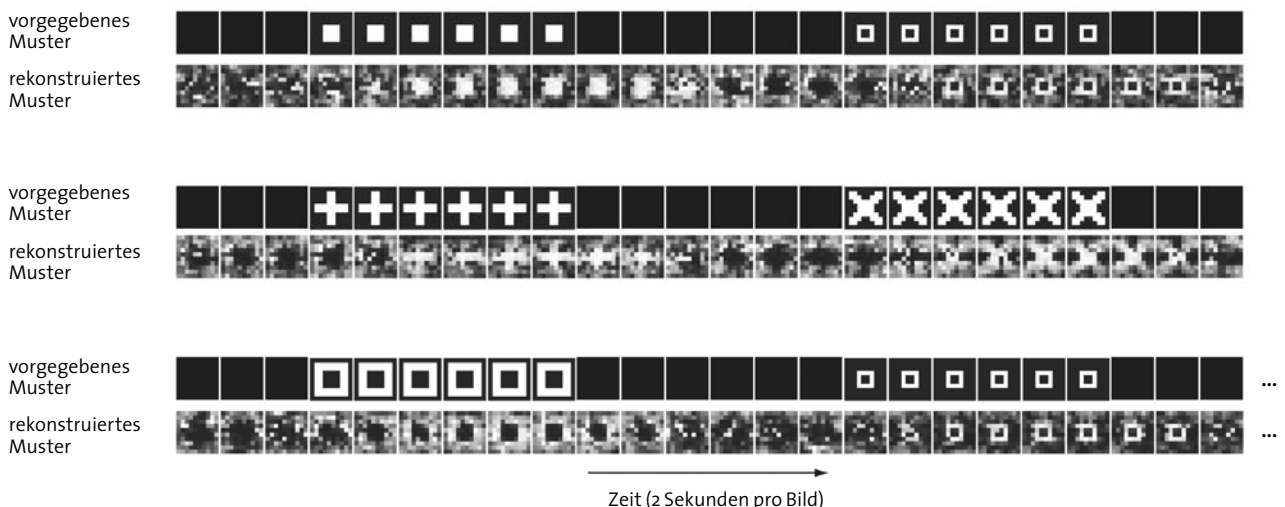
Eines der Kernprobleme ist die begrenzte Genauigkeit der Methoden, mit denen man heute die Hirnaktivität misst. Die funktionelle Magnetresonanztomografie hat zwar derzeit von allen nichtinvasiven Verfahren die höchste räumliche Auflösung, aber diese ist trotzdem begrenzt. Denn sie erfasst die Aktivität von Nervenzellen nur indirekt, indem sie den Sauerstoffgehalt des Blutes in den feinen Verästelungen des Gefäßsystems im Gehirn misst. Da man die Auflösung der Gefäße nicht erhöhen kann, stößt das Verfahren nicht nur an technische Grenzen, sondern auch an biologische.

Zudem unterscheiden sich die Hirnaktivitätsmuster von Person zu Person erheblich. Grob betrachtet sind zwar die Regionen, in denen etwa Hörerlebnisse oder Erinnerungen gespeichert sind, bei allen Menschen gleich. Aber in den Details unterscheiden sich die Gehirne von Probanden doch erheblich. Nur leicht variierende Absichten können bei verschiedenen Probanden mit ganz anderen Mustern verbunden sein. Daher ist es heute noch nicht möglich, einen Computer mit den Daten einer Person zu trainieren und den so gewonnenen Algorithmus bei einer anderen Person an-

Geometrische Muster aus der Hirnaktivität rekonstruieren

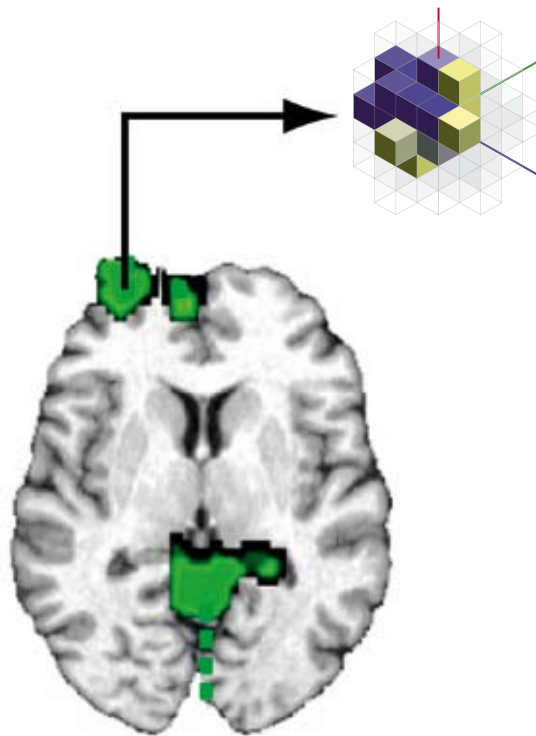
Die drei Reihen zeigen oben jeweils den zeitlichen Ablauf von Bildern, die Probanden sahen, und unten deren Rekonstruktion aus der Hirnaktivität im Sehkortex. Mit demselben Verfahren kann man auch erkennen, welchen Buchstaben jemand gerade

betrachtet. Dies könnte womöglich die Grundlage für eine neue Art von Tastatur liefern, mit der Buchstaben durch bloßes Betrachten ausgewählt werden. Eines Tages wäre vielleicht sogar denkbar, Traumbilder aus der Hirnaktivität herauszulesen.

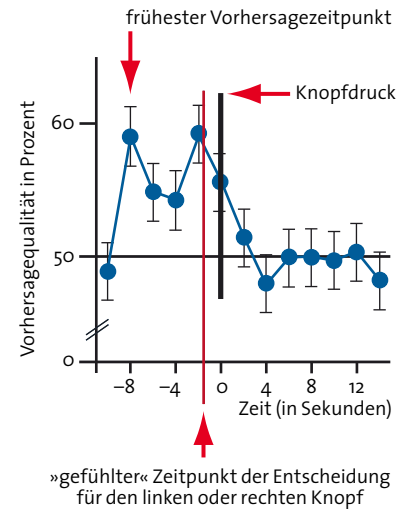


Y. MIYAWAKI ET AL.: VISUAL IMAGE RECONSTRUCTION FROM HUMAN BRAIN ACTIVITY USING A COMBINATION OF MULTISCALE LOCAL IMAGE DECODERS. IN: NEURON 60, S. 915–929, 2008, FIG. 2 B. ABRUCK GENEHMIGT VON ELSEVIER / CCC

Aus den grün markierten Regionen lässt sich die freie Entscheidung eines Probanden vorhersagen, auf den linken oder den rechten Knopf zu drücken. Dazu wird eine Mustererkennungssoftware darauf trainiert, aus den Mikromustern im präfrontalen Kortex zu erkennen, wie sich der Proband entscheiden wird. Der früheste Vorhersagezeitpunkt liegt sieben Sekunden vor dem »gefühlten« Zeitpunkt, an dem der Proband glaubt, sich zu entscheiden.



Vorhersage der Entscheidung aus Mikromustern der Aktivität im Stirnhirn



HIRNSCAN: JOHN-DYLAN HAYNES;
WÜRFEL UND DIAGRAMM: SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT / BUSKE-GRAFIK, NACH: JOHN-DYLAN HAYNES

zuwenden – zumindest nicht, wenn es um Einzelheiten ihrer Gedankenwelt geht.

Zudem ist es überhaupt schwierig zu erfassen, was ein Mensch zu einem bestimmten Zeitpunkt denkt. Angenommen, wir würden eine Stunde lang kontinuierlich die Hirnaktivität eines Probanden messen, während er tagträumend im Scanner liegt. Welche Gedanken sollen wir nun dem Computer zusammen mit Beispielen der Hirnaktivität eingeben, um ihn zu trainieren? Wir könnten den Probanden zwar bitten, laut zu denken, allerdings wären dann die Messdaten, mit denen wir unseren Computer füttern, mit Sprache kontaminiert. Zurzeit untersucht man deshalb einfachere Situationen, bei denen der Proband vorgegeben bekommt, woran er in einem bestimmten Zeitintervall denken soll. Allerdings ist die Komplexität der Gedanken, die man so erfassen kann, erheblich eingeschränkt.

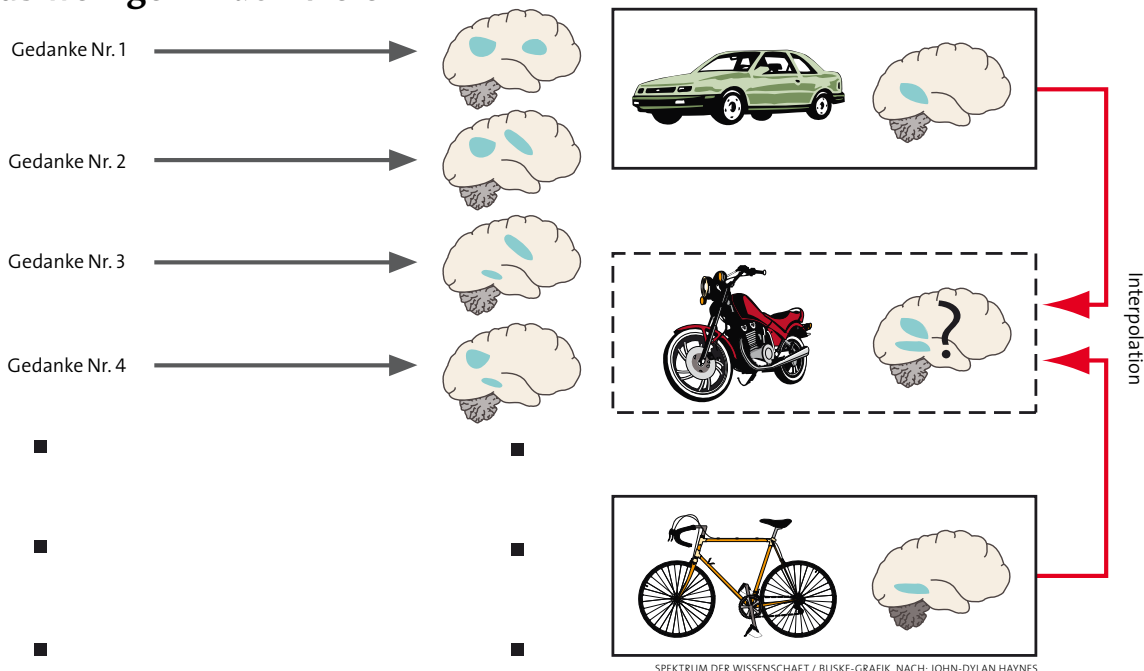
Das größte Hindernis liegt jedoch in der menschlichen Kreativität – wir können unglaublich viele verschiedene Dinge denken. Selbst die ausgefallensten Konstrukte müsste man einplanen, wie etwa den Satz »Mein Luftkissenboot ist voller Aale« aus einem Sketch von Monty Python. Soll man etwa einen Menschen in einen Magnetresonanztomografen legen und systematisch alle unendlich vielen möglichen Gedanken durchgehen und die zugehörige Hirnaktivität messen? Obwohl das Problem zunächst unlösbar scheint, gibt es doch zumindest einen ersten Ansatz: Man kann sich die Ähnlichkeit zwischen der Hirnaktivität verschiedener Gedanken

zu Nutze machen (siehe Kasten S. 10). Erst jüngst zeigten Forscher um Tom Mitchell von der Carnegie Mellon University in Pittsburgh, dass sich so sehr viele verschiedene mentale Bilder unterscheiden lassen, selbst wenn nur eine Hand voll Trainingsbeispiele zur Verfügung steht.

Flipperspielen mit EEG-Kappen

Obwohl wir vermutlich noch lange nicht dazu in der Lage sein werden, eine universelle Gedankenlesemaschine zu bauen, entstehen bereits mit den heutigen einfachen Techniken erste Anwendungen – so etwa für den medizinischen Bereich, wo Mustererkennung genutzt wird, um Prothesen zu steuern. Können Patienten sich nicht mehr bewegen, wäre es sehr hilfreich, wenn sie dazu in der Lage wären, allein mit Gedankenkraft künstliche Gliedmaßen oder einen Computer zu bedienen. In diesem Feld ist die Entwicklung schon sehr weit fortgeschritten. Deutsche Arbeitsgruppen aus Berlin, Tübingen und Freiburg mischen hier an der Weltspitze mit. So zeigen Klaus-Robert Müller, Gabriel Curio und Benjamin Blankertz aus Berlin, dass man mit einer so genannten Gehirn-Computer-Schnittstelle (auf Englisch: *brain computer interface*, BCI) eine Tastatur bedienen oder mit einem Flipperautomaten spielen kann. Üblicherweise verwendet man dabei EEG-Kappen zur Messung der Hirnaktivität. In den USA wurden aber auch schon erste klinische Versuche mit implantierten Elektroden bei schwerst bewegungsbehinderten Patienten gemacht.

Aus wenigen mach viele



Eine Gedankenlesemaschine, die auf computergestützter Mustererkennung beruht, müsste eigentlich für jeden einzelnen möglichen Gedanken wissen, welche Hirnaktivität dazu gehört – ein hoffnungsloses Unterfangen. Doch laut ersten Forschungsergebnissen kann man sich den Effekt zu Nutze machen, dass ähnliche Gedanken zu ebenfalls ähnlichen Hirnaktivitäten führen. So lassen sich durch Interpolation aus eini-

gen Kalibrierungsmessungen möglicherweise eine ganze Vielzahl von Gedanken auslesen.

Ein Beispiel: Wenn man die Hirnaktivitätsmuster von Gedanken an Autos und an Fahrräder kennt, kann man womöglich darauf schließen, dass eine Person gerade an ein Motorrad denkt, falls die Hirnaktivität eine Mischung der Aktivitätsmuster von Auto und Fahrrad ist.

Daneben gibt es vielfältige andere Einsatzgebiete dieser Techniken. So kann die Mustererkennung helfen, anhand von Hirnbildern Krankheiten zu diagnostizieren. Das Verfahren ist dasselbe wie beim Herauslesen von Gedanken: Man trainiert einen Computer mit Beispielen von Hirnaktivitätsmustern von Gesunden und von Patienten. Dann soll er Aufnahmen von neuen Personen richtig zuordnen. In unserer Arbeitsgruppe konnten wir damit Fälle von multipler Sklerose identifizieren und zu einem gewissen Grad auch den Krankheitsverlauf vorhersagen.

Ein anderes Gebiet betrifft Wachkomapatienten. Diese zeigen einen normalen Schlaf-wach-Rhythmus und reagieren scheinbar auf manche Ereignisse in der Außenwelt, wenn etwa ein Verwandter in den Raum kommt. In den meisten Fällen handelt es sich hierbei um automatische Reflexe, die unbewusst ausgelöst werden. Trotzdem stellt sich die Frage, ob solche Patienten bisweilen doch etwas von ihrer Umwelt mitbekommen. Steven Laureys aus Liège und Adrian Owen aus Cambridge haben untersucht, ob sich bei Betroffenen komplexe, willentlich gesteuerte Vorstellungen auslösen lassen. Sie legten ihre Komapatienten in einen Magnetresonanztomografen und instruierten sie, sich vorzustellen, dass sie entweder Tennis spielen oder durch ihr Haus laufen. Zu-

vor hatten sie bereits an gesunden Probanden gemessen, welche Hirnaktivität für diese beiden Imaginationen typisch ist. Von 54 Patienten zeigten immerhin fünf Aktivitätsmuster, wie sie auch bei den Gesunden vorkamen. Möglicherweise haben demnach diese Menschen auf die Instruktionen bewusst und willentlich reagiert.

Neben dem medizinischen Bereich könnte man sich zukünftig kommerzielle Anwendungen in der Freizeittechnologie vorstellen. So wird man vielleicht in ein paar Jahren mit Hilfe einer EEG-Kappe seinen Computer oder seinen Fernseher per Gedankenkraft bedienen können. Dazu ist die Entwicklung von EEG-Geräten erforderlich, die einfach aufgesetzt und bedient werden können. Herkömmliche EEG-Elektroden verwenden ein Gel, um optimalen elektrischen Kontakt mit der Kopfhaut herzustellen – ein beträchtlicher praktischer Nachteil. Die Entwicklung von neuen, gelfreien Kappen ist jedoch bereits in vollem Gang.

Daneben gibt es auch umstrittenere Anwendungen, etwa die Lügendetektion. Bisher maßen hierzu so genannte Polygraphen die Erregung eines Probanden anhand verschiedener Eigenschaften des peripheren Nervensystems. Die wichtigste davon ist der Hautwiderstand, der abnimmt, wenn ein Proband schwitzt. Aber auch andere Kennzeichen von Erre-

gung sind von Bedeutung, etwa Atmungsfrequenz, Puls und Blutdruck. Dahinter steht die Hoffnung, eine Lüge daran erkennen zu können, dass der Proband besonders gestresst und erregt auf eine Frage reagiert. Allerdings kann das auch ganz allgemein durch die Situation ausgelöst werden oder dadurch, dass der Proband erkennt, welche Fragen relevant sind, und nervös wird. Mit etwas Training können Versuchspersonen auch ihr Erregungsniveau künstlich manipulieren, etwa indem sie an etwas Aufregendes denken. Aus solchen Gründen ist die Zuverlässigkeit von Polygraphen sehr umstritten. Magnetresonanztomografen könnten sich als bessere Lügendetektoren erweisen. Da unwahre Aussagen mentale Aktivitäten sind und mithin auf Vorgängen im Gehirn beruhen, dürften Verfahren, die direkt bei der Hirnaktivität ansetzen, genauer und weniger leicht verfälschbar sein.

Schwindeln im Hirnscanner

Forscher um Daniel Langleben von der University of Pennsylvania haben deshalb 2005 getestet, inwiefern man mit Hilfe der MRT bestimmen kann, ob jemand lügt. Sie gaben dazu Versuchspersonen in einem Umschlag zwei Spielkarten. Die Probanden sollten bei einer dieser Karten später leugnen, sie gesehen zu haben, und für die andere die Wahrheit sagen – bei welcher jeweils, konnten sie sich selbst aussuchen. Um die 21 Versuchsteilnehmer zu möglichst überzeugendem Schwindeln zu motivieren, sollten sie 20 Dollar bekommen, wenn sich nicht an ihrer Hirnaktivität ablesen ließe, bei welcher Karte sie gelogen hatten. Im MRT liegend sahen sie nun Bilder von Spielkarten und sollten sagen, ob sie diese in ihrem Umschlag hatten. Nach einer Trainingsphase mit Bildern der Hirnaktivität bei Lügen und korrekten Antworten konnte der Computer an neuen Aufnahmen eines anderen Probanden mit 88 Prozent Genauigkeit Flunkereien von der Wahrheit unterscheiden – ein sehr hoher Wert.

Bedeutet dies also, dass ein MRT-basierter Lügendetektor bald Realität werden kann? In den USA bieten bereits zwei Firmen derartige Tests an. Für eine wissenschaftlich fundierte Anwendung sind allerdings noch zahlreiche offene Fragen zu klären. Die meisten solcher neuen Lügendetektoren entstanden im Labor. Wie werden sich die Verfahren in der Realität behaupten, wo es nicht um den Gewinn von 20 Dollar geht, sondern um möglicherweise langjährige Haftstrafen? Auch beziehen sich die Lügen dann nicht auf Spielkarten, sondern auf komplexe, emotional besetzte Episoden aus dem eigenen Leben. Niemand weiß, ob die damit verbundenen Hirnprozesse denen der Spielkartenexperimente überhaupt ähneln. Die Tatsache, dass die Verfahren bereits kommerziell angeboten werden, macht es allerdings umso dringlicher, klare wissenschaftliche Kriterien bezüglich ihrer Zuverlässigkeit zu entwickeln.

Ein weiteres Anwendungsgebiet, das für viel Furore sorgt, ist das so genannte Neuromarketing. Dabei geht es darum, aus der Hirnaktivität Informationen über Produktpräferenzen

und Kaufentscheidungen abzuleiten, was eine völlig neue Dimension der Werbung eröffnen soll, die auf die Stimulation von Belohnungszentren des Gehirns abzielt. Die Idee dahinter: Wenn man die Wirkung von Produktwerbung im Gehirn messen kann, ist es auch möglich zu testen, ob die Produkte ein Verlangen auslösen können.

In einer Studie hat unsere Arbeitsgruppe untersucht, inwiefern es möglich ist, Kaufentscheidungen aus der Hirnaktivität vorherzusagen. Die Versuchsteilnehmer bekamen im Scanner Bilder von verschiedenen Autos gezeigt, während wir ihre Hirnaktivität registrierten. Hinterher fragten wir sie zu jedem Auto, ob sie sich vorstellen könnten, es zu kaufen. Wir trainierten einen Computer darauf, aus den Hirnbildern zu erkennen, ob jemand ein bestimmtes Auto erwerben würde oder nicht. Die Vorhersage funktionierte dann bei neuen Aktivitätsaufzeichnungen sehr gut – mit einer Trefferquote von über 70 Prozent. Die aussagekräftigsten Hirnregionen waren solche, die bei Gefühlen und Belohnungen eine wichtige Rolle spielen.

Um herauszufinden, welche Rolle die Aufmerksamkeit bei dieser Vorhersage spielt, untersuchten wir noch eine zweite Gruppe von Versuchspersonen. Wieder präsentierten wir Autobilder auf dem Bildschirm, aber diesmal lenkten wir die Aufmerksamkeit der Probanden von den Bildern ab, während wir ihre Hirnaktivität maßen. Interessanterweise ließ sich in dieser Situation die spätere Kaufentscheidung genauso zuverlässig vorhersagen, obwohl die Produkte gar nicht aufmerksam studiert wurden.

Folgt aus diesem Blick ins Gehirn bald der sprichwörtliche gläserne Kunde? Die Zukunft wird es weisen. Zwar ist es heute immer noch leichter, eine Kaufentscheidung vorherzusagen, indem man eine Person fragt, anstatt in ihr Gehirn zu blicken. Wie lange noch, ist allerdings offen. ~

DER AUTOR



John-Dylan Haynes ist Professor für Theorie und Analyse weiträumiger Hirnsignale am Bernstein Center for Computational Neuroscience in Berlin und Leiter des Berlin Center for Advanced Neuroimaging an der Charité.

QUELLEN

- Haynes, J.D.:** Decoding and Predicting Intentions. In: Annals of the New York Academy of Sciences 1224, S. 9–21, 2011
Mitchell, T.M. et al.: Predicting Human Brain Activity Associated with the Meanings of Nouns. In: Science 320, S. 191–195, 2008
Miyawaki, Y. et al.: Visual Image Reconstruction From Human Brain Activity Using a Combination of Multiscale Local Image Decoders. In: Neuron 60, S. 915–929, 2008

WEBLINK

Diesen Artikel sowie weiterführende Informationen finden Sie im Internet: www.spektrum.de/artikel/1116495