

## WAHRNEHMUNG

# Wie wir Gesichter erkennen

In welcher Form werden Gesichter in unserem Gehirn gespeichert? Offenbar merken wir uns nur die Abweichungen von einem Durchschnittsgesicht.

Von Martin A. Giese  
und David A. Leopold

Wenn wir Bekannte treffen, erkennen wir sie in erster Linie an ihrem Gesicht. Zudem können wir aus ihrer Miene schnell auf ihre Stimmung schließen. Allgemein hilft das visuelle Erkennen von Gesichtsbewegungen auch beim Verstehen von Sprache. All das zeigt die große Bedeutung, die Gesichter für uns haben. Deshalb ist unser Sehsystem besonders auf sie geeicht. Mühelos können wir auf Fotos Hunderte von Gesichtern unterscheiden, selbst wenn sie nur kurz gezeigt werden. Manche Nervenzellen feuern dabei schon 0,1 Sekunden nach der Präsentation.

Psychologen untersuchen die Gesichtswahrnehmung seit Langem. Dabei haben sie einige wichtige Eigenschaften entdeckt. Zum Beispiel erkennen wir Gesichter sehr viel schlechter, wenn sie auf dem Kopf stehen. Außerdem gibt es eine Art Vertrautheitseffekt: Gesichter von Menschen aus unserem eigenen Kulturkreis, die wir häufig sehen, können wir besser unterscheiden als solche von

Mitgliedern anderer Rassen, mit denen wir weniger Kontakt haben.

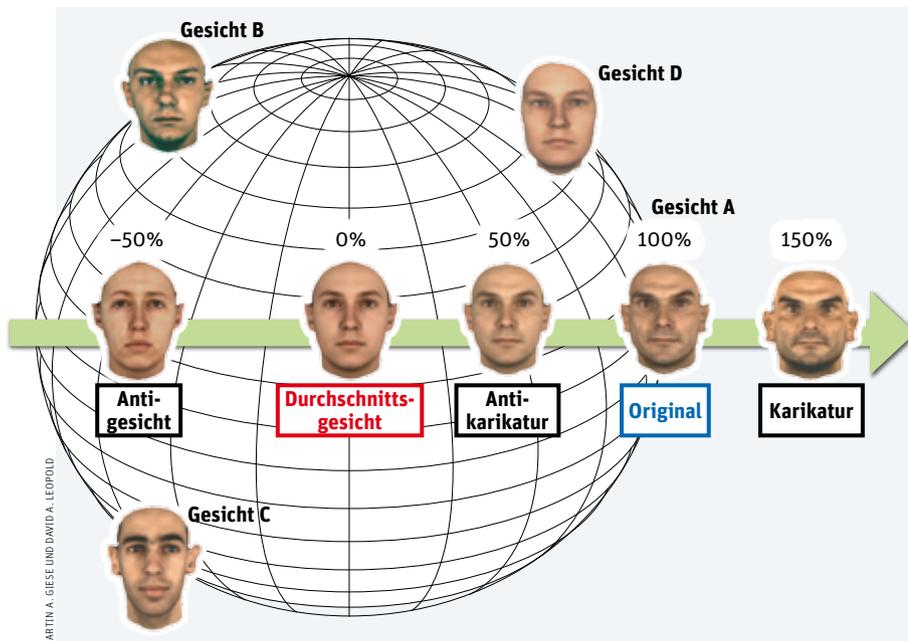
Welche Hirnregionen sind an der Gesichtserkennung beteiligt? Erste Aufschlüsse gaben wie bei anderen Sinnesleistungen Patienten mit lokalen Hirnverletzungen, bei denen diese Fähigkeit gestört war. Wesentlich genauer ließen sich die beteiligten Hirnstrukturen jedoch später mit bildgebenden Verfahren wie der funktionellen Magnetresonanztomografie (fMRT) ermitteln. Demnach spielen beim Menschen insbesondere Hirnregionen im Schläfenlappen – tief an seiner Basis im fusiformen Gyrus (*fusiform face area*, FFA) und etwa höher in seiner oberen Furche (*Sulcus temporalis superior*, STS) – eine wichtige Rolle. Dabei scheint die erstgenannte Region vor allem am Wiedererkennen von Gesichtern beteiligt zu sein, während die zweite eher veränderliche Aspekte wie das Mienenspiel verarbeitet.

Wie beschreibt man nun Gesichter, um die neuronalen Mechanismen ihrer Wahrnehmung erforschen zu können? Am besten betrachtet man sie als Punkte in einem mehrdimensionalen Raum

(Bild unten). Ähnliche Gesichter entsprechen dabei benachbarten Punkten. Jede der unzähligen Achsen dieses Raums verkörpert eine andere Eigenschaft. Wenn eine große Zahl von Gesichtern gegeben ist, kann man ihren »Schwerpunkt« berechnen und so das Durchschnittsgesicht ermitteln. Dieses wird, wie Untersuchungen ergaben, meist als besonders ansprechend empfunden.

## Karikatur wird leichter erkannt

Statt durch seine Koordinaten im Gesichtsraum kann man ein gegebenes Gesicht nun auch mit dem Vektor beschreiben, der vom Durchschnittsgesicht zu ihm führt. Er gibt an, wie stark es in welcher Richtung von diesem abweicht. Verlängert man den Vektor, entsteht eine Karikatur; denn die typischen Merkmale des betreffenden Gesichts erscheinen nun in übertriebener Form. Solche Karikaturen werden normalerweise sicherer und schneller erkannt als die Originalgesichter. Wird die Verbindungslinie zwischen Durchschnitts- und Originalgesicht verkürzt, ergibt sich dagegen eine



Gesichter lassen sich als Punkte in einem mehrdimensionalen Gesichtsraum auffassen, dessen Achsen einzelne Merkmale repräsentieren. Ihr Schwerpunkt entspricht dann dem Durchschnittsgesicht. Indem man den Vektor von diesem zu einem Originalgesicht verlängert, verkürzt oder in die Gegenrichtung spiegelt, erhält man eine Karikatur, eine Antikarikatur oder ein Antigesicht. Die vier abgebildeten Beispielgesichter in einem Gesichtsraum, der zwangsläufig nur dreidimensional dargestellt ist, wurden mit einem Bildsyntheseverfahren erzeugt, das Volker Blanz und Thomas Vetter vom Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik in Tübingen entwickelt haben.

Antikarikatur. Die Länge des Vektors entlang der Achse zwischen Durchschnitts- und Originalgesicht wird auch Karikaturlevel genannt.

Man kann den genannten Vektor aber auch über das Durchschnittsgesicht hinaus in der entgegengesetzten Richtung verlängern. Dann kommt man in den Bereich der Antigesichter. Auch hier gibt es einen interessanten Effekt: Zeigt man für einige Sekunden das Antigesicht, bei dem der ursprüngliche Vektor gerade gespiegelt ist, und präsentiert dann kurz das Durchschnittsgesicht, entsteht vorübergehend ein Wahrnehmungseindruck, der dem Originalgesicht ähnelt. Dieses Phänomen bezeichnen Psychologen als Gesichtsnacheffekt.

Aber wie sind Gesichter im Gehirn repräsentiert? In der Psychologie gibt es vor allem zwei konkurrierende Theorien darüber. Die eine postuliert eine »beispielbasierte Enkodierung«. Demnach soll es einzelne Neuronen oder Neuronengruppen geben, die jeweils besonders stark auf ein spezielles eingepprägtes Gesicht reagieren. Je mehr der aktuelle Stimulus diesem gleicht, desto stärker feuern sie. Der Gesichtsraum wäre dann durch eine Vielzahl solcher Neuronen

abgedeckt, die jeweils für einzelne Regionen zuständig sind.

Dem steht die Theorie der »normbasierten Enkodierung« gegenüber. Ihr zufolge merkt sich das Gehirn die Abweichung des jeweiligen Gesichts vom Durchschnitt – der »Norm« –, indem es Länge und Richtung des Vektors zwischen beiden ermittelt und abspeichert. Die Ergebnisse vieler psychophysischer Experimente sind mit beiden Theorien vereinbar. Deshalb war es bisher schwierig, eine Entscheidung zwischen ihnen zu fällen.

### Versuche mit Affen

Um weitere Aufschlüsse zu gewinnen, haben wir elektrophysiologische Experimente mit zwei Makaken durchgeführt. Dabei maßen wir die Aktivität von insgesamt 209 gesichtsselektiven Nervenzellen im unteren Schläfenlappen in Abhängigkeit von dargebotenen künstlichen fotorealistischen Gesichtsbildern (*Nature*, Bd. 442, S. 572). Diese waren mit einer Methode des Max-Planck-Instituts für biologische Kybernetik (Tübingen) erzeugt worden. Grundlage bildeten dreidimensionale Laser-Scans von etwa 200 realen Gesichtern. Durch Interpolat-

tion zwischen ihnen wurde ein Gesichterraum modelliert und das zugehörige Durchschnittsgesicht berechnet.

Aus diesem Raum wählten wir vier Gesichter aus, die einander möglichst unähnlich waren. Von ihnen erzeugten wir dann Karikaturen, Antikarikaturen und Antigesichter. Diese präsentierten wir den beiden Affen in zufälliger Reihenfolge auf einem Computerbildschirm. Das eine Tier war darauf trainiert worden, per Hebelbewegung anzugeben, welches der vier Originale es in dem dargebotenen Gesicht erkannt hat. Das andere sollte die ganze Zeit über nur einen Punkt auf dem Bildschirm fixieren. Bei beiden Makaken maßen wir während des Versuchs die Aktivitäten von Neuronen, die auf Gesichter reagieren.

Zum einen stellten wir dabei fest, dass das Aktivierungsmuster bei den zwei Affen übereinstimmte. Für das Verhalten der Neuronen spielt es demnach keine Rolle, ob das betreffende Tier sich bewusst auf das Erkennen von Gesichtern konzentriert. Offenbar handelt es sich um einen automatischen Prozess, der auch dann im Hintergrund abläuft, wenn die Aufmerksamkeit nicht darauf gerichtet ist. ▶

ANZEIGE

## Konzentrierter. Ausgeglichener. Belastbarer.

### Wunderwerk Gehirn: Wie ich meine Konzentration verbessere.



Unser Gehirn ist ein Wunderwerk der Natur: es steuert unsere Gefühle und bestimmt unsere Konzentration. Ein Netzwerk aus 100 Milliarden Gehirnzellen – und jede Zelle eine Energiequelle, die wir besser nutzen können. Für mehr Gehirnleistung und mehr Konzentration.

Unsere Konzentration ist abhängig von der Energieleistung der Mitochondrien. Diese „Kraftwerke“ in den Gehirnzellen versorgen uns jeden Tag mit neuer Energie.

Auf diese natürliche Energieproduktion der Gehirnzellen kann man heute gezielt einwirken und die **Gehirnleistung „ankurbeln“**. Genau dafür wurde **Tebonin®** mit dem

exklusiven Ginkgo-Spezial-extrakt EGb 761® entwickelt. **Tebonin®** schützt die Mitochondrien vor Leistungsabfall, ihre Energieversorgung bleibt aktiv. Selbst angegriffene Zellen können wieder regeneriert werden. So wird auf natürliche Weise Ihre **geistige Leistungsfähigkeit gesteigert**.

Nach wenigen Wochen werden Sie feststellen: Sie sind **konzentrierter und die Gedächtnisleistung nimmt zu**. Besser belastbar meistern Sie die Anforderungen des Alltags leichter und sind ausgeglichener. Kurz: Sie haben **spürbar mehr Gehirnleistung** – auch andere werden es merken. Fragen Sie noch heute Ihren Apotheker nach **Tebonin®**. Er wird Sie gerne beraten.

[www.tebonin.de](http://www.tebonin.de)

**Tebonin® intens 120 mg Wirkstoff:** Ginkgo-biloba-Blätter-Trockenextrakt **Anwendungsgebiete:** Zur Behandlung von Beschwerden bei durch altersbedingte Arterienverengung hirngorganisch bedingten geistigen Leistungsstörungen im Rahmen eines therapeutischen Gesamtkonzeptes mit den Hauptbeschwerden: Rückgang der Gedächtnisleistung, Merkfähigkeit und Konzentration, Kopfschmerzen, Schwindelgefühle, Ohrensausen. Hinweise: Bevor die Behandlung mit Ginkgo-Extrakt begonnen wird, sollte geklärt werden, ob die Krankheitsbeschwerden nicht auf einer spezifisch zu behandelnden Grunderkrankung beruhen. Zu Risiken und Nebenwirkungen lesen Sie die Packungsbeilage und fragen Sie Ihren Arzt oder Apotheker. **Dr. Willmar Schwabe Arzneimittel, Karlsruhe.** Stand: 01/07 T/01/07/3/1

## Tebonin®

Mehr Energie für das Gehirn



**Stärkt Gedächtnis und Konzentration.**



**Pflanzlicher Wirkstoff. Gut verträglich.**



Mit der Natur. Für die Menschen.

Dr. Willmar Schwabe Arzneimittel  
[www.tebonin.de](http://www.tebonin.de)  
[www.schwabe.de](http://www.schwabe.de)

▷ Das zweite Ergebnis betraf die Reaktion der einzelnen Nervenzellen. Jede zeigte, wie erwartet, ein anderes Aktivierungsmuster. Dennoch gab es grundlegende Gemeinsamkeiten. So sprach eine bestimmte Zelle meist auf ein oder zwei Gesichter besonders stark an; von den anderen wurde sie schlechter oder gar nicht aktiviert (Bild rechts). Das ist auf den ersten Blick noch mit einer beispielbasierten Enkodierung vereinbar.

Die genauere Analyse spricht jedoch gegen dieses Modell. Wie wir nämlich feststellten, nahm die Reaktion eines Neurons in der Regel mit dem Karikaturlevel zu. Am geringsten fiel sie beim Durchschnittsgesicht aus. Demnach repräsentiert die neuronale Aktivität bei gegebener Richtung im Gesichtsraum die Distanz vom Durchschnittsgesicht –

in Einklang mit dem Modell der normbasierten Enkodierung. Auch für die gesamte Neuronenpopulation beobachteten wir eine selektive Reaktion in ausgewählten Richtungen im Gesichtsraum und im Mittel einen monotonen Anstieg mit dem Karikaturlevel. Nur bei einer kleinen Gruppe von Neuronen verhält es sich umgekehrt: Sie sprechen am stärksten auf das Durchschnittsgesicht an und werden umso weniger erregt, je größer die Abweichung davon ist.

### Durchschnitt als Maßstab

Dieses Verhalten gesichtsselektiver Nervenzellen kann auch die eingangs erwähnten Beobachtungen erklären. Beim Karikatureffekt ist das evident; denn wenn Neuronen auf Karikaturen stärker ansprechen als auf die Originalgesichter,

werden diese natürlich besser erkannt. Unsere Ergebnisse bieten aber auch einen Ansatz, um zu verstehen, wieso wir Angehörige fremder Rassen schlechter unterscheiden können. Da wir mit ihnen kaum in Kontakt kommen, haben wir vermutlich kein entsprechendes Durchschnittsgesicht gelernt. Vielmehr benutzen wir dasjenige der eigenen Rasse als Standard. Es liegt aber im Gesichtsraum relativ weit von diesen fremdartigen Gesichtern entfernt. Die Differenzvektoren zum Durchschnittsgesicht weisen daher alle in ähnliche Richtungen und sind ziemlich groß, was die Unterscheidung erschwert.

Auch Untersuchungen anderer Gruppen am Menschen unterstreichen die spezielle Rolle des Durchschnittsgesichts. So fand ein Team um Gunter Loffler von der Glasgow Caledonian University in einem

## Springers Einwüfe

### Peinliche Befragung

Dient Folter der Wahrheitsfindung?

**FOLTER IST VERBOTEN.** Artikel 5 der Menschenrechtserklärung der Vereinten Nationen sowie Artikel 3 der Europäischen Menschenrechtskonvention ächten sie ausdrücklich. Dennoch werden seit einigen Jahren – nicht zuletzt seit dem Anschlag auf das World Trade Center im September 2001 – Ausnahmen diskutiert, insbesondere unter dem Stichwort Rettungsfolter: Was tun, wenn ein verhafteter Terrorist eine tickende Bombe an unbekanntem Ort versteckt hat? Darf man ihn gewaltsam zur Preisgabe des Verstecks zwingen, um den Tod unschuldiger Bombenopfer zu verhindern? Oder darf man – wie im Herbst 2002 in Frankfurt geschehen – einem mutmaßlichen Entführer »massive Schmerzzufügung« androhen, um dadurch vielleicht das Leben des Entführten zu retten?

Da im »Krieg gegen den Terrorismus« offenbar von Anfang an folterähnliche Verhörmethoden praktiziert wurden, stellt sich – abgesehen von moralischen und juristischen Einwänden – die Frage nach deren Wirksamkeit. Eine Antwort gibt jetzt die Studie »Educing Information« (etwa: Wie man Informationen entlockt) des Intelligence Science Board, eines Wissenschaftlergremiums im Auftrag der US-Geheimdienste (im Internet unter [www.fas.org/irp/dni/educing.pdf](http://www.fas.org/irp/dni/educing.pdf)).

In dem 374 Seiten langen Bericht wird einleitend klargestellt, man wolle juristische oder ethische Probleme bewusst ausklammern; die Frage laute: »Was wirkt?« Bei jedem Verhör gehe es doch darum, die Wahrheit herauszufinden, aber erstaunlicherweise seien Verhörmethoden praktisch nie wissenschaftlich darauf untersucht worden, wie wirksam sie dieses Ziel erreichten.

Das Gesamturteil fällt vernichtend aus. Im Grunde spielen die Beteiligten eines Verhörs nur nach, was sie aus Fernsehserien

kennen. Das Erfahrungswissen der Vernehmenden – »ich sehe, wann der Verdächtige lügt« – ist ungesichert. Einschüchterung, von Quälerei ganz zu schweigen, wirkt meist kontraproduktiv. Sie verstärkt zunächst nur den Widerstand des Opfers oder bringt es schließlich dazu, aus Angst alles auszusagen, was die Befragung verkürzt – ob wahr oder falsch.

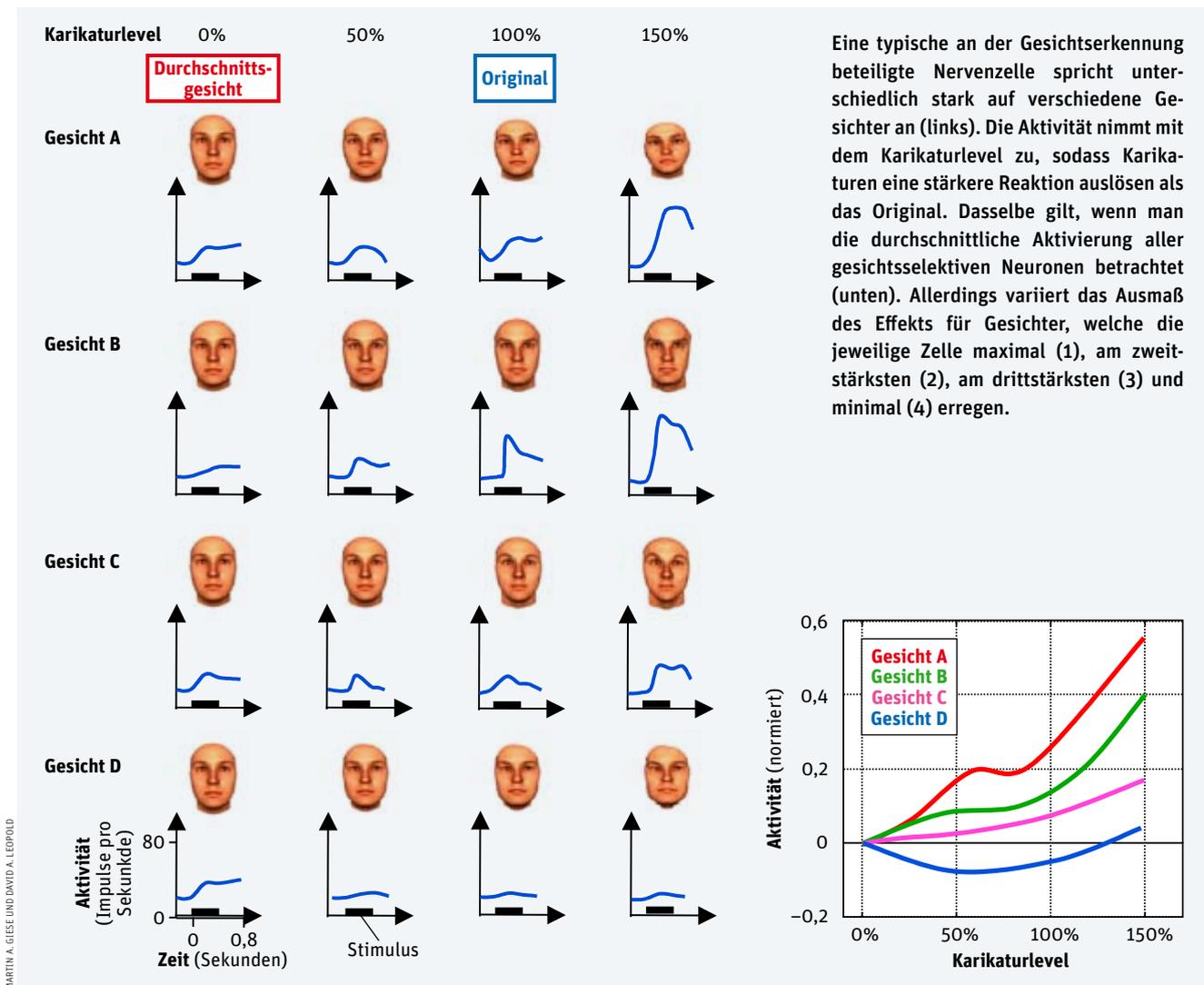
Wie es sich für eine wissenschaftliche Studie gehört, kommen die Autoren zu dem Schluss, das Gebiet verlange nach weiterer gründlicher Untersuchung. Das hat unterdessen in den USA zu einem pikanten Streit unter Psychologen und Psychiatern geführt, ob es überhaupt ethisch vertretbar sei, über Verhörmethoden zu forschen (*Nature*, Bd. 445, S. 349).

Ich meine: Ja. Eine rationale Behandlung des Themas führt offenbar zu humaneren Praktiken. Folter taugt zur Wahrheitsfindung heute nicht besser als einst im Mittelalter die »peinliche Befragung«. Wie schon der große Skeptiker Bertrand Russell meinte: »Kein Mensch behandelt ein Auto so töricht wie seinen Mitmenschen. Wenn das Auto nicht fährt, schreibt er dieses ärgerliche Verhalten nicht der Sünde zu; er sagt nicht: ›Du böses Auto, ich gebe dir erst Benzin, wenn du wieder fährst.‹ Er versucht den Fehler zu finden und zu reparieren.«

Vernünftig sind offenbar positiv verstärkende Gesprächsmethoden: Statt Schweigen zu bestrafen, wird die wahrhaftige Aussage belohnt, etwa durch Hafterleichterung oder -verkürzung. In diesem Sinn untersucht die Studie ausgiebig spieltheoretische und wirtschaftstheoretische Modelle, die das Aushandeln von beiderseitigen Vorteilen beschreiben. Vielleicht würde das ideale Verhör einer psychoanalytischen Redekur ähneln, die verdrängte Bewusstseinsinhalte – in diesem Fall bewusst unterdrücktes Wissen – zu Tage fördert.



Michael Springer



Eine typische an der Gesichtserkennung beteiligte Nervenzelle spricht unterschiedlich stark auf verschiedene Gesichter an (links). Die Aktivität nimmt mit dem Karikaturlevel zu, sodass Karikaturen eine stärkere Reaktion auslösen als das Original. Dasselbe gilt, wenn man die durchschnittliche Aktivierung aller gesichtsselektiven Neuronen betrachtet (unten). Allerdings variiert das Ausmaß des Effekts für Gesichter, welche die jeweilige Zelle maximal (1), am zweitstärksten (2), am drittstärksten (3) und minimal (4) erregen.

fMRT-Experiment ebenfalls einen Anstieg der Aktivität in der Region FFA mit dem Karikaturlevel (*Nature Neuroscience*, Bd. 8, S. 1386). Zudem ergaben jüngste psychophysische Experimente von Gillian Rhodes und Linda Jeffery von der University of Western Australia in Perth, dass starke Gesichtsnacheffekte tatsächlich nur bei echten Antigesichtern auftreten – also bei solchen, die auf der Verlängerung einer Linie vom Originalgesicht zum Durchschnittsgesicht liegen (*Vision Research*, Bd. 46, S. 2977).

Die Hypothese der normbasierten Enkodierung von Gesichtern wird also durch eine Reihe neuer Resultate gestützt. Wirklich bewiesen ist sie damit aber noch nicht. Um zu einer endgültigen Entscheidung zu gelangen, müssten Theoretiker versuchen, die neuen Ergebnisse mit Modellen zu reproduzieren, die entweder auf einer beispiel- oder einer normbasierten Enkodierung von Gesichtern beruhen. Das Ergebnis wäre

über die Gesichtserkennung hinaus von Interesse. Wie sich herausgestellt hat, verhalten sich Neurone, die auf andere geometrische Formen reagieren, nämlich ganz ähnlich. Das deutet darauf hin, dass die Prinzipien der neuronalen Repräsentation von Gesichtern von allgemeinerer Bedeutung sind.

**Martin A. Giese** ist promovierter Neuroinformatiker. Er leitet am Hertie-Institut für klinische Hirnforschung in Tübingen die Arbeitsgruppe für Handlungsrepräsentation und Lernen. **David A. Leopold** ist Leiter der Unit of Cognitive Neurophysiology and Imaging am National Institute of Mental Health in Bethesda (Maryland).

ANZEIGE

## NEUGIER UND VERANTWORTUNG –

FORSCHUNG FÜR DIE GESELLSCHAFT VON MORGEN

**MIT PROF. DR. LORRAINE DASTON**  
MPI für Wissenschaftsgeschichte, Berlin

**PROF. DR. GISELA LÜCK**  
Didaktik der Chemie  
Universität Bielefeld

**PROF. DR. DR. FRANZ JOSEF RADERMACHER**  
Institut für anwendungsorientierte  
Wissensverarbeitung, Ulm

**UND ANDERE ...**

Anmeldung:  
www.gruene-bundestag.de → Service → Termine  
forschungskongress@gruene-bundestag.de  
T: 030/227 51066, F: 030/227 56058

**23./24. MÄRZ 2007**  
KONGRESS IM  
LUDWIG ERHARD  
HAUS, BERLIN

